

УПЛОТНЯЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ НА ПОЧВУ И ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Н.Н. Романюк,

ректор БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

И.С. Крук,

проректор по научной работе, канд. техн. наук, доцент

А.Н. Орда,

профессор каф. механики материалов и деталей машин, докт. техн. наук, профессор

В.А. Шкляревич,

ст. преподаватель каф. механики материалов и деталей машин

Н.Л. Ракова,

доцент каф. механики материалов и деталей машин, канд. техн. наук, доцент

А.С. Воробей,

научн. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук, доцент

Приведены данные по изменению плотности почвы при воздействии на нее ходовыми системами тракторов. Предложены пути снижения уровня уплотняющего воздействия ходовых систем на почву.

Ключевые слова: плотность, почва, напряжение, ходовая система, колесо, гусеница, деформация почвы.

The data on soil density changes under the influence of tractor running systems are given. The ways to reduce the compaction impact of the running systems on the soil are suggested.

Key words: density, soil, stress, running system, wheel, track, soil deformation.

Введение

Из-за чрезмерного уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Так, урожайность зерновых в следах тракторов снижается на 10...15 %, а корнеклубнеплодов – на 20...30 % [1-3].

Установлено, что повышение плотности почвы, вызванное воздействием движителей тракторов и сельскохозяйственных машин, приводит к увеличению твердости почвы в 2...3 раза. Удельное сопротивление при обработке пахотного слоя после прохода тракторов повышается на 15...65 %, а транспортных средств и комбайнов – на 60...90 % [4, 5].

Цель работы – обоснование способов снижения уплотняющего воздействия движителей тракторов на почву.

Основная часть

При исследовании воздействия ходовых систем тракторов на почву были выбраны следующие варианты опытов: контроль (без уплотнения), одно-, трех- и пятикратное уплотнение делянок площадью 80 м².

Повторность опытов четырехкратная. Изучалось сплошное и местное (в следе) уплотнение делянок. Уплотнение проводилось после основной обработки почвы. При сплошном уплотнении делянки уплотняли полностью путем последовательного наложения следов колес или гусениц трактора с заданной кратностью, а после этого создавали посевной слой путем культивации. Такой вариант уплотнения позволял изучить последствие уплотнения и механизировать уборку (при изучении влияния уплотнения на урожайность культур) [6-8].

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости распределения плотности почвы по глубине, полученные по результатам экспериментальных исследований при проходах колесных и гусеничных тракторов при сплошном и местном уплотнении делянок.

Из рисунков 1 и 2 видно, что в подпахотных слоях почвы существенного увеличения плотности от воздействия тракторов не произошло. Это объясняется тем, что исходная плотность почвы в подпахотном слое чрезвычайно высокая (1450...1680 кг/м³).

На опытных делянках, уплотненных по схемам сплошного и местного уплотнения, засеивалась смесь

