

ZEMEDELSTVI

ORGANIZACE ZEMEDELSKÉ VÝROBY

Герук С.М., кандидат технических наук
Андреев А.А., кандидат физико-математических наук
Пустовит С.В., аспирант

Житомирский национальный агроэкологический университет
Подольский государственный аграрно-технический университет

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УПРУГИХ КОНСОЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ С ГИБКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

«Лечение» экосистем является неизбежным следствием всяких антропогенных воздействий на эти системы. Рельефным примером вышесказанного может быть «эпоха» интенсификации сельскохозяйственного производства в бывшем Советском Союзе. Внедряемые в это время новые технологии в научном аспекте были малообоснованны [1], а результаты - в значительной мере: идеологизированы (частичная потеря объективности оценки результатов анализа или неполнота анализа).

В земледелии интенсификация привела к довольно ощутимым негативным: последствиям, связанными с резким нарушением структуры почвы, эрозионными процессами, неприемлимым для корневой системы растений изменением микрофлоры. