

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ РОТОРНЫХ ГРАБЛЕЙ-ВОРОШИЛОК

И. И. Пиуновский, докт. техн. наук (БелНИИМСХ)

Интенсификация процесса влагоотдачи скошенных трав достигается технологическими операциями ворошения, вспушивания и оборачивания валков трав, что достигается роторными граблями-ворошилками, основным рабочим органом которых являются граблины с пружинными пальцами, расположенными на вращающемся в горизонтальной плоскости роторе. Во многих конструкциях граблей-ворошилок, типа ГВЦ-3, под действием центробежных сил пальцы граблин расходятся и становятся радиально по отношению к центру вращения ротора. При прекращении вращения ротора пальцы под действием пружины возвращаются в вертикальное положение, тем самым они предохраняются от деформации при разворотах и переездах, уменьшая габариты граблей. При этом на граблину действует центробежная сила

$$P_{ц} = m \omega^2 r,$$

где $m = \frac{P_{гр}}{g}$ - масса граблины, ω - угловая скорость, r - радиальная координата центра тяжести граблины.

Для перевода граблины в рабочее положение $P_{ц} \geq P_{гр} + P_{уп.}$

где $P_{гр} = mg$ - сила тяжести граблины; $P_{уп.}$ - сила упругости пружины.

Преодоление этих сил обеспечивается приданием граблине вращательного движения. При этом $\omega \geq \sqrt{\frac{P_{гр} + P_{уп.}}{mr}}$ или $\vartheta_{окр} \geq \sqrt{R(g + \frac{P_{уп.}}{m})}$,

где $R \approx r$ - расстояние от центра вращения до конца пальца граблины.

Технологический расчет роторных граблей-ворошилок заключается в определении соотношения геометрических и кинематических параметров рабочих органов машины с целью обеспечения сгребания или ворошения травы с выполнением технологического процесса без потерь.

Роторные грабли-ворошиллки должны обеспечивать обработку всей поверхности поля без пропусков и значительных перекрытий соседними граблинами. Поэтому расчетом площади, пробегаемой одной граблиной при повороте на угол ωt , определяется порция травы Δm , подхватываемая одной граблиной. При этом порция травы приобретает абсолютную

скорость $\mathcal{Q}_a$ за время Δt , а импульс силы равен приращению количества движения $P_0 \Delta t = \Delta m \mathcal{Q}_a$, откуда окружное усилие на пальце граблины, преодолевающее силы инерции травы равно: $P_0 = m' \mathcal{Q}_a$,

где $m' = \Delta m / \Delta t$ - масса подачи травы в единицу времени.

Порция травы, перемещаясь граблиной, испытывает сопротивление стерни, равное $P_c = f_1 mg$, где f_1 - коэффициент трения травы по стерне, равный 1...3.

Полное окружное усилие на граблине $P_{\text{пол}} = P_0 + P_c$.

При встрече пальца граблины с порцией травы происходит мгновенное соприкосновение, вызывающее удар, сила которого равна $m' \mathcal{Q}_a^2$ и порция травы приобретает некоторую скорость. Энергия, передаваемая частицам травы во время удара, приводит к их деформациям и не должна превышать силу связи листьев и соцветий со стеблем, иначе возникнут потери наиболее ценных по питательности частей растений.

Для энергетической оценки работы роторных граблей-ворошилок построена математическая зависимость баланса мощности, потребной для выполнения технологического процесса ворошения или сгребания травы, состоящей из мощности на преодоление вредных сопротивлений при вращении ротора $N_{\text{вр.сопр.}}$, мощности на преодоление сопротивления перекатыванию $N_{\text{кпр}}$ и мощности на преодоление сопротивления перемещению порции травы граблинами и нагрузок от силы Кориолиса N_c .

Мощность, необходимая для преодоления вредных сопротивлений вращающихся роторов с некоторым допущением можно определить аналогично вращающимся барабанам из выражения

$$N_{\text{вр.сопр.}} \approx A \omega + B_r \omega^3,$$

где $A = R_{\text{рл}} \Psi r_{\text{ц}}$ - коэффициент, соответствующий моменту сил трения в подшипниках, $R_{\text{рл}}$ - сумма реакций на опорах; Ψ - коэффициент трения; $r_{\text{ц}}$ - радиус цапфы; ω - угловая скорость ротора; $B_r \omega^3 = \frac{m_s \mathcal{Q}_s^2}{2}$ - мощность, потребная на сообщение кинетической энергии вы-

тесненному воздуху массой m_s и скоростью $\mathcal{Q}_s$ от вращающихся деталей ротора с граблинами.

Мощность, потребная на преодоление сопротивления перекатыванию, определяется из уравнения:

$$N_{\text{пер}} = \frac{P \vartheta}{\eta},$$

$$\text{где } P = \frac{Q_{\text{зр}} c}{\kappa_3} - \text{сопротивление перекачиванию; } Q_{\text{зр}} - \text{масса}$$

граблей-ворошилок, c - коэффициент перекачивания; κ_3 - коэффициент выравнивания поля; η - коэффициент полезного действия ходовой части граблей-ворошилок; ϑ - поступательная скорость агрегата.

