

УДК 631.2:459.2

Р. С. МИНАСЯН, С. Г. ЧУНГУРЯН

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РЫХЛИТЕЛЕЙ ПРИ ИЗГИБЕ В ПЛОСКОСТИ, ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ К НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ

Разработан метод динамического расчета рабочего органа почвообрабатывающей машины с учетом свойств обрабатываемой среды. Решение сведено к интегрированию дифференциального уравнения колебания с переменными коэффициентами и осуществлено вариационным методом Бубнова-Галеркина.

Библиогр.: 1 назв.

Մշակված է հողափրկելիս աշխատող բանվորական մասի դինամիկական հաշվարկի մեթոդ, հաշվի առնելով մշակվող միջավայրի հատկությունները: Լուծումը բերվում է տասանման փոփոխական զործակիցներով դիֆերենցիալ հավասարման վերաբերյալ և այն իրականացվում է Բուբնով-Գալերկինի փոփոխական մեթոդով:

Увеличение рабочих скоростей почвообрабатывающих машин приводит к возникновению ускорений движущихся масс, претерпевающих резкие изменения во времени, в особенности при работе на тяжелых почвах, богатых каменными включениями. В этих условиях отдельные детали, узлы и рабочие органы машины находятся под воздействием значительных динамических нагрузок, что требует специального подхода при их конструировании и расчетах на прочность и жесткость.

В настоящей работе сделана попытка приближенного динамического расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин (котовых плугов, рыхлителей и др.) с учетом свойств обрабатываемой среды. При этом, поскольку наибольшую опасность для прочности рабочего органа представляет изгиб в плоскости наименьшей жесткости, рассматривается случай его внезапной встречи с препятствием в плоскости, перпендикулярной к направлению движения.

Примем, что рабочий орган представляет собой жестко защемленную с недеформируемой рамой машины консольную балку переменного сечения. Отнеся начало координат к центру тяжести свободного конца консоли, законы изменения геометрической жесткости погонной массы по длине рабочего органа запишем в виде

$$J(x) = J \left(\frac{x}{l} \right)^4; \quad m(x) = m \left(\frac{x}{l} \right)^3,$$

где m — масса рабочего органа, J — момент инерции сечения в защемлении.

Свойства обрабатываемой среды (почвы) будем характеризовать коэффициентом постели, принимая аналогично грунтам линейное из-

менение его в зависимости от глубины обрабатываемой толщи $k(x) = -k\left(1 - \frac{x}{l}\right)$. Решение задачи сведем к интегрированию дифференциального уравнения свободных колебаний рабачего органа

$$[EJ(x) \omega''']'' + k(x) \omega - m(x) \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

где ω — уравнение упругой линии.

Принимая гармонический закон колебаний $\omega = \omega(x) \cos \theta t$, уравнение (1) перепишем в виде

$$[EJ(x) \omega''(x)]'' + k(x) \omega(x) - m(x) \omega(x) \theta^2 = 0, \quad (2)$$

где θ — частота свободных колебаний.

Выбрав функцию прогибов в виде

$$\omega(x) = \left(a_1 + a_2 \frac{x}{l} + a_3 \frac{x^2}{l^2} + \dots\right) \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 = \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x), \quad (3)$$

поставим условие, чтобы она удовлетворяла всем граничным условиям задачи:

$$\omega(l) = \omega'(l) = 0, \quad [EJ(0) \omega(0)]'' = [EJ(0) \omega(0)]''' = 0,$$

тогда для решения обыкновенного дифференциального уравнения (2) с переменным коэффициентом можно применить метод Бубнова-Галеркина. Уравнение частот найдем, раскрыв определитель (4) относительно θ_n^2

$$\begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{13} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} & \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \delta_{n3} & \dots & \delta_{nn} \end{vmatrix} = 0. \quad (4)$$

Единичные коэффициенты δ_{in} , входящие в (4), определяются с помощью выражений вида

$$\delta_{in} = \int_0^l [EJ(x) \varphi_i''']'' \varphi_n + k(x) \varphi_i \varphi_n - m(x) \varphi_i \varphi_n \theta_n^2] dx - \bar{m} \theta_n^2 \varphi_{i0} \varphi_{n0}. \quad (5)$$

