сил. Дифференциальное уравнение вращательного движения будет иметь вид:

$$I\frac{d\omega}{dt}=M, \quad (1)$$

где I – момент инерции барабана относительно оси вращения; M – момент обыкновенных сил относительно той же оси, выраженный как функция времени.

Интегрируя равенство (1) в соответствующих пределах, получим:

$$\int_{\omega_0}^{\omega} Id\omega=\int_0^{\tau} Mdt \quad \text{или} \quad I\left(\omega-\omega_0\right)=\int_0^{\tau} Mdt, \quad (2)$$

где ω_0 и ω – угловые скорости барабана в начале и конце удара, соответственно.

Найдем теперь изменение угловой скорости барабана за время τ с учетом импульсивного момента

$$I\frac{d\Omega}{dt}=M+M_1, \quad (3)$$

где M_1 – момент ударного импульса относительно оси вращения; Ω – угловая скорость.

Интегрируя, при тех же начальных условиях, получим:

$$\int_{\omega_0}^{\Omega} Id\Omega=\int_0^{\tau} Mdt+\int_0^{\tau} M_1 dt$$

или $$I\left(\Omega-\omega_0\right)=\int_0^{\tau} Mdt+\int_0^{\tau}\left(xZ-zX\right)dt, \quad (4)$$

где X и Z – проекции ударной силы на оси координат.

После введения проекций ударного импульса будем иметь:

$$I\left(\Omega-\omega_0\right)=\int_0^{\tau} Mdt+xS_z-zS_x. \quad (5)$$

Допуская пренебрежение малой разностью $\omega_0-\omega$ из соотношений (2) и (5), получим:

$$I\left(\Omega-\omega_0\right)=xS_z-zS_x. \quad (6)$$

Тогда коэффициент неравномерности движения барабана δ, в наших обозначениях, запишется в виде:

$$\delta=\frac{2\left(\Omega-\omega_0\right)}{\Omega+\omega_0},$$

откуда $$\Omega=\frac{\omega_0\left(2+\delta\right)}{2-\delta}. \quad (7)$$

Задаваясь коэффициентом неравномерности движения барабана δ, по формуле (7) можно определить угловую скорость Ω. Следовательно, к вращающему барабану нужно приложить импульс $\vec{S}=\left\{S_x\,S_z\right\}$ такой, чтобы его момент – выражение в правой части равенства (3.6), обеспечивал угловую скорость Ω, определяемую формулой (7).

Поэтому на импульс налагается условие: его момент xS_z-zS_x относительно оси вращения барабана не должен превышать величину

$$M_1\le\frac{2I\omega\delta}{2-\delta}. \quad (8)$$

В реальных условиях момент M_1 является величиной, зависящей от физико-механических свойств обмолачиваемого материала и режима работы молотильного барабана. Например, момент ударных сил, действующих на молотильный барабан (или валец), зависит от изменения толщины слоя рисовой массы, поступающей в молотильный аппарат, и режима его работы.

Определяемый экспериментально момент M_1 нужно брать максимальный. Равенство (8) устанавливает зависимость между I, δ и M_1. По значению M_1 и задаваясь δ, можно подсчитать необходимый момент инерции молотильного аппарата, ударно-вибрационного воздействия.

$$I\ge\frac{M_1\left(2-\delta\right)}{2\omega\delta}. \quad (9)$$

Выводы

1. Получены новые формы дифференциального уравнения вращательного движения молотильного барабана вокруг неподвижной оси под действием рассредоточенных и непрерывных ударных импульсов.
2. Найдены условия, определяющие величину допустимого импульсивного момента, воздействующего на молотильный барабан, при заданном коэффициенте неравномерности его движения.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАЛЬЦОВЫХ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Богус Ш.Н., Букаткин Р.Н., Багирян Д.А.