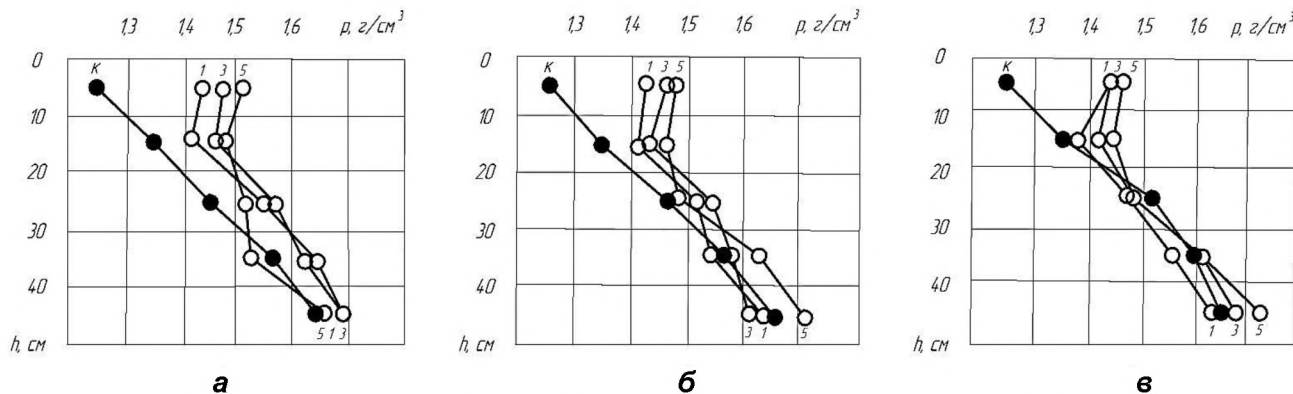


Рисунок 1. Изменение плотности почвы при сплошном уплотнении тракторами:
а – колесный трактор кл. 30 кН; б – колесный трактор кл. 50 кН; в – гусеничный трактор кл. 30 кН

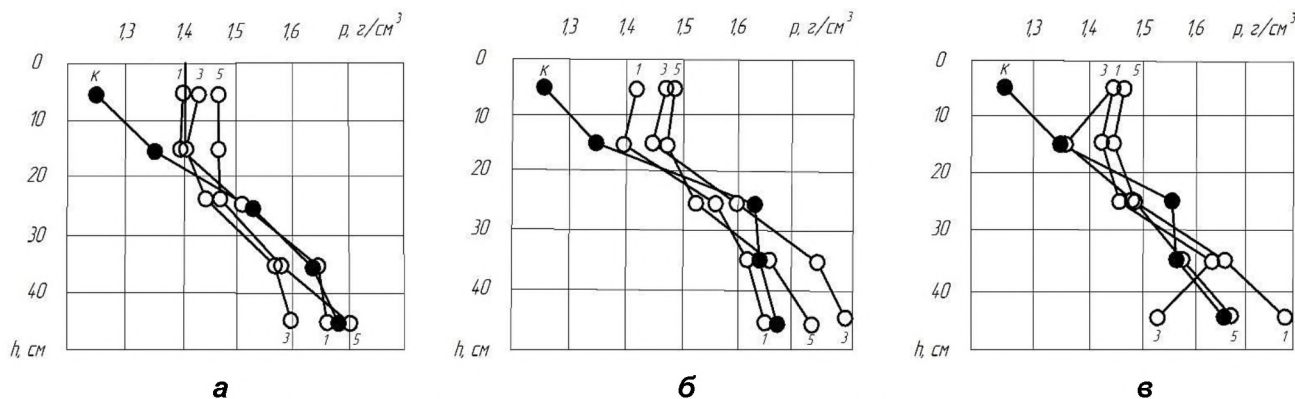


Рисунок 2. Изменение плотности почвы при местном уплотнении тракторами:
а – колесный трактор кл. 30 кН; б – колесный трактор кл. 50 кН; в – гусеничный трактор кл. 30 кН

гороха и кукурузы. Данные по плотности почвы приведены в таблице 1. Почвообрабатывающие операции, уплотнение почвы тракторами и посев смеси гороха и кукурузы проводили при влажности 19,9% [7, 8].

Рассмотрим, как изменилась плотность почвы в течение сезона роста смеси гороха и кукурузы. Под влиянием собственного веса и от воздействия дождевых ка-

пель плотность почвы возрастает. Одновременно в почве под воздействием корневой системы и разложения органических веществ происходит процесс структурообразования, способствующий уменьшению плотности почвы. Из таблицы 1 видно, что, несмотря на то, что на уплотненных делянках равновесная плотность несколько меньше плотности почвы на тех же делянках в пери-

Таблица 1. Изменение плотности почвы в течение сезона роста смеси гороха и кукурузы (кг/м³)

