

Анализ силовых факторов при вспашке почвы упрочненным лемехом

Канд. физ.-мат. наук В. Ф. КОМОГОРЦЕВ, инж. Н. Ю. КОЖУХОВА (Брянская ГСХА, ing@bgsha.com), д-р техн. наук А. М. МИХАЛЬЧЕНКОВ, канд. техн. наук А. П. КОВАЛЕВ (Брянский ф-л МИИТ)

Аннотация. Путем логических рассуждений и математических выкладок установлено, что в процессе вспашки действующая на валик сила изменяется в зависимости от степени его износа и скорости перемещения контактирующей поверхности. Причем износ валика неравномерен по периметру, достигая максимального в области непосредственного контакта абразива и лобовой поверхности в месте стыка валика и рабочей поверхности.

Ключевые слова: упрочнение лемехов, армирующие валики, контактирующая поверхность, криволинейная поверхность, перемещение почвы, силовые факторы.

Наплавка армирующих валиков при упрочнении лемехов существенным образом меняет профиль поверхности контакта с почвой [1], внося коррективы в поведение силовых факторов, действующих на деталь при ее перемещении. Профиль перестает быть плоским, поэтому следует ожидать повышения результирующей силы сопротивления движению рабочего органа, особенно при вспашке связанных почв, к которым относятся легкие и тяжелые суглинки. Для оценки изменения этой силы необходимо проанализировать движение частиц почвы, огибающих валик. Причем проанализировать в условиях изменения геометрии валиков, так как в процессе вспашки они изнашиваются (такой анализ применительно к упрочнению наплавочным армированием деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин ранее не проводился).

Для аналитического решения задачи приняты допущения:

- поверхность валика цилиндрическая как в начальный период, так и в процессе изнашивания, меняется лишь радиус этого цилиндра;

- частицы почвы движутся перпендикулярно образующим цилиндра (именно таким образом валики наваривают на поверхность лемеха);

- частицы почвы при движении по валику не успевают существенно износиться (их масса и размеры сохраняются).

Частица массой m , представляющая собой абразивный элемент, перемещается по рабочей поверхности 1 (рис. 1) лемеха, огибая армирующий валик 2 и входя с ним в непосредственный контакт. Направление движения частицы противоположно движению лемеха, а ее скорость v_0 равна скорости скольжения лемеха по почве.

Рассмотрим сечение лемеха с наваренным на его поверхность валиком радиусом R (рис. 2). Здесь F — сила, с которой на нее действует массив пласта почвы, прижимая ее к поверхности лемеха. В т. А при встрече с валиком происходит удар и далее частица начинает скользить по его поверхности со скоростью $v(\varphi) = v_0/\cos\varphi$, направленной по касательной к поверхности валика (здесь v_0 — проекция скорости на плоскую поверхность лемеха; остается неизменной). Считая $0 \leq \varphi \leq \varphi_0$, рассматриваем переднюю (лобовую) поверхность валика. Заднюю (тыльную) часть валика не рассматриваем, так как действие почвы на нее, а значит и ее износ, будут, очевидно, существенно меньшими, чем на переднюю поверхность.

Результирующую силу N давления частицы на поверхность валика найдем по формуле

$$N = F(\cos\varphi - \lambda)/\cos^2\varphi, \quad (1)$$

где $\lambda = F_{ц}(0)/F$ — безразмерная величина (здесь $F_{ц}(0)$ — центробежная сила при $\varphi = 0$).

Усредненной формой частицы считаем кубик с некоторой стороной a [2, 3], при которой $F = pa^3$, $m = \rho a^3$, где p — давление почвы на поверхность лемеха; ρ — плотность почвы. В процессе работы лемеха валики истираются: $R \rightarrow \infty$; $\varphi_0 \rightarrow 0$; $\lambda \rightarrow 0$ и $N(\varphi) \rightarrow N(0) = F$.

