

УДК 631.31 (575.2) (04)

АНАЛИЗ БАЛАНСА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ФРЕЗ С ПРИВОДНЫМИ КОЛЕСАМИ

В.Ф. Куряшкин, Н.И. Наумкин, Е.А. Бобровская, В.Н. Авдеев

Рассматриваются задачи оценки баланса мощности при обработке почвы самоходными почвообрабатывающими фрезами на основе эмпирических зависимостей.

Ключевые слова: конструктивные параметры; фрезбараны; ходовые колеса; почвообразующие фрезы; устойчивость машины; схема действия сил; расчет взаимодействия сил.

Для сплошной, поверхностной и предпосевной обработки почвы в личных подсобных хозяйствах, приусадебных участках, теплицах широко используются самоходные малогабаритные почвообрабатывающие фрезы (СМПФ), которые позволяют обеспечить высокую степень крошения и качество работы.

При выполнении технологического процесса обработки почвы СМПФ перемещается за счет силы сцепления ходовых колес с почвой. При этом мощность двигателя расходуется на преодоление момента сопротивления резанию почвы ножами на фрезбаранах, на преодоление сопротивлений при перекачивании ходовых колес и при трении опорного якоря или полозка о почву, а также часть мощности теряется в трансмиссии.

При работе СМПФ при условии установившегося режима протекания технологического процесса обработки почвы, требуемая мощность для обеспечения ее функционирования P (кВт) определяется формулой [1]:

$$P = P_p + P_{отб} + P_{пер} \pm P_{под} + P_{фя} + P_{тр}, \quad (1)$$

где P_p – мощность на резание почвы, кВт; $P_{отб}$ – мощность на отбрасывание почвы, кВт; $P_{пер}$ – мощность на перекачивание ходовых колес, кВт; $P_{под}$ – мощность на преодоление сопротивления подталкивающего усилия F_x , кВт; $P_{фя}$ – мощность на преодоление сопротивления перемещению якоря (полозка) о почву, кВт; $P_{тр}$ – мощность на преодоление сил сопротивления в механизмах привода фрезбаранов и ходовых колес, кВт.

Знак минус впереди составляющей $P_{под}$ означает, что при обычном направлении вращения фрезбарана “сверху-вниз” или при прямом его вращении указанная составляющая мощности не

увеличивает общую мощность P , а уменьшает, так как сила F_x подталкивает фрезбаран и в целом СМПФ вперед по направлению их поступательного движения.

Составляющие правой части уравнения (1) можно разбить на три группы мощностей, объединяемых общими признаками, а именно: на мощность, затрачиваемую на фрезерование почвы P_ϕ , и необходимую для привода вала фрезбарана, на мощность, затрачиваемую на создание силы тяги на ходовых колесах с почвой P_τ , и необходимую для привода их вала, и собственно на мощность, затрачиваемую на преодоление сил сопротивления в механизмах привода фрезбаранов и ходовых колес $P_{тр}$.

На основании этого можно записать:

$$P_\phi = P_p + P_{отб}, \quad (2)$$

$$P_\tau = P_{пер} \pm P_{под} + P_{фя}. \quad (3)$$

Тогда выражение (2) примет упрощенный вид:

$$P = P_\phi + P_\tau + P_{тр}. \quad (4)$$

Рядом авторов [1–3] получены формулы для определения величин составляющих, входящих в правую часть уравнения (4), некоторые из них (P_ϕ) однако, не могут быть использованы для практического расчета из-за отсутствия достоверных значений коэффициентов, входящих в формулы для их определения.

Точное определение мощности на фрезерование почвы возможно лишь на основе динамометрирования фрезбарана в реальных условиях, причем в зависимости от свойств почвы, глубины обработки, режима работы и ширины захвата фрезы, формы рабочих органов и остроты их лезвий потребляемая фрезой мощность будет изменяться в весьма широких пределах.

$$M_{\text{крк}} = \left[f(F_g K_1 - F_z) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x \right] \frac{D_k}{2}, \quad (10)$$

где f – коэффициент трения опорного якоря или ползка о почву; F_g – сила тяжести СМПФ, Н; F_z – выталкивающая сила на фрезбарабане, Н; q – объемный коэффициент смятия почвы, Н/м³; b_k – ширина обода колеса, контактирующего с почвой, м.

Тогда, после подстановки (10) в (8), получим:

$$P_{\text{т}} = \left[f(K_1 F_g - F_z) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x \right] v_{\text{н}} 10^{-3}. \quad (11)$$

Мощность на преодоление сил сопротивления в механизмах привода фрезбарабанов и ходовых колес $P_{\text{тр}}$ можно определить по формуле:

$$P_{\text{тр}} = (1 - \eta_o)(P_{\text{ф}} + P_{\text{т}}), \quad (12)$$

где η_o – общий КПД передаточной части привода СМПФ.

Учитывая двухпоточную компоновку передаточной части привода СМПФ, а именно привода фрезбарабанов и ходовых колес [5], значение η_o определится по формуле:

$$\eta_o = \frac{\frac{P_{\text{ф}} + P_{\text{т}}}{P_{\text{ф}} + P_{\text{т}}}}{\frac{\eta_{\text{оф}}}{\eta_{\text{ок}}}}, \quad (13)$$

где $\eta_{\text{оф}}$ и $\eta_{\text{ок}}$ – соответственно общие КПД отдельных потоков мощности привода фрезбарабанов и ходовых колес.