Трактор	Кратность	Слой почвы, см	Сплошное уплотнение		Местное уплотнение	
			май	июль	май	июль
Колесный трактор кл. 30 кН	0	0 – 10	1110	1210	1110	1210
		10 – 20	1260	1330	1260	1330
	1	0 – 10	1450	1300	1390	1330
		10 – 20	1370	1440	1400	1400
	3	0 – 10	1490	1440	1470	1370
		10 – 20	1450	1490	1480	1410
5	0 – 10	1510	1520	1520	1470	
	10 – 20	1460	1540	1510	1480	
Гусеничный трактор кл. 30 кН	0	0 – 10	1110	1200	1120	1180
		10 – 20	1270	1360	1210	1280
	1	0 – 10	1280	1270	1450	1390
		10 – 20	1260	1340	1420	1400
	3	0 – 10	1420	1370	1480	1410
		10 – 20	1330	1370	1480	1410
5	0 – 10	1460	1430	1520	1480	
	10 – 20	1370	1390	1510	1450	

Продолжение таблицы 1

Трактор	Кратность	Слой почвы, см	Сплошное уплотнение		Местное уплотнение	
			май	июль	май	июль
Колесный трактор кл. 14 кН	0	0 – 10	1140	1220	1110	1220
		10 – 20	1260	1270	1260	1270
	1	0 – 10	1420	1320	1310	1320
		10 – 20	1340	1400	1330	1370
	3	0 – 10	1420	1350	1360	1390
		10 – 20	1390	1400	1350	1400
	5	0 – 10	1440	1430	1370	1470
		10 – 20	1420	1430	1350	1430
Колесный трактор кл. 50 кН	0	0 – 10	1140	1190	1150	1180
		10 – 20	1260	1280	1210	1280
	1	0 – 10	1450	1330	1450	1390
		10 – 20	1460	1380	1420	1400
	3	0 – 10	1480	1390	1480	1410
		10 – 20	1480	1460	1480	1410
	5	0 – 10	1530	1420	1520	1480
		10 – 20	1490	1520	1510	1450

од посева, она превышает оптимальную.

При выращивании кормовой свеклы уплотнение почвы производилось при влажности пахотного слоя 20,7 %. Предварительно в почву были внесены органические удобрения в дозе 100 т/га. Это способствовало уменьшению плотности почвы в следе всех тракторов по сравнению с опытами при выращивании овса и смеси гороха и кукурузы [7, 8]. Результаты изменения плотности почвы приведены в таблице 2.

Таблица 2. Динамика плотности почвы слоя 0-20 см под кормовой свеклой, сплошное уплотнение

Трактор	Кратность	апрель	июнь	сентябрь
Колесный трактор кл. 30 кН	0	1250	1310	1290
	1	1320	1410	1370
	3	1420	1420	1370
	5	1430	1440	1400
Гусеничный трактор кл. 30 кН	0	1250	1300	1300
	1	1320	1370	1360
	3	1390	1400	1380
	5	1420	1440	1400
Колесный трактор кл. 14 кН	0	1230	1310	1320
	1	1310	1310	1310
	3	1330	1340	1320
	5	1370	1370	1360
Колесный трактор кл. 50 кН	0	1230	1300	1320
	1	1310	1300	1330
	3	1330	1350	1340
	5	1360	1380	1340

При однократном уплотнении плотность почвы достигла величины 1310...1320 кг/м³ (табл. 2), в то время как в предыдущие сезоны – 1380...1450 кг/м³. Наличие в почве органических удобрений способствовало также снижению уплотнения почвы и при увеличении кратности уплотнения.

Запасы влаги в уплотненной тракторами почве значительно меньше, чем на неуплотненных деланках. Поэтому в следах колес тракторов застаивается вода, неспособная проникать в уплотненную почву из-за снижения ее водопроницаемости. В силу холмистого рельефа Республики Беларусь почва из следов вымывается, т.е. интенсивно развивается водная эрозия [8].

На уплотненных тракторами деланках произошло снижение урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 3, 4). Достоверное снижение урожайности овса получили при трех- и пятикратном уплотнении колесными тракторами и при пятикратном уплотнении гусеничным трактором. Смесь гороха с кукурузой (зеленая масса) и кормовая свекла более чувствительны к уплотнению почвы. Достоверное снижение урожая этих культур получили от однократного воздействия тракторов [7, 8].