Мощность, потребляемая на привод граблей-ворошилок и выполнение технологического процесса сгребания травы:

$$N_c = \frac{k M_{\text{пр}} \omega}{k_c},$$

где $M_{\text{пр}} = FR$ - момент сил сопротивления порции травы на грабине; R - радиус ротора; κ - количество роторов на машине; k_c - коэффициент неравномерности высоты стерни и рельефа поля; F - максимальная нагрузка на граблины в процессе сгребания.

Для определения значений $M_{\text{пр}}$ и F рассмотрим силы, действующие на порцию травы на грабине при сгребании.

На порцию травы массой m действуют силы, приложенные к ее центру тяжести: сила тяжести mg и сила трения травы по стерне $f_1 mg$, центробежная сила $m\omega^2 r$, сила Кориолиса $2\omega r'$ и вызванная ею сила трения одной порции травы по другой - $2f_2 \omega r'$, где f_1 и f_2 коэффициенты трения травы по стерне и травы по траве; r и r' - радиальная координата и скорость порции трав.

Уравнение движения травы относительно подвижного радиуса запишем в виде линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка:

$$mr'' = m\omega^2 r - f_1 mg - 2f_2 \omega r'.$$

Решение этого уравнения через корни характеристического уравнения после ряда преобразований позволяет получить значение скорости радиального перемещения порции травы

$$r' = c_1 n_1 \omega e^{n_1 \omega t} + c_2 n_2 \omega e^{n_2 \omega t},$$

где C_1 и C_2 - произвольные постоянные, которые определяются из начальных условий:

при $t = 0$, $r = r_0 = R - \frac{B}{2}$; $r' = 0$, откуда

$$C_1 = \frac{n_2}{n_2 - n_1} \left(r_0 - \frac{f_1 g}{\omega^2} \right); \quad C_2 = -C_1 \frac{n_1}{n_2};$$

$$n_1 = \sqrt{1 + f_2^2} - f_2; \quad n_2 = -\sqrt{1 + f_2^2} - f_2,$$

где B - длина пальца граблины в горизонтальной проекции.

Для определения энергетических затрат на привод граблей необходимо знать усилие, приходящееся на одну граблину, которое складывается из силы сопротивления порции травы F_1 , перемещаемой по стерне, и силы Кориолиса F_2 из уравнений $F_1 = f_1 g S_1 Y$,

где Y - урожайность травы; $S_1 = 2R \vartheta_n \frac{2\pi}{\omega Z}$ - площадь сгребания травы одной граблиной при скорости поступательного движения ϑ_n ; Z - количество граблин на роторе;

$$F_2 = 2 m \omega r',$$

где m - масса травы, лежащей на площади сгребания при повороте ротора на угол ωt .

Тогда общее сопротивление:

$$F = F_1 + F_2 = \frac{\pi R \vartheta_n Y}{\omega Z} [f_1 (Z + 2)g + 8\omega r'],$$

а максимальный приводной момент ротора

$$M_{np} = FR = \frac{\pi R^2}{\omega Z} \vartheta_n Y [f_1 (Z + 2)g + 8\omega r'].$$

Проведенными расчетами граблей-ворошилок ГВЦ-3,0 определена мощность, необходимая для их работы на сгребании, составляющая 7,2 кВт, а по

результатам приемочных испытаний равна 7.5 кВт, что хорошо согласуется с данными расчета по предложенной методике.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

С. Скребялис, А. Александровичюс (Литва)

Производство сельскохозяйственной продукции всегда связано с обработкой почвы, с воздействием рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, ходовых систем тракторов и сельскохозяйственной техники на почву. В настоящее время меняются представления об эффективности отдельных приемов обработки почвы. До недавнего времени считалось, что хороший урожай может быть получен лишь в том случае, если система подготовки почвы включает много операций. Однако, в результате интенсивной обработки создаются неблагоприятные условия для возделывания культурных растений.

В связи с этим, основным направлением в научных исследованиях и конструкторских работах является активный поиск новых более современных приемов обработки почвы, соответствующих современным требованиям - уменьшению ее деградации. Приоритетным направлением совершенствования обработки почвы принята ее минимизация, предусматривающая значительное сокращение интенсивности механической обработки при широком применении пестицидов и десикантов.

Цель исследования - разработать щадящие технологии обработки почвы с минимальными энергетическими затратами, максимально предохраняющие почву от деградации. Проведены аналитические расчеты и экспериментальные исследования машин нового поколения. Испытания проведены в средней по механическому составу почве.

Схема исследований составлена с учетом природно-климатических условий Литвы и агротехнических требований обработки почвы. Для регистрации тягового сопротивления и определения результирующих сил, действующих в продольно-горизонтальной плоскости, применяли динамометрическую автосцепку ИУ-29. Погрешность измерений усилий не более 3%.

Минимальную, еще называемую сберегающей, технологию стало возможно широко применять с появлением эффективных гербицидов.