

Орда А.Н., доктор технических наук, профессор;

Шкляревич В.А., старший преподаватель;

Ракова Н.Л., кандидат технических наук, доцент;

Пантелеева Ж.И., кандидат физико-математических наук

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПАХОТНЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Аннотация. В статье получены зависимости, позволяющие определить нормальные реакции почвы на движители трактора входящего в состав пахотного машинно-тракторного агрегата.

Abstract. In the article, dependencies are obtained that make it possible to determine the normal reactions of the soil to the propulsors of the tractor included in the arable machine-tractor unit.

Ключевые слова. Нормальная реакция почвы, пахотный машинно-тракторный агрегат, колесный трактор, сельскохозяйственная машина.

Keywords. Normal soil reaction, arable machine-tractor unit, wheeled tractor, agricultural machine.

Большинство технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур выполняются почвообрабатывающими машинно-тракторными агрегатами (МТА), в состав которых входит трактор и сельскохозяйственная машина. В растениеводстве наибольшая доля расхода топлива приходится на вспашку. Она требует энергозатрат до 800 МДж/га (222 кВт·ч/га) при расходе топлива 11...20 кг/га, что составляет около 50 % от всех механизированных полевых работ [1, 2]. В последние годы в Республике Беларусь намечается тенденция перехода от ежегодной вспашки на всю глубину пахотного горизонта, к чередованию вспашки с другими, менее энергоемкими приемами основной обработки или даже к полному отказу от вспашки. Такой подход к основной обработке почвы экономически обоснован и широко практикуется во многих зарубежных странах. Однако, при снижении энергозатрат на основную обработку увеличивается доля энергозатрат на предпосевную обработку и посев, что является стимулом к снижению энергоемкости этих технологических операций.

Под воздействием ходовых систем тракторов, предназначенных для реализации тягово-сцепных свойств через их взаимодействие с опорным основанием, происходит чрезмерное уплотнение почвы [5, 6, 7], которое отрицательно сказывается на ее плодородии и приводит к росту затрат на производство продукции растениеводства [1, 2].

Цель исследования – получение зависимостей, позволяющих определить нормальные реакции почвы на движители трактора в зависимости от сил, действующих на пахотный машинно-тракторный агрегат, а также его конструктивных и технологических параметров.

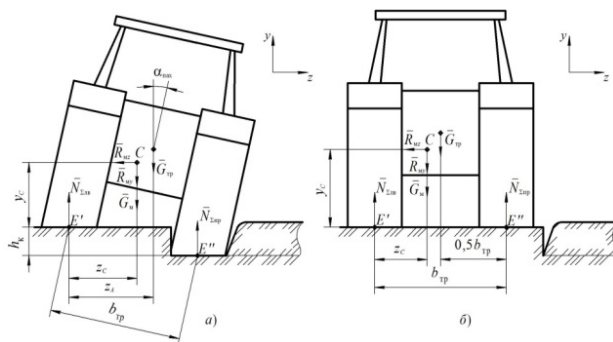
Отличительной особенностью работы пахотного машинно-тракторного агрегата, в состав которого входит колесный трактор и навесной пахотный агрегат (рисунок 1), является наклон трактора в поперечной вертикальной плоскости под углом $\alpha_{\text{пах}}$, вызванный движением правых колес по дну борозды, образованной за предыдущий проход МТА, а левых – по поверхности необработанного поля. Вследствие чего, вертикальные нагрузки, а, следовательно, и реакции почвы на правые и левые колеса трактора распределяются неравномерно – правые колеса нагружаются больше левых (рисунок 1, а). К тому же, неравномерность распределения нормальных реакций почвы на правые и левые колеса трактора усугубляется воздействием вертикальных нагрузок (G_m и R_{my}), оказываемых пахотным агрегатом.