Наибольшее отрицательное воздействие на агрофизические свойства почвы оказывают тяжелые колесные тракторы, меньше гусеничные и колесные тракторы кл. 14 кН.

Уплотняющее воздействие движителей будем оценивать глубиной следа, плотностью почвы в следе и высотой уплотняемого слоя. Проанализируем, как влияют параметры ходовой системы (давление, количество осей, нагрузка, приходящаяся на ходовую систему, размеры колес) на слеобразование и уплотнение почвы.

В случае изменения давления в зависимости, обратно пропорциональной количеству осей N , глубина следа для сильно упрочняющихся почв определится из исследований [9-11]:

$$H_N = \frac{p_0}{k} \cdot Arch \frac{N^{b \cdot k / p_0}}{\sqrt{1 - (\xi \cdot Q / F_k \cdot N \cdot p_0)^2}}, \quad (1)$$

где p_0 – несущая способность почвы, Па;
 k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³;
 ξ – коэффициент, учитывающий закономерность распределения давлений под опорной поверхностью колеса;

Q – нагрузка трактора на ходовую систему, Н;
 F_k – площадь контакта колеса с почвой, м².

Анализ зависимости (1) показал, что при увеличении количества осей многоосной ходовой системы глубина следа уменьшается.

Таблица 3. Урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га, сплошное уплотнение

Трактор	Кратность	Овес		Смесь гороха с кукурузой*		Кормовая свекла	
		урожай	отклонение от контроля	урожай	отклонение от контроля	урожай	отклонение от контроля
Колесный трактор кл. 30 кН	0	30,1	-	44,1	-	745	-
	1	28,4	-1,7	37,4	-7,7	647	-98
	3	24,4	-5,7	30,4	-13,7	524	-221
	5	22,4	-7,7	25,9	-18,2	502	-243
Гусеничный трактор кл. 30 кН	0	30,7	-	46,1	-	745	-
	1	29,8	-0,9	38,8	-7,3	558	-187
	3	27,6	-3,1	35,7	-10,4	518	-227
	5	25,8	-4,9	28,3	-17,8	496	-249
Колесный трактор кл. 14 кН	0	30,7	-	44,9	-	614	-
	1	29,2	-1,5	41,9	-3,0	544	-70
	3	29,2	-1,5	35,5	-9,4	543	-71
	5	27,1	-3,6	31,7	-13,2	529	-85
Колесный трактор кл. 50 кН	0	-	-	43,6	-	628	-
	1	-	-	40,8	-2,8	556	-72
	3	-	-	36,9	-6,7	492	-136
	5	-	-	36,3	-7,3	469	-159
НСП₀₅		3,0	-	3,0	-	23,4	-

* – абсолютно сухое вещество.

Таблица 4. Урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га (местное уплотнение)

Трактор	Кратность	Овес		Смесь гороха с кукурузой*	
		урожай	отклонение	урожай	отклонение
Колесный трактор кл. 30 кН	0	31,9	-	45,0	-
	1	31,4	-0,5	33,2	-11,8
	3	28,7	-3,2	25,8	-19,2
	5	22,4	-9,2	19,7	-25,3
Гусеничный трактор кл. 30 кН	0	32,8	-	46,1	-
	1	31,7	-1,1	35,1	-11,0
	3	30,6	-2,2	24,0	-22,1
	5	27,7	-5,1	20,3	-25,8
Колесный трактор кл. 14 кН	0	34,4	-	44,9	-
	1	34,7	+0,3	39,7	-5,2
	3	33,5	-0,9	26,3	-18,6
	5	31,5	-2,2	24,5	-20,4
Колесный трактор кл. 50 кН	0	-	-	43,6	-
	1	-	-	37,2	-6,4
	3	-	-	32,3	-11,3
	5	-	-	27,4	-16,2
НСП₀₅		2,2	-	3,3	-

* – абсолютно сухое вещество.