Подставив в (5) значения $J(x)$, $k(x)$ и $m(x)$, получим

$$\begin{aligned} \delta_{in} = \int_0^l \left\{ \left[EJ \left(\frac{x}{l} \right)^4 \varphi_i'' \right]'' \varphi_n + k \left(1 - \frac{x}{l} \right) \varphi_i \varphi_n - \right. \\ \left. - m \left(\frac{x}{l} \right)^2 \varphi_i \varphi_n \theta_n^2 \right\} dx - \bar{m} \theta_n^2 \varphi_{i0} \varphi_{n0}. \end{aligned} \quad (6)$$

Совместно решив (3) и (6), запишем

$$\delta_{11} = \frac{EJ}{l^3} \left(\frac{4}{5} + \frac{\lambda}{6} \right) - \epsilon^2 \left(\frac{ml}{105} + \bar{m} \right), \quad \delta_{12} = \frac{EJ}{l^3} \left(\frac{2}{5} + \frac{\lambda}{70} \right) - m \frac{6^2 l}{280},$$

$$\delta_{22} = \frac{EJ}{l^3} \left(\frac{12}{35} + \frac{1,67}{280} \lambda \right) - m \frac{6^2 l}{630}, \dots,$$
(7)

где $\lambda = kl^4/EJ$, $\bar{m}$ — масса рабочего органа, приведенная к его свободному концу.

Подставив найденные значения единичных коэффициентов по (7) в частотное уравнение (4) для первого приближения ($\delta_m = 0$), получим

$$\epsilon_1^2 = \frac{EJ}{l^3} \cdot \frac{\alpha}{\beta}. \quad (8)$$

Для второго приближения ($\delta_{11} \cdot \delta_{22} - \delta_{12}^2 = 0$) получим

$$\epsilon_2^2 - \frac{B}{A} \epsilon_1^2 + \frac{C}{A} = 0, \quad (9)$$

где

$$A = \frac{ml}{630} \beta - \left(\frac{ml}{280} \right)^2, \quad B = \frac{EJ}{l^3} \left(\alpha \frac{ml}{630} + \beta \varepsilon - \gamma \frac{ml}{140} \right),$$

$$C = \left(\frac{EJ}{l^3} \right)^2 (\alpha \varepsilon - \gamma^2), \quad \alpha = \frac{4}{5} + \frac{\lambda}{6}, \quad \beta = \frac{ml}{105} + \bar{m},$$

$$\gamma = \frac{2}{5} + \frac{\lambda}{70}, \quad \varepsilon = \frac{12}{35} + \frac{1,67}{280} \lambda.$$

Для определения наибольшей амплитуды колебания примем, что на рабочий орган действует сила $P = P_0 \sin \psi t$, тогда дифференциальное уравнение упругой линии запишется в виде

$$[EJ(x) \omega(x)']' - m(x) \omega(x) \psi^2 - \sum \bar{m} \psi^2 \omega(0) + k(x) \omega(x) = -q(x). \quad (10)$$

Совместное решение (3), (10) и интегрирование по длине рабочего органа дает

$$\int_0^l \{ [EJ(x) \sum a_i \varphi_i']' \varphi_n + \sum k(x) a_i \varphi_i \varphi_n - \sum m(x) \psi^2 a_i \varphi_i \varphi_n \} dx -$$

$$- \sum \bar{m} \varphi_{i0} \varphi_{n0} \psi^2 = - \int_0^l q(x) \varphi_n(x) dx = \sum p_i \varphi_n(x). \quad (11)$$

Для определения неизвестных коэффициентов a_i решим канонические уравнения

[illegible]

где

$$\delta_{in} = \int_0^l \left\{ \left[EJ \left(\frac{x}{l} \right)^4 \varphi_i'' I'' \right] \varphi_n + k \left(1 - \frac{x}{l} \right) \varphi_i \varphi_n - m \left(\frac{x}{l} \right) \varphi_i \varphi_n \dot{\psi}^2 \right\} dx - \bar{m} \dot{\psi}^2 \varphi_{i0} \varphi_{n0},$$

$$\Delta_{ap} = P_0 \varphi_{a0}.$$

Решив систему (12) для первого приближения ($a_1 \delta_{11} = \Delta_{10}$), получим

$$a_1 = P_0 l^3 / (EJ_2 - \bar{m} \dot{\varphi}^2 l^3),$$

а для второго приближения —

$$\begin{aligned} a_1 \delta_{11} + a_2 \theta_{12} &= \Delta_{1p} \\ a_1 \delta_{21} + a_2 \delta_{22} &= \Delta_{2p} \end{aligned}$$