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, e-mail: pcls@bk.ru

Вальцовый молотильный аппарат отличается от существующих МСУ возможностью плавного изменения интенсивности воздействия на обмолачиваемую массу не только со стороны вальцов барабана, но и подбарабанья. Это достигается изменением частоты вращения барабана при равных между собой частотах вращения вальцов. Изменяя соотношение частот вращения вальцов и барабана можно регулировать число ударов вальцов на единице длины обмолачиваемой массы.

Зависимость числа ударов вальцов от конструктивных и кинематических параметров МСУ позволяет подобрать оптимальный режим работы для обмолота различных культур с учетом их физико-механических свойств.

Определим число ударов вальцов подбарабанья

Введем следующие обозначения: $\omega_в$ – частота вращения вальца; K – число вальцов подбарабанья; i – число граней вальца; T – время заполнения рабочего зазора; r – радиус описанной окружности вальца; $t=\frac{2\pi}{\omega_в}$ – время одного оборота вальца.

Число оборотов одного вальца за время T будет равна

$$n_1=\frac{T}{t}=\frac{T\cdot\omega_в}{2\pi}.$$

Число оборотов всех вальцов подбарабанья за тот же промежуток времени

$$n_в=\frac{T\cdot\omega_в}{2\pi}K. \quad (1)$$

Время заполнения подбарабанья хлебной массой равно

$$T=\frac{\xi\cdot R\cdot\left(K-1\right)}{V_П}. \quad (2)$$

где ξ – угол расстановки вальцов подбарабанья; $R^*=R+r$ – расстояние от оси барабана до ребра вальца барабана; $V_п$ – скорость подачи обмолачиваемой массы.

Подставляя выражение (2) в (1), получим:

$$n_в=\frac{\omega_в\cdot K\cdot\xi\cdot R^*\left(K-1\right)}{2\pi\cdot V_П}. \quad (3)$$

Число ударов всех вальцов подбарабанья за время будет равно

$$Z_П=n_в\cdot i=\frac{\omega_в\cdot K\cdot\xi\cdot R^*\left(K-1\right)i}{2\pi\cdot V_П}. \quad (4)$$

Определим число ударов вальцов барабана

Время заполнения молотильного аппарата можно определить исходя из его параметров:

$$T = \frac{\varphi_0 \cdot R^*}{V_П}, \tag{5}$$

где φ_0 – угол охвата подбарабанья.

Угол, поворота барабана за время равен

$$\varphi = \omega_б \cdot T = \frac{\omega_б \cdot \varphi_0 \cdot R^*}{V_П}, \tag{6}$$

где $\omega_б$ – угловая скорость барабана.

Время, поворота барабана на угол φ равно

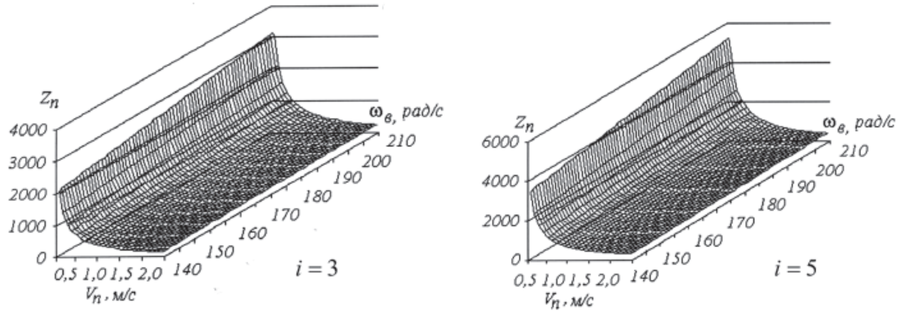
$$t_{\varphi_0} = \varphi / \omega_б.$$

Угол расстановки вальцов на барабане равен

$$\alpha = \frac{2\pi}{K_1},$$

где K_1 – число вальцов барабана.