Уплотнение верхнего слоя почвы для такого нагружения определяется по формуле

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_{II}}\right)_N = \frac{\beta}{k} \cdot p_0 \left[\text{Arch} \frac{N^{b \cdot k / p_0^2}}{\sqrt{1 - (\xi \cdot Q / F_k \cdot N \cdot p_0)^2}} \right], \quad (2)$$

где ρ_0 – плотность почвы в контакте с колесом, кг/м³;
 ρ_{II} – исходная плотность почвы, кг/м³;
 β – коэффициент распределения напряжений в почве, м⁻¹;
 b – коэффициент накопления повторных осадок.
 Высота уплотняемого слоя почвы x_{hN} [9]

$$x_{hN} = \frac{1}{\beta} \ln \left\{ \frac{p_0}{\sigma_{x0}} \cdot \left[\text{Arch} \frac{N^{b \cdot k / p_0^2}}{\sqrt{1 - (\xi \cdot Q / F_k \cdot N \cdot p_0)^2}} \right] \right\}, \quad (3)$$

где σ_{x0} – напряжение, при котором не наблюдается уплотнение почвы, Па.

На рисунке 3 показано влияние числа осей на уплотнение почвы.

Из рисунка 3, построенного на основании зависимостей (2) и (3), видно, что увеличение количества осей ходовой системы при одинаковой общей нагрузке ведет к снижению уплотнения верхнего слоя почвы и высоты уплотняемого слоя. При возрастании отношения $\xi G / (F_k \rho_0)$ интенсивность снижения уплотнения почвы растет при увеличении количества осей. Однако во всех случаях при достижении четырех и более осей интенсивность убывания уплотнения заметно снижается.

При изучении слеодообразования на слабо упрочняющихся почвах применялись зависимости глубины следа от числа проходов колес [11, 12].

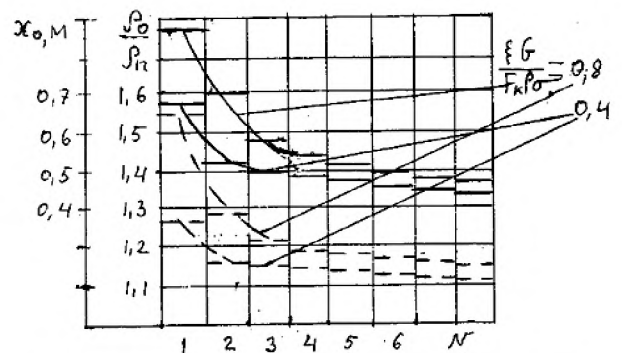


Рисунок 3. Влияние числа осей на уплотнение почвы: — — высота уплотняемого слоя; - - - - уплотнение почвы

Зависимость накопления повторных осадок имеет вид:

$$h_N = \frac{P_0}{k} \cdot \text{Arch} \frac{\xi \cdot G}{F_k \cdot N \cdot p_0} (1 + k_n \cdot \lg N), \quad (4)$$

где k_n – коэффициент интенсивности накопления повторных осадок на слабо упрочняющихся почвах.

Уплотнение верхнего слоя почвы:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_n} \right) = \frac{\beta}{k} \text{Arch} \frac{\xi \cdot G}{F_k \cdot N} (1 + k_n \cdot \lg N), \quad (5)$$

На рис. 4 показано как изменяется глубина следа от параметров нагружения.

Для слабо упрочняющихся почв эффект уменьшения глубины следа и уплотнения почвы при увеличении количества осей (рис. 4) снижается по сравнению со слеодообразованием на сильно упрочняющихся почвах. Значения коэффициента интенсивности накопления повторных деформаций, несущей способности и коэффициента объемного смятия принимались на основании исследований [13, 14].

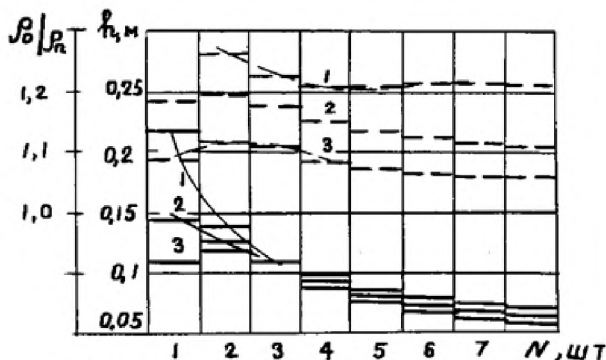


Рисунок 4. Зависимость глубины следа (—) и уплотнения (---) слабо упрочняющейся почвы от числа осей:

1 – $k_n = 2$; 2 – $k_n = 4$; 3 – $k_n = 6$.