следовательно

$$a_1 = P_0 l^3 \varepsilon / [(aEJ - \bar{m} \psi^2 l^3) \varepsilon - EJ \gamma^2], \quad a_2 = P_0 l^2 \gamma / [(aEJ - \bar{m} \psi^2 l^3) \varepsilon - \gamma^2 EJ].$$

Ограничиваясь вторым приближением, и подставив найденные значения a_1 и a_2 в уравнение упругой линии, получим

$$\omega(x) = P_0 l^3 \left(1 - \gamma \frac{x}{l} \right) \left(1 - \frac{x}{l} \right)^2 / [(2EJ - \bar{m} \psi^2 l^3)], \quad (13)$$

где $\bar{m}$ — приведенная масса в точке удара.

При внезапной встрече с препятствием воздействие на рабочий орган носит ударный характер. Определение силы удара требует нахождения величины импульса, периода действия силы и закона изменения его во времени в зависимости от упругих свойств самой конструкции и места удара. Эту зависимость можно получить экспериментально (с помощью осциллографирования, скоростной киносъемки и др.), однако в практических расчетах его можно заменить равновеликим прямоугольником, исходя, например, из равенства наибольших ординат, т. е. считать, что сила P_0 прикладывается внезапно и остается постоянной в течение периода [1]. Тогда очевидно, что наиболее опасным будет мгновенный импульс, при котором $P_0 = \pm \theta S = \pm O_0 T_0 = m \theta v$, где P_0 — статическая сила, эквивалентная данному импульсу по своему динамическому воздействию.

Коэффициент динамичности силы P_d

$$\mu = P_3/Q = \bar{m}Qv/Q,$$

где v —скорость движения почвообрабатывающей машины, Q —вес препятствия и рабочего органа, приведенные к точке удара.

Имея значение μ , легко определить величину силы удара и динамического прогиба рабочего органа $P_d = \mu P_0$, $\omega_d = \mu \omega(x)$.

Подставив значение $\omega(x)$ из (13) при $x = 0$, получим

$$\max \omega_d = \mu \omega_{\max} = \frac{6 \bar{m} \omega}{Q} \cdot \frac{P_0 l^3}{EJ} \left[\frac{\varepsilon}{\gamma^2 - (\alpha - \bar{m} \psi^2 l^3 / EJ)} \right].$$

Зная величины P_d и $\max \omega_d$, можно произвести расчет на прочность и жесткость рабочих органов почвообрабатывающих машин на изгиб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минасян Р. С., Чунгурян С. Г. Сопротивление почвы при резании.—Ереван: Луїс, 1992.—91 с.

АрмСХИ

15. XI. 1992

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLVI, № 1, 1993, с. 17—20

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.5.01.013

В. Н. НЕРСЕСЯН, К. Б. БЕРБЕРЯН

СИНТЕЗ АСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ЗАДАНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА

По заданным значениям показателей качества (σ — перерегулирование, t_m — время достижения первого максимума, t_v — время управления) переходного процесса предлагается машинный метод расчета параметров корректирующих устройств астатических линейных САУ и контроля правильности полученных результатов.

Библиогр.: 3 назв.

Հստ անցողիկ գործընթացի որակի տրված ցուցանիշների արժեքների (σ — վերակարգափորում, t_m — առաջին առավելագույնին հասնելու ժամանակ, t_v — կառավարման ժամանակ), առաջարկվում է ապաստարիկ գծային ԱԿՀ-ների ճշտող սարքերի պարամետրերի հաշվարկի և ստացված արդյունքների ճշտության ստուգման մեթոդական եղանակ:

Рассматривается синтез астатических линейных систем автоматического управления (САУ), имеющий целью выбор корректирующего устройства (КУ), обеспечивающего требуемые показатели качества САУ. Будем искать такое КУ, чтобы соответствующая ему передаточная функция разомкнутой САУ приобрела вид

$$W(s) = \frac{k(T_2 s + 1)}{s(T_1 s + 1)(T_3 s + 1)(T_4 s + 1)}, \quad (1)$$