Для определения силы давления частицы на валик выразим угол φ_0 и радиус R через непосредственно измеряемые параметры валика — его полуширину l и высоту h (рис. 3):

$$\varphi_0 = 2\arctan\gamma; \quad (2)$$

$$R = 0,5l(\gamma^2 + 1)/\gamma = 0,5h(\gamma^2 + 1)/\gamma^2, \quad (3)$$

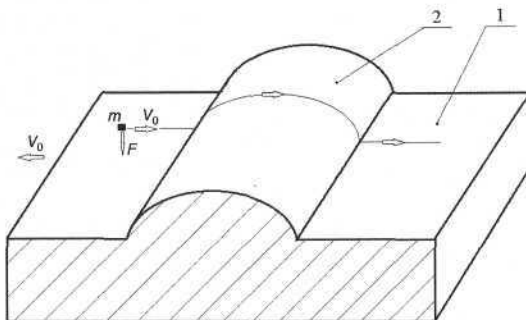


Рис. 1. Движение частицы почвы по элементарному участку поверхности армированного лемеха:

1 — рабочая поверхность лемеха; 2 — армирующий валик

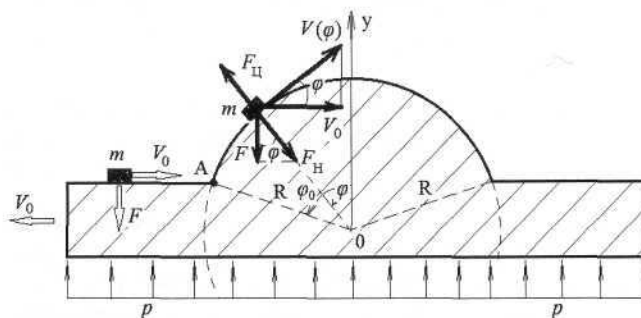


Рис. 2. Схема распределения сил, действующих на частицу почвы

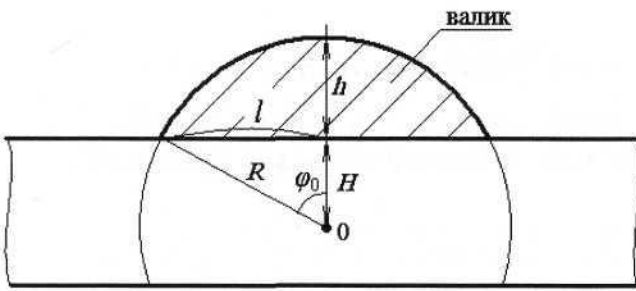


Рис. 3. Взаимосвязь геометрических размеров

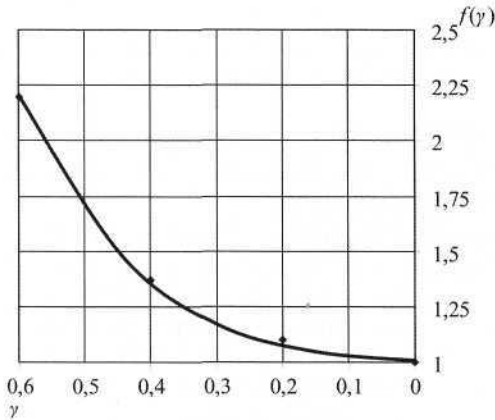


Рис. 4. Отношение максимальной силы давления частицы на валик к соответствующей минимальной силе

где $\gamma = h/l$. В случае практической реализации этих формул h и l получают по экспериментальным данным путем замеров геометрических параметров валика. Хотя проведение подобных замеров в реальных условиях сопряжено со значительными трудностями и их необходимо проводить примерно через 1 ч работы пахотного агрегата.

Установлено, что в изучаемых почвах наиболее вероятно присутствие частиц размером 1,5 мм. Средний же их размер $a \approx 1,46$ мм, $m = 0,003$ г.

В монографии [5] представлена графическая зависимость $p = f(v_0)$, построенная при максимальных значениях p . Используя эту зависимость, подсчитаем максимальный параметр λ при $a \approx 1,46$ мм, $\rho \approx 1,5 \cdot 10^3$ кг/м³, $v_0 = 0,5 \dots 2,7$ м/с. При $v_0 = 1,67$ м/с $p = 180$ кН/м². В начальный период вспашки $h = 3,05$ мм, $l \approx 5,3$ мм и $\gamma = 0,58$, а после истирания валика $\gamma = 0$. Как оказалось, $\lambda_{\max} = 0,049$, что намного меньше $\cos \varphi_0 = 0,769 \dots 1$ уже в начальный период работы армированного лемеха. Так как $\cos \varphi > \cos \varphi_0$ для всех $0 \leq \varphi \leq \varphi_0$, то λ будет намного меньше $\cos \varphi$ в любые моменты времени. Пренебрегая ее величиной, получим упрощенную формулу:

$$N(\varphi) \approx F/\cos \varphi,$$

показывающую, что сила давления максимальна в т. А (см. рис. 2), а минимальна — в верхней точке валика (при $\varphi = 0$). А так как $\cos \varphi_0 = (1 - \gamma^2)/(1 + \gamma^2)$, то $N_{\max} \approx F(1 + \gamma^2)/(1 - \gamma^2)$; $N_{\min} \approx F$.