Рассмотрим, с каким количеством осей движитель предпочтительнее по слеодообразованию при одинаковом давлении. В этом случае размеры колес будут увеличиваться при уменьшении числа осей. Отношение диаметра колеса к ширине D/B принимаем постоянным. Так как диаметры подобных колес соотносятся между собой, как и длины площадей контакта, то размеры колес D и B находятся в следующей зависимости от количества осей:

$$D_1 = \sqrt{N} \cdot D_N, \quad B_1 = \sqrt{N} \cdot B_N, \dots,$$

$$D_{N-1} = \sqrt{N/(N-1)} \cdot D_N, \quad B_{N-1} = \sqrt{N/(N-1)} \cdot B_N \quad (6)$$

Увеличение размеров колеса у ходовых систем при уменьшении числа осей приводит к снижению коэффициента объемного смятия. На основании исследований [9; 15-17] коэффициент объемного смятия почвы k , приведенный к размерам колеса, равен:

$$k = \frac{k'}{100 \cdot \sqrt{B \cdot D}}, \quad (7)$$

где k' – коэффициент объемного смятия, определяемый с помощью твердометра, Н/М^3 ,

B и D – размеры колеса, м.

На основании зависимости (7; 9) находим:

$$k' = 100 \cdot k_1 \sqrt{D_1 \cdot B_1} = 100 \cdot k_2 \sqrt{D_2 \cdot B_2} = \dots = 100 \cdot k_N \sqrt{D_N \cdot B_N}.$$

Тогда, если при воздействии на почву колес N -осного движителя коэффициент объемного смятия колесом k_N известен, для колес одно-, двух- и N -осного хода он определится по следующему формулам:

$$k_1 = k_N \sqrt{\frac{D_N \cdot B_N}{D_1 \cdot B_1}}, \quad k_2 = k_N \sqrt{\frac{D_N \cdot B_N}{D_2 \cdot B_2}}, \dots,$$

$$k_{N-1} = k_N \sqrt{\frac{D_N \cdot B_N}{D_{N-1} \cdot B_{N-1}}}$$

или с учетом равенств (6)

$$k_1 = k_N \sqrt{\frac{1}{N}}, \quad k_n = k_N \sqrt{\frac{n}{N}}, \dots, k_{N-1} = k_N \sqrt{\frac{N-1}{N}}. \quad (8)$$

Подставив полученные выражения в формулу (4), получаем зависимость для определения глубины следа сильно упрочняющихся почв в зависимости от числа осей

$$h_n = \frac{P_0}{k} \sqrt{\frac{N}{n}} \cdot \text{Arch} \left(\frac{n^{b(k_N/p_0) \sqrt{n/N}}}{\sqrt{1 - q^2 / p_0^2}} \right), \quad (9)$$

где N – максимальное количество осей ходовой системы;

n – количество осей сравниваемых систем (n изменяется от 1 до N).

При расчете уплотнения верхнего слоя и высоты уплотняемого слоя почвы необходимо учитывать, что коэффициент распределения напряжений β зависит от площади опорной поверхности деформатора. Исследования показывают, что при одинаковом давлении интенсивность нарастания напряжений глубинных слоев почвы увеличивается для больших опорных поверхностей. Зависимость, отражающую влияние размеров деформатора на коэффициент распределения напряжений, будем искать в виде:

$$\beta_2 = \beta_1 \cdot \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^{\alpha_1},$$

где β_2 – искомый коэффициент распределения напряжений при воздействии колеса с большей опорной поверхностью F_2 ;

β_1 – известный коэффициент распределения напряжений под опорной поверхностью F_1 ;

α_1 – коэффициент, учитывающий влияние размеров реформатора на коэффициент распределения напряжений.