С учетом ранее полученных расчетных зависимостей (6) и (11) и преобразований уравнение (12) примет вид:

$$P_{\text{тр}} = (1 - \eta_o) \left\{ \frac{M_{\text{крк}} n_{\text{ф}}}{9550} + \left[f(K_1 F_g - F_z) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x \right] v_{\text{н}} 10^{-3} \right\}. \quad (14)$$

Таким образом, подставляя зависимости (6), (11) и (14) в (4) и сделав необходимые преобразования, получим формулу для расчета требуемой мощности для обеспечения функционирования СМПФ:

$$P = (2 - \eta_o) \left\{ \frac{M_{\text{крк}} n_{\text{ф}}}{9550} + \left[f(K_1 F_g - F_z) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x \right] v_{\text{н}} 10^{-3} \right\}. \quad (15)$$

Для дальнейшего решения уравнения (15) воспользуемся результатами экспериментальных исследований [6], а именно полученными в ходе лабораторно-полевых исследований регрессионных уравнений силовых характеристик взаимодействия фрезерных Г-образных рабочих органов с почвой:

$$F_x = 4,5 - 7p - 3S + 2496pS; \quad (16)$$

$$F_z = 23,2 + 42,2p - 66S + 49,21pS + 42,5p^2; \quad (17)$$

$$M_{\text{кр}} = 4 + 78p - 746S + 1119pS - 53p^2 + 5189S^2, \quad (18)$$

где p – твердость почвы, МПа; S – подача на нож, м.

Тогда с учетом регрессионных зависимостей (16), (17) и (18), коэффициента объемного смятия $q = (0,044p + 0,0038)10^9$ [6], геометрических и весовых характеристик СМПФ ФС-0,85 ($b_k = 0,12$ м, $D_k = 0,5$ м; $K_1 = 0,174$, $K_2 = -0,31$ и $F_g = 1716$ Н), режима ее работы ($n_{\text{ф}} = 286$ мин⁻¹; $h^g = 0,12$ м,) и коэффициента трения стали о почву ($f = 0,41$) уравнение (15) примет вид:

$$P = (2 - \eta_o) \left[0,12 + 2,34p - 21,31S + 33,41pS - 1,59p^2 + 155,69S^2 - \sqrt[3]{-43,06pS^2 + 0,166p^2S + 1,384S(p + 0,086)} \right]. \quad (19)$$

После подстановки в уравнение (19) значений твердости почвы p и подачи на нож S соответственно в интервалах от 0,25 до 1,65 МПа и от 0,03 до 0,11 м получим графическую зависимость (модель) требуемой мощности при обработке почвы для конкретных условий функционирования СМПФ (рисунок 2).

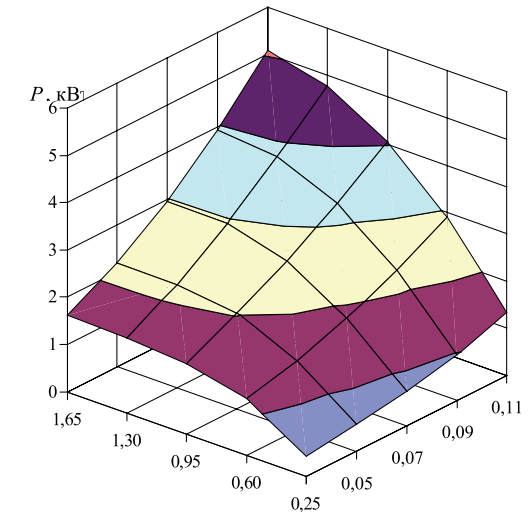


Рисунок 2 – Модель зависимости требуемой мощности двигателя P от подачи на нож S и твердости почвы p

Полученная модель $P = f(p; S)$ наглядно показывает изменение требуемой мощности при обработке почвы фрезерными рабочими органами.

Таким образом, полученное уравнение (15) отражает в общем виде зависимость мощности, потребляемой СМПФ при выполнении технологической операции по обработке почвы с учетом технологических параметров, свойств почвы и конструктивных особенностей машины, а уравнение (19) позволяет оценить энергетические составляющие и их затраты в зависимости от режима работы конкретной СМПФ.

Литература

1. *Синеоков Г.Н.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. М.: Машиностроение, 1977. 328 с.
2. *Канарев Ф.М.* Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф.М. Канарев. М.: Машиностроение, 1983. 142 с.
3. *Полтавцев И.С.* Фрезерные канавокапатели / И.С. Полтавцев. Киев: Машгиз, 1954. 130 с.
4. *Купряшкин В.Ф.* Динамические условия обеспечения равномерного движения самоходных малогабаритных почвообрабатывающих фрез с ходовыми колесами / В.Ф. Купряшкин, М.Н. Чаткин, Н.И. Наумкин, А.В. Безруков // *Нива Поволжья*. 2011. № 4. С. 52–55.
5. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. М.: Наука, 1975. 640 с.
6. *Купряшкин В.Ф.* Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров (на примере фрезы ФС-0,85): Автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.Ф. Купряшкин. Саранск, 2011. 20 с.