УДК 631.43:629.1

ФОРМИРОВАНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ АГРОФОНАХ

Н.Н. Романюк[1], канд. техн. наук, доцент,
А.Н. Орда[1], д-р техн. наук, профессор,
В.А. Шкляревич[1], ст. преподаватель,
Н.Л. Ракова[1], канд. техн. наук, доцент,
Ж.И. Пантелеева[1], канд. физ.-мат. наук, доцент,
А.С. Воробей[2], канд. техн. наук, доцент

[1]Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
orda.tmm@bsatu.by

[2]РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Обоснованы пути формирования машинно-тракторных агрегатов, учитывающих тип и состояние почвенного агрофона.

Abstract. The ways of forming machine-tractor units taking into account the type and condition of soil agrophone are justified.

Ключевые слова: почва, плотность, напряжение, ходовая система, колесо, гусеница.
Keywords: soil, density, stress, running system, wheel, track.

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 - 5].

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

Цель работы – обоснование путей улучшения приспособляемости ходовых систем машинно-тракторных агрегатов к различным почвенным агрофонам.

Основная часть

При расчете уплотнения почвы применялся энергетический метод, учитывающий влияние поглощенной энергии на изменения плотности почвы. В результате анализа поглощения энергии в поч-

венном массиве получено следующее уравнение распределения напряжений по глубине [6]:

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot e^{-\beta \cdot x}, \quad (1)$$

где σ_x – напряжение в почве на глубине x, Па; σ_0 – напряжение в контакте деформатора с почвой, Па; β – коэффициент распределения напряжений, м$^{-1}$.

Зависимость распределения плотности почвы по глубине имеет вид [7]:

$$\rho_x = \rho_п \left(1 + \frac{\beta}{k} \sigma_0 \cdot e^{-\beta \cdot x}\right), \quad (2)$$

где ρ_x – плотность почвы на глубине х, кг/м^3; $\rho_п$ – исходная плотность почвы, кг/м^3; k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м^3.

При выполнении различных технологических операций по разному проявляется уплотняющее воздействие ходовых систем МТА. Отличительной особенностью пахотных машинно-тракторных агрегатов является то, что они работают в почвенных условиях, когда плотность верхнего пахотного слоя незначительно отличается от плотности подпахотного слоя (целина, многолетняя залежь, стерня). В данном случае верхний слой почвы имеет низкую поглотительную способность энергии (малые значения коэффициента распределения напряжений) и поэтому уплотняющее воздействие от ходовых систем в значительной мере передаются в нижние необрабатываемые слои почвы. Вспашка почвы требует высоких тяговых усилий со стороны трактора. Поэтому часто для машинно-тракторных пахотных агрегатов используются тяжелые колесные тракторы со сдвоенными колесами.

Известно, что осадка различных по размерам деформаторов при сохранении постоянным давления неодинакова [7, 8]. При воздействии на почву колес с большой опорной поверхностью в процесс деформирования вовлекаются более глубокие слои почвы, что ведет к увеличению осадки. Исследования показали, что на одинаковой глубине под колесами с равным давлением развиваются различные напряжения. Увеличение размеров колес, особенно их ширины, ведет к значительному росту плотности нижних слоев почвы.

Для снижения уплотнения как верхних, так и нижних слоев почвы в наибольшей мере удовлетворяет многоосный колесный ход. Расчет тягово-сцепных качеств показывает, что такие ходовые системы обладают низким сопротивлением качению и высоким тяговым КПД [6, 7, 8].

Передача давлений на почву у гусеничных движителей происходит через опорные катки и гусеничную ленту. Характер накопления осадок почвы под опорными катками такой же, как и многоосных колесных систем. При использовании тракторов с узкими гусеницами напряжения концентрируются в пахотном слое. Поэтому при формировании пахотных машинно-тракторных агрегатов предпочтение следует отдавать гусеничным тракторам и тяговым средствам с многоосной колесной системой (таблица 1) по сравнению с колесными тракторами со сдвоенными колесами.

Таблица 1– Рекомендуемое количество осей ходовой системы

Масса машины, т	Количество осей, шт.
5	2
5-10	2 – 3
10-20	3 – 4
20-30	4 – 5
30-40	5 – 6
40-50	6 – 8

При формировании посевных машинно-тракторных агрегатов следует исходить из того, что почва, подготовленная под посев, обладает высокой способностью поглощения энергии [6–8]. Для посевных агрегатов рекомендуется устанавливать сдвоенные шины на тракторах и сеялках, применять шины больших размеров, особенно высокоэластичные. Обобщенные рекомендации по формированию МТА приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендации по формированию МТА

Тип МТА	Рекомендуемый трактор и приспособления к ходовым системам	Примечания
Посевной	Колесный; сдвоенные шины с давлением воздуха 60–80 кПа	При влажности W=0,9–1,0 НВ применяются приспособления к колесам
Пахотный	Гусеничные тракторы; тракторы с многоосным колесным ходом	-
Для работы в междурядьях	Универсальный пропашной трактор	При влажности W=0,9–1,0 НВ применяются сдвоенные колеса
Для внесения удобрений	Многоосный колесный ход с широкопрофильными шинами	При влажности W=0,9–1,0 НВ применяются приспособления к колесам
Транспортный	Многоосный колесный ход	-

Заключение

При эксплуатации машинно-тракторных агрегатов воздействие их ходовых систем на почву оценивается глубиной следа, 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 и рыхлых почв, подстилаемых плотным основанием в различных режимах нагружения.

При формировании посевных машинно-тракторных агрегатов рекомендуется применять колесные тракторы со сдвоенными шинами. Для пахотных машинно-тракторных агрегатов следует использовать гусеничные и перспективные трех-, четырехосные колесные тракторы. Снизить давление на почву машинно-тракторных агрегатов для внесения удобрений можно путем сдваивания шин, увеличения числа осей ходовой системы и установки колесно-гусеничного движителя.

Список использованной литературы

1. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В. А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.

2. 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. – 206л.

3. Чигарев, Ю. В. Агротехническая повреждаемость почв при ударных нагрузках от эксплуатируемых сельскохозяйственных машин и орудий / Ю. В. Чигарев, Н. Н. Романюк // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1997. – N 3. – С. 68–70.

4. Чигарев, Ю.В. Способы снижения вибродинамических нагрузок, передаваемых машинно-тракторными агрегатами на почву / Ю.В. Чигарев, Н.Н. Романюк, С.П. Адамчик // Агропанорама. – 2003. – №4. – С. 7–10.

5. Романюк, Н. Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву мобильных энергосредств : монография / Н. Н. Романюк // Минск : БГАТУ, 2020. – 200 с.

6. 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.

7. Влияние параметров ходовых систем колесных машин на изменение плотности почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, И.С. Крук, А.Н. Орда, Р.Р. Галимов, К.Ю. Максимович, С.А. Войнаш, А.А. Лучинович // Тракторы и сельхозмашины. – 2021. – №5 – С. 30–37. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37.

8. Влияние числа осей колесных транспортно-тяговых машин на сопротивление качению / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.Г. Кушнир // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – №1 – С. 41–46.