В процессе работы лемеха валики истираются, $\gamma \rightarrow 0$ и $N_{\max} \rightarrow N_{\min} \approx F$. Графическое изображение отношения N_{\max}/N_{\min} (рис. 4) наглядно показывает, как по мере износа валика (при уменьшении γ) уменьшается максимальная сила давления частиц почвы на валик, приближаясь к своему минимальному значению.

Износ $I(\varphi)$ поверхности валика (толщина изношенного слоя) пропорционален силе давления частиц почвы на валик, скорости частиц по его поверхности и времени t движения трактора:

$$I(\varphi) = kFL/\cos^2 \varphi, \quad (4)$$

где $L = vt$ — пройденный путь; k — некий числовой коэффициент, определяемый главным образом абразивными свойствами частиц почвы и износостойкостью материала валиков.

Формула (4) показывает, что износ валика максимален в т. А, а минимален — в верхней точке валика (при $\varphi = 0$). При этом $I_{\max}/I_{\min} = [(1 + \gamma^2)/(1 - \gamma^2)]^2$ (рис. 5). В процессе работы лемеха $\gamma \rightarrow 0$ и износ валика становится все более однородным по всему его контуру, что демонстрируется примерной схемой его изнашивания (рис. 6).

При практической реализации теоретических выкладок определяют зависимости $N(\varphi_0) = f(\gamma)$ при скоростях агрегата 2; 6 и 10 км/ч и $N(\varphi_0) = f(v_0)$ при $\gamma = 0$; 0,2; 0,4; 0,58. Критерий γ выступает как характеристика степени износа валика. Начальные параметры приведены выше.

Определив $p(v_0)$ по графику [5] и воспользовавшись формулой $N_{\max} = a^2 p(v_0)(1 + \gamma^2)/(1 - \gamma^2)$, получим графические зависимости $N(\varphi_0) = f(\gamma)$.

Изменение $N(\varphi)$ происходит следующим образом: в начальный период наблюдается достаточно резкое падение силы сопротивления с последующим выравнивани-

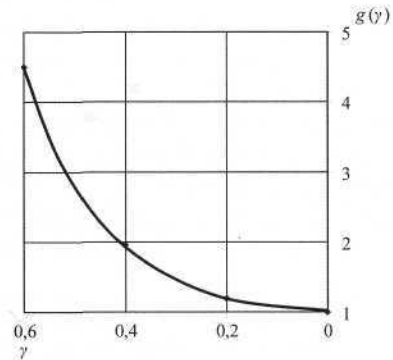


Рис. 5. Отношение максимального износа валика к минимальному

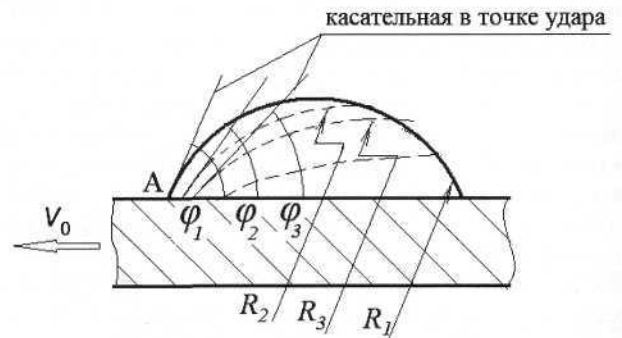


Рис. 6. Схема изнашивания армирующего валика:

— — начальная форма поверхности; ---- — форма поверхности с учетом износа во время вспашки

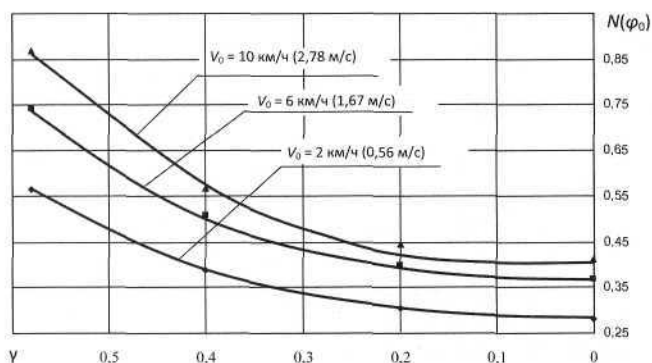


Рис. 7. Изменение силы $N(\varphi_0)$ в т. А в зависимости от критерия γ при различных скоростях агрегата