Уравнение равновесия сил, действующих на пахотный МТА в поперечной вертикальной плоскости, согласно которому определяется суммарные нормальные реакции почвы на все колеса трактора, записывается в следующем виде:

$$\sum F_y = 0;$$

$$N_{\Sigma\text{лв}} + N_{\Sigma\text{пр}} = G_{\text{тр}} + G_m + R_{my}, \quad (1)$$

где $N_{\Sigma\text{лв}}$ – суммарная нормальная реакция почвы на левые колеса трактора; $N_{\Sigma\text{пр}}$ – суммарная нормальная реакция почвы на правые колеса трактора; G_m – вес сельскохозяйственной машины; $G_{\text{тр}}$ – вес трактора; R_m – тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины.



a – правые колеса трактора в борозде; b – правые колеса трактора вне борозды
 Рисунок 1 – Схема сил, действующих на пахотный машинно-тракторный агрегат, в поперечной вертикальной плоскости

Суммарная нормальная реакция почвы на правые колеса трактора $N_{\Sigma\text{пр}}$ определяется из уравнения моментов сил, действующих на пахотный МТА в поперечной вертикальной плоскости, относительно точки E' (рисунок 1, а):

$$\sum M_{E'}(\bar{F}_i) = 0; \quad (2)$$

$$N_{\Sigma\text{пр}} b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} - G_{\text{тр}} z_A - R_{\text{мy}} z_C - G_{\text{м}} z_C + R_{\text{мz}} y_C = 0,$$

где $b_{\text{тр}}$ – ширина колеи трактора.

Откуда

$$N_{\Sigma\text{пр}} = \frac{G_{\text{тр}} z_A + (R_{\text{мy}} + G_{\text{м}}) z_C - R_{\text{мz}} y_C}{b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}}}. \quad (3)$$

Из уравнения моментов сил, действующих на пахотный МТА в поперечной вертикальной плоскости, относительно точки E'' определяется суммарная нормальная реакция почвы на левые колеса трактора $N_{\Sigma\text{лв}}$ (рисунок 1, а):

$$\sum M_{E''}(\bar{F}_i) = 0;$$

$$-N_{\Sigma\text{лв}} b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} + G_{\text{тр}} (b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} - z_A) + R_{\text{мz}} (y_C + h_k) + \quad (4)$$

$$+ R_{\text{мy}} (b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} - z_C) + G_{\text{м}} (b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} - z_C) = 0,$$

где h_k – глубина правой колеи, м.

Откуда

$$N_{\Sigma\text{лв}} = \frac{G_{\text{тр}} (b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} - z_A) + R_{\text{мz}} (y_C + h_k) + (R_{\text{мy}} + G_{\text{м}}) (b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}} - z_C)}{b_{\text{тр}} \cos \alpha_{\text{пах}}}. \quad (5)$$

Суммарная нормальная реакция почвы на правые колеса трактора, движущегося вне борозды, определяется из уравнения моментов сил, действующих на пахотный МТА в поперечной вертикальной плоскости, относительно точки E' (рисунок 1, б):

$$\sum M_{E'}(\bar{F}_i) = 0;$$

$$N_{\Sigma\text{пр}} b_{\text{тр}} - G_{\text{тр}} 0,5 b_{\text{тр}} - R_{\text{мy}} z_C - G_{\text{м}} z_C + R_{\text{мz}} y_C = 0. \quad (6)$$

Откуда

$$N_{\Sigma\text{пр}} = \frac{G_{\text{тр}} 0,5 b_{\text{тр}} + (R_{\text{мy}} + G_{\text{м}}) z_C - R_{\text{мz}} y_C}{b_{\text{тр}}}. \quad (7)$$

Суммарная нормальная реакция почвы на левые колеса трактора, движущегося вне борозды, определяется из уравнения моментов сил, действующих на МТА в поперечной вертикальной плоскости, относительно точки E'' (рисунок 1, б):

$$\sum M_{E''}(\bar{F}_i) = 0; \quad (8)$$

$$-N_{\Sigma\text{лв}} b_{\text{тр}} + G_{\text{тр}} 0,5b_{\text{тр}} + R_{\text{мв}}(b_{\text{тр}} - z_c) + G_{\text{м}}(b_{\text{тр}} - z_c) + R_{\text{мз}} y_c = 0.$$