Если известен коэффициент распределения напряжений β_n от воздействия колес N -осного движителя, то для одно-, двух- и n -осного:

$$\beta_1 = \beta_N \cdot \left(\frac{1}{N} \right)^{\alpha_1}, \quad \beta_2 = \beta_N \cdot \left(\frac{2}{N} \right)^{\alpha_1}, \dots, \beta_n = \beta_N \cdot \left(\frac{n}{N} \right)^{\alpha_1}. \quad (10)$$

С учетом найденных зависимостей (8)...(10) уплотнение верхнего слоя почвы ходовыми системами с разным количеством осей определится по следующей зависимости:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_{\Pi}}\right)_N = 1 + \left(\frac{n}{N}\right)^{\alpha_1 - 0,5} \cdot \frac{\beta_N}{k_N} \cdot p_0 \cdot th \left[Arch \frac{n^{b \cdot k_N / p_0^2} \sqrt{n/N}}{\sqrt{1 - q^2 / p_0^2}} \right]. \quad (11)$$

Высота уплотняемого слоя почвы

$$x_{hN} = \left(\frac{n}{N}\right)^{\alpha_1} \cdot \frac{1}{\beta_N} \cdot \ln \left[\frac{p_0}{\sigma_{x_0}} \cdot th \left(Arch \frac{n^{b \cdot k_N / p_0^2} \sqrt{n/N}}{\sqrt{1 - q^2 / p_0^2}} \right) \right]. \quad (12)$$

Для слабо упрочняющихся почв глубина следа будет равна:

$$h_n = \frac{p_0}{k} \cdot \sqrt{N/n} \cdot Arth \frac{q}{p_0} (1 + k_n \cdot \lg N). \quad (13)$$

Уплотнение верхнего слоя почвы:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_{\Pi}}\right)_n = 1 + \frac{\beta_N}{k_N} \cdot \left(\frac{1}{N}\right)^{\alpha_1} \cdot \sqrt{N \cdot q} + \frac{\beta_N}{k_N} \cdot q \cdot k_n \times \sum_{i=2}^n \left(\frac{i}{N}\right)^{\alpha_1} \cdot \sqrt{N/n} \cdot \lg \frac{i}{i-1}. \quad (14)$$

Высота уплотняемого слоя почвы:

$$x_{hN} = \left(\frac{n}{N}\right)^{\alpha_1} \cdot \frac{1}{\beta_N} \cdot \ln \frac{q}{\sigma_{x_0}}. \quad (15)$$

Анализ зависимостей (9)...(15) показал, что для сильно упрочняющихся почв для уменьшения слеодообразования целесообразнее увеличивать количество осей ходовой системы, чем размеры колес. Для увлажненных слабо упрочняющихся почв ($k_n=2$) одинаково эффективным для снижения слеодообразования является увеличение количества осей и опорной поверхности колес. Для переувлажненных почвогрунтов ($k_n=4$) эффективнее увеличение размеров колес ходовых систем.

Заключение

1. Воздействие на почву ходовых систем тракторов приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Достоверное снижение урожайности овса получили при трех- и пятикратном уплотнении колесными тракторами. Смесь гороха с кукурузой и кормовая свекла более чувствительны к уплотнению почвы. Достоверное снижение урожая этих культур получили при однократном воздействии тракторов.

2. При эксплуатации машинно-тракторных агрегатов воздействие их ходовых систем на почву оценивается не только глубиной следа, но и уплотнением верхнего слоя почвы, высотой уплотняемого слоя и характером распределения плотности по глубине. Для расчета показателей уплотнения почвы применен энергетический метод, основанный на закономерностях поглощения энергии различными слоями почвы. В результате получены закономерности уплотнения

связных почв и рыхлых почв, подстилаемых плотным основанием, в различных режимах нагружения.