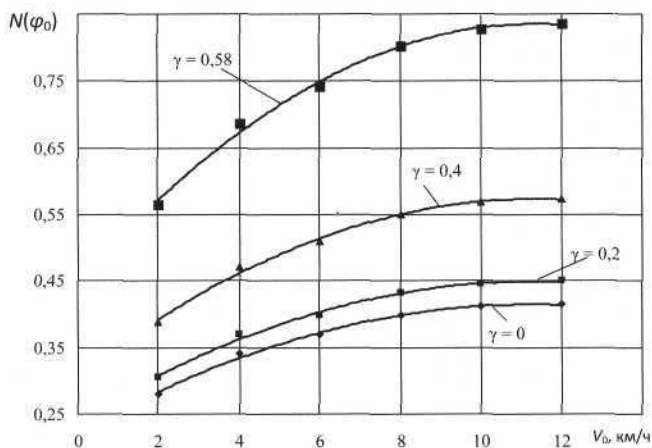


Рис. 8. Изменение силы $N(\varphi_0)$ в т. А в зависимости от скорости при различном износе валков

ем (стабилизацией) (рис. 7). Уменьшение силы сопротивления перемещению частицы почвы, а значит и всего пласта, вызовет снижение потребляемой мощности, а следовательно, и расхода топлива. Как следует из графика, стабилизация $N(\varphi_0)$ наступает примерно при

$\gamma = 0,15$ (т. е. когда валик частично сохраняет свои размеры). Можно полагать, что постоянство силы давления наступает при несколько большем значении γ , связанным с приработкой контактирующей поверхности и достижением ее совместимости с абразивной средой.

Задавшись γ , строим кривые $N(\varphi_0) = f(v_0)$ (рис. 8), которые показывают, что с увеличением скорости агрегата до 8–10 км/ч происходит выравнивание результирующей силы $N(\varphi_0)$, т. е. при таких скоростях влияние почвенной массы на силу $N(\varphi_0)$ постоянно. По-видимому, в этом случае происходит измельчение почвы до пылеобразного состояния. С уменьшением критерия γ влияние скорости v_0 на изменение силы снижается.

Выводы

Изнашивание армирующего валика приводит к уменьшению действующей на него силы давления абразивных частиц почвы со стабилизацией при определенном износе валика.

Износ валика неоднороден по его периметру. В области стыка валика и рабочей поверхности лемеха, где происходит непосредственный контакт абразива и валика (так называемая "лобовая поверхность") он максимален.

Увеличение скорости агрегата приводит к росту давления абразива на лобовую поверхность валика с последующей его стабилизацией.

Список литературы

1. Пути повышения износостойкости армированной поверхности лемеха / А. М. Михальченко и др. // Тракторы и сельхозмашины. — 2010, № 7.
2. Добровольский А. Г., Кошеленко П. И. Абразивная износостойкость материалов. Справочное пособие. — Киев: Техника, 1989.
3. Львов П. Н. Основы абразивной износостойкости деталей строительных машин. — М.: Стройиздат, 1970.
4. Рухин Л. Б. Гранулометрический метод изучения песков. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1947.
5. Износ деталей сельскохозяйственных машин / М. М. Севернев и др. — Л.: Колос, 1972.

УДК 621.43.001.573

Формирование базы знаний автоматизированной системы испытаний дизелей

Инж. Л. А. ГАЛИУЛЛИН (Камская гос. инж.-экон. академия, galilenag@yandex.ru)

Аннотация. Рассмотрена автоматизированная система испытаний дизелей на базе нейронной сети. Спроектирована нейро-нечеткая система для формирования нечетких правил управления дизелем при его испытаниях.

Ключевые слова: дизель, стенд, автоматизированная система испытаний, технология автоматизированного испытания, информационные технологии, база знаний, нечеткие правила, нейро-нечеткая сеть.

Объявленные мощность, экономичность, токсичность и другие оценочные показатели дизеля, а также его надежность и долговечность устанавливаются путем испытаний в стендовых и эксплуатационных условиях. Все вновь создаваемые, модернизируемые и серийные автотракторные двигатели подвергаются различным видам испытаний, сущность, объем и содержание которых определяются их

целью и оговариваются ГОСТом [1]. В процессе испытаний оценивают тягово-динамические, экономические, экологические и другие показатели двигателя и устанавливают соответствие их стандартам и техническим условиям. При этом выявляют особенности данного двигателя, а сравнение результатов испытаний различных типов позволяет оценить эффективность конструктивных