Задавая частоту вращения барабана $\omega_в$ в пределах 140–210 рад/с, скорость подачи хлебной массы $V_п$ в пределах 0,2–2,5 м/с и числе граней вальцов $i = 3 – 8$, при фиксированных значениях остальных параметров, рассчитаем число ударов всех вальцов подбарабанья в пределах изменения частоты вращения барабана и скорости подачи хлебной массы. Для решения этой задачи разработан алгоритм и написана программа Impact, реализующая расчёты по формуле (4).



Зависимость числа ударов вальцов подбарабанья от $V_п$ и $Z_п$

Полученные графические зависимости просчитывались с шагом дискретизации 1 рад/с для частоты вращения и 0,1 м/с для скорости подачи.

С целью получения аналитических зависимостей числа ударов от скорости подачи хлебной массы произведена полиномиальная аппроксимация, а затем регрессионный и корреляционный анализы для выявления характера изменения исследуемых кривых. Исследование числа ударов от частоты вращения не проводилось, так как их зависимость линейная, и описывается уравнением прямой $y = kx + b$. Полиномиальная аппроксимация проводилась по 5 выбранным точкам. Регрессионный анализ проводился без предварительной сплайн-аппроксимации, поскольку все исследуемые кривые достаточно гладкие.

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Богус Ш.Н., Букаткин Р.Н., Полумеев С.В.

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, e-mai: pcls@bk.ru

Под логистическим распределением вероятностей с функцией распределения, понимается распределение

$$\psi(x) = [1 + \exp(-x)]^{-1},$$

где $\psi(ax + b)$, a – параметр масштаба; b – параметр сдвига. Функция $\psi(x)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению вида

$$d\psi / dx = \psi(1 - \psi).$$

Логистическое распределение вероятностей близко к их нормальному распределению

$$\sup_x \left|\psi(1{,}7x) - \phi(x)\right| < 0{,}01,$$

где $\Phi(x)$ – функция нормального распределения с математическим ожиданием, равным 0, и дисперсией, равной 1. Распределения $\psi(x) = [1 + \exp(-x)]^{-1}$ применяются для аппроксимации результатов теоретических и экспериментальных исследований, полученных при изучении сатурационных процессов с наличием предельного значения функции. Сатурационные процессы описывают: накопление биомассы в зерновке, при ее созревании; рост урожайности, при воздействии определенных факторов; изменение скорости движения хлебной массы в молотильном зазоре; статистические распределения прочности механической связи колосков с плодоножкой; урожайность культур от количества удобрений. Логистические функции являются трехпараметрическими, соответственно не линеаризуются. Многие процессы хорошо описываются логистической функцией при $0 \le x \le \infty$. Предлагаем алгоритм расчета ее параметров. Функция вида

$$\psi(x) = \left(1 + e^{-x}\right)^{-1}$$

удовлетворяет уравнению

$$y = y_{\max} \cdot \left(e^{cx} - 1\right) / \left(e^{cx} + b\right),$$

при начальном уравнении $\psi(0) = 0{,}5$, тогда функция удовлетворяет уравнению:

$$\frac{dy}{dx} = y_{\max} \frac{b \cdot c}{1 + b} \left(\frac{1}{b} + \frac{y}{y_{\max}}\right) \cdot \left(1 - \frac{y}{y_{\max}}\right), \tag{1}$$

при условии $y(0) = 0$ и при $x \ge 0$, $b > 0$, $c > 0$.

При различных значениях b, c и $y_{\max}$ получим кривые, согласующиеся с экспериментальными данными, которые могут быть представлены в виде:

$$y = y_{\max} \cdot \left(e^{cx} - 1\right) / \left(e^{cx} + b\right), \tag{2}$$

при условии, что $b > 0$, $c > 0$.

Значения параметров c и b определяются при $y_{\max}$.

Путем последовательных преобразований, с подстановкой $e^{cx_i} = z$, получим

$$z = z\frac{y_{\max}}{y_k} + \frac{y_{\max}}{y_k} - \frac{y_{\max}}{y_i}; \tag{3}$$

$$b = \frac{z\left(y_{\max} - y_i\right) - y_{\max}}{y_i}. \tag{4}$$