3. Анализ полученных зависимостей показал, что увеличение количества осей ходовой системы при сохранении общей нагрузки ведет к снижению уплотнения верхнего слоя почвы и высоты уплотняемого слоя. При увеличении количества осей свыше четырех интенсивность убывания уплотнения заметно снижается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
2. Кушнарв, А.С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении индустриальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А.С. Кушнарв, В.М. Мацепуро. – М.: Всесоюз. ордена «Знак Почета» сельскохозяйственный институт заочного образования, 1986. – 56 с.
3. Шило, И.Н. Механический предохранитель рабочего органа машины для обработки почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1 – С. 30-33.
4. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03; 05.20.01 / Н.Н. Романюк. – Минск: БГАТУ, 2008. – 206 л.
5. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву мобильных энергосредств: монография / Н.Н. Романюк. – Минск: БГАТУ, 2020. – 200 с.
6. Влияние ходовых систем тракторов на уплотнение почвы / Н.Н. Романюк, И.С. Крук, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, Н.Л. Ракова, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2024. – № 1. – С. 2-7.
7. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А.Н. Орда. – Минск: БГАТУ, 1997. – 269 л.
8. Афанасьев, Н.И. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур: Дерново-подзолистые почвы Белоруссии / Н.И. Афанасьев, И.И. Подобедов, А.Н. Орда // Переуплотнение пахотных почв: Причины, следствия, пути уменьшения. – М.: Наука, 1987. – С. 46-59.
9. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы с.-х. механики. – Минск: Ураджай, 1964. – Т. 13. – С. 5-147.
10. Закономерности уплотнения почвы под воздействием колес сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2016. – № 2. – С. 2-8.
11. Влияние количества осей ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа / И.Н. Шило, А.Н. Орда, Н.Н. Романюк,

С.О. Нукешев, В.Г. Кушнир // Тракторы и сельхоз-машины. – 2016. – № 4. – С. 37-42.

12. Влияние многоосной ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на плотность почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, С.О. Нукешев, В.Г.Кушнир // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – №1 – С.31-36.

13. Закономерности накопления повторных осадок почвы при воздействии ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А. Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2014. – № 6. – С. 2-7.

14. Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием колес / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2018. – № 2. – С. 2-6.

15. Влияние почвенных условий эксплуатации на проходимость колесных машин / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2020. – № 1. – С. 2-5.

16. Влияние типа опорной поверхности на сопротивление качению колесных транспортно-тяговых средств / Н.Н. Романюк, И.С. Крук, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, Н.Л. Ракова, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2022. – № 6. – С. 2-7.

17. Влияние количества осей ходовой системы мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа / И.Н. Шило, А.Н. Орда, Н.Н. Романюк, С.О. Нукешев, В.Г. Кушнир // Тракторы и сельхоз-машины. – 2016. – № 4 – С. 37-41.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.10.2024

Независимая навеска и система стабилизации штанги опрыскивателя «Мекосан-2500-18»

Предназначена для снижения амплитуды колебаний штанги и повышения надежности ее несущей конструкции.

Применение разработки позволяет эффективно гасить колебания штанги, возникающие вследствие движения колес опрыскивателя по неровности поверхности поля, что обеспечивает высокую равномерность распределения пестицидов по обрабатываемому объекту, а также повышение надежности несущей конструкции штанги.



Основные технические данные

Марка машины	Мекосан-2500-18
Производительность за 1 час времени, га:	
- сменного	10,9
- эксплуатационного	10,7
Система навески штанги на остов опрыскивателя	Независимая
Способ крепления рамки штанги к остоу опрыскивателя	Параллелограммная навеска
Амплитуда колебаний краев штанги, м	до 0,1
Рабочая скорость движения, км/ч	9-12
Качество выполнения технологического процесса:	
- неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не более	15
- снижение неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не менее	5
Габаритные размеры опрыскивателя в транспортном положении, мм, не более	6045x2425x2215
Габаритные размеры опрыскивателя в рабочем положении (при высоте установки штанги 600 мм), мм, не более	6045x18250x2215
Дорожный просвет, мм	350
Увеличение массы опрыскивателя, кг	на 120