Откуда

$$N_{\Sigma\text{лв}} = \frac{G_{\text{тр}} 0,5b_{\text{тр}} + (R_{\text{мв}} + G_{\text{м}})(b_{\text{тр}} - z_c) + R_{\text{мз}} y_c}{b_{\text{тр}}}. \quad (9)$$

Зависимости (3), (5), (7) и (9), полученные при тяговом расчете пахотного машинно-тракторного агрегата под действием сил, действующих на него в вертикальной поперечной плоскости, позволяют определить суммарные нормальные реакции почвы на правые $N_{\Sigma\text{пр}}$ и левые $N_{\Sigma\text{лв}}$ колеса трактора, движущегося как с наклоном, так и горизонтально относительно обрабатываемой поверхности поля, а также оценить влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных параметров пахотного МТА на неравномерность распределения вертикальных нагрузок на движители трактора[3; 4].

Полученные значения нормальных реакций почвы на колеса трактора и неравномерность их распределения определяют уплотняющее воздействие МТА на почву, а также влияют на тягово-сцепные свойства, управляемость и устойчивость МТА. Сравнительный анализ зависимостей (3) и (5) позволяет однозначно установить превышение суммарных нормальных реакций почвы на правые колеса над суммарными нормальными реакциями почвы на левые колеса трактора ($N_{\Sigma\text{пр}} > N_{\Sigma\text{лв}}$), что создает дополнительное уплотняющее воздействие на почву правых колес трактора, перемещающихся по дну борозды.

Список использованной литературы

1. Кушнарев, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарев, В.И. Кочев. – Киев : Урожай, 1989. – 144 с.
2. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск : Ураджай, 1994. – 222 с.
3. Шкляревич, В.А. Определение нормальных реакций почвы на движители почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов / В. А. Шкляревич // Агропанорама. – 2024. – № 3. – С. 11–16.
4. Орда, А.Н. Уплотняющее воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич // Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–25 ноября 2022 г. / Бел. гос. агр. техн. ун-т. – Минск, 2022. – С. 286–292.
5. 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.

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

7. 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.

Summary. Relationships were obtained that make it possible to determine normal soil reactions to tractor propulsors depending on the forces acting on the arable machine-tractor unit, as well as its structural and technological parameters.

УДК 631.348:632.95

Крук И.С., кандидат технических наук, доцент;

Ракова Н.Л., кандидат технических наук, доцент;

Пантелеева Ж.И., кандидат физико-математических наук;

Анищенко А.А., ассистент; **Зорин Г.А.**, студент

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОТЕРЬ ПЕСТИЦИДОВ

Аннотация. В статье рассмотрен способ снижения потерь пестицидов (сноса частиц ветром от обрабатываемого объекта) путем изменения угла наклона форсунки к горизонтальной оси в сторону ветру.

Abstract. The article considers a way to reduce pesticide losses (wind removal of particles from the treated object) by changing the angle of inclination of the nozzle to the horizontal axis towards the wind.

Ключевые слова. Производственные и непроизводственные потери пестицидов, снос ветром, ветрозащитные устройства, угол наклона форсунки, модель движения капель.

Keywords. Industrial and non-industrial losses of pesticides, wind drift, wind protection devices, nozzle angle, droplet movement model.

Внесение средств защиты растений методом опрыскивания, ввиду воздействия многочисленных факторов, таких как: условия окружающей атмосферы, техническое состояние узлов и агрегатов опрыскивателей, а также человеческого фактора, неизбежно сопровождается потерями: экономического (затраты на закупку новых партий пестицидов, утилизацию испорченных, ликвидацию последствий загрязнения), экологического (загрязнение почвы, воды, воздуха, гибель растений и животных, нарушение биологического разнообразия, угроза здоровью человека (попадание пестицидов в питьевую воду, продукты питания, в организм человека при вдыхании паров или через кожу, что может привести к отравлениям, заболеваниям и другим негативным последствиям)) характеров. В источниках