

Дополнительные требования к энергосредству при прокладке ПТК

Канд. техн. наук В. Т. НАДЫКТО (ЮФ ИМЭСХ, Украина)

Проблема снижения плодородия почвы вследствие переуплотнения ходовыми системами энергетических средств и сельхозмашин приобрела глобальный характер. Один из путей ее решения — применение постоянной технологической колеи (ПТК), составляющей основу практически новой системы земледелия.

Благодаря маршрутизированному движению МТА предоставляется возможность строго локализовать уплотненные следы ПТК, тем самым разрешив основное противоречие в системе "движитель—почва". Сущность последнего состоит в том, что для развития энергетическим средством высоких тягово-сцепных свойств нужна твердая и сухая почва, а для продуктивного роста растений требуется оптимально влажная и мягкая среда.

Полное отсутствие уплотнения почвы от контакта с ходовой частью машин в зоне возделывания создает предпосылки для повышения урожайности с.-х. культур, существенного снижения издержек производства продукции растениеводства, широкой автоматизации большинства технологических процессов.

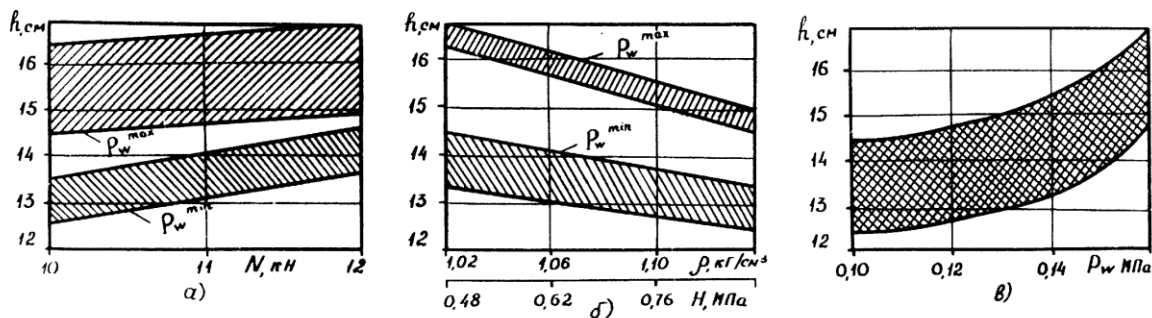
Первая операция новой технологии возделывания с.-х. культур — прокладка хорошо видимых и достаточно выровненных в продольно-вертикальной и горизонтальной плоскостях следов ПТК [2]. Видимость колеи должна быть удовлетворительной, по крайней мере, до посева возделываемой культуры, проводимого без маркеров. Следовательно, изначально (т. е. при прокладке) следы ПТК должны иметь достаточную глубину.

На глубину следов ПТК существенно влияют конструктивные параметры трактора и физико-механические свойства почвы. Определение и анализ функциональных закономерностей такого влияния (например, методом математического моделирования) позволяют сформулировать ряд дополнительных требований, которым должно отвечать энергетическое средство, используемое для прокладки ПТК.

Алгоритм решения этой задачи предусматривал:

- определение j конструктивных параметров колесного трактора и физико-механических характеристик почвы, существенно влияющих на глубину формирования колеи;
- составление матрицы размерностей j выбранных параметров;
- определение числа k независимых между собой параметров;

Факторы и критерии подобия	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
p_w , МПа	0,10	0,13	0,16	0,03
ρ , кг/м ³	1020	1080	1140	60
H , МПа	0,48	0,69	0,90	0,21
N , кН	10,00	10,75	11,50	0,75
π_1	3	6	9	3
π_2	0,00024	0,00082	0,00140	0,00058



Зависимость глубины следа ПТК от изменения вертикальной нагрузки на колесе энергетического средства (а), твердости и плотности почвы (б), давления воздуха в шинах (г)

— описание изучаемого явления в критериальной форме [1];

— составление выражений для $j - k$ критериев подобия;

— определение вида критериального уравнения регрессии (математической модели);

— подготовку данных для проведения полного факторного эксперимента в соответствии с методикой, изложенной в работе [1]. Это вызвано особенностью использования экспериментально-статистических методов для исследования критериальных соотношений, состоящей в замене отдельных факторов обобщенными, что не позволяет задавать шаг варьирования критериев подобия независимо от шага варьирования параметров, входящих в эти критерии.

Поскольку применительно к нашей задаче важно, чтобы принятые взаимонезависимые факторы были управляемыми в условиях практической эксплуатации, то из всего их множества в число рассматриваемых вошли: вертикальная нагрузка на колесо трактора N , давление воздуха в шине p_w , твердость H и плотность ρ грунта. Учитывая, что при деформации последнего происходит перемещение его массы, а также принимая во внимание требования теории подобия размерностей [1], перечисленные факторы дополнили постоянной характеристикой поля земного тяготения — ускорением свободного падения g .

Функциональная зависимость глубины следа ПТК h от принятых входных параметров имеет вид:

$$h = f(N, p_w, H, \rho, g). \quad (1)$$

В качестве базовых факторов взяты абсолютно взаимонезависимые величины p_w , ρ и g . Размерность каждой из рассматриваемых факторов следующая:

$$[p_w] = [\text{кг}] [\text{м}]^{-1} [\text{с}]^{-2}.$$

$$[\rho] = [\text{кг}] [\text{м}]^{-3} [\text{с}]^0,$$

$$[g] = [\text{кг}]^0 [\text{м}] [\text{с}]^{-2}.$$

Поскольку определитель данной матрицы $D = 2$ (отличен от нуля), то величины p_w , ρ и g действительно взаимонезависимы. Определим в соответствии с [1] критерии подобия π_i и после ряда преобразований функциональная зависимость (1) примет вид:

$$h \rho g / p_w = f(\pi_1, \pi_2), \quad (2)$$

$$\text{где } \pi_1 = H / p_w, \pi_2 = N \rho^2 g^2 / p_w^3.$$

Для построения математической модели изучаемого процесса использовали планирование эксперимента по схеме 2^2 (см. таблицу).

Твердость и плотность почвы изменяли путем рыхления с помощью культиваторной секции, которую раз-

мешали на переднем навесном устройстве трактора. Глубина обработки почвы (при среднеквадратическом отклонении $\pm 2,05$ см и коэффициенте вариации 14,5 %) находилась в пределах $14,2 \pm 0,2$ см. Вертикальную нагрузку колес изменяли балластированием переднего моста энергетического средства. Влажность почвы в слое 0—15 см в момент проведения эксперимента составляла 24,9 %.

Анализ экспериментальных данных показал, что функциональная зависимость (2) может быть аппроксимирована линейным полиномом, который после перехода к натуральным переменным (факторам) приобретает вид:

$$h = (0,01 p_w - 0,0002 H) / (\rho g) + 4,655 N \rho g / p_w^2.$$

Из анализа этого выражения следует, что с увеличением вертикальной нагрузки на колесо трактора характер изменения глубины следов ПТК зависит от давления воздуха в шинах. При минимальном его значении величина h возрастает более интенсивно и в более узком диапазоне, чем при максимальном (рис. а). В последнем случае также более значимо изменение твердости и плотности почвы. Поскольку из-за достаточно тесной корреляционной связи между факторами отдельное их влияние на глубину следов ПТК определить достаточно сложно, в данном случае с изменением значения H соответственно меняли и значение ρ .

В результате установлено, что при $p_{w \min}$ интенсивность и диапазон изменения h примерно такие же (рис. б), как и в предыдущем варианте. При $p_{w \max}$ интенсивность возрастания h при уменьшении H и ρ значительно выше. Влияние вертикальной нагрузки на колесо на показатель h при этом уменьшается. Зависимость глубины следов ПТК от давления воздуха в шинах колес носит нелинейный характер (рис. г). Интенсивность изменения h от варьирования этого фактора самая высокая.

Как следует из рис. а и б, снижение твердости и плотности почвы за счет использования передненавесной культиваторной секции позволяет увеличить (при $p_{w \max}$) глубину следов постоянной технологической колеи на 2,5 см. Этому техническому решению, положенному в основу нового способа прокладки ПТК (А. с. № 1824040), следует отдавать предпочтение перед балластированием колес, поскольку последнее недостаточно интенсивно влияет на изменение глубины следов ПТК.

Список литературы

1. Веников В. А. Теория подобия и моделирования. — М.: Высшая школа, 1976.
2. Прокладка технологической колеи при бороновании зяби / В. Д. Черепухин и др. // Техника в сельском хозяйстве. — 1993, № 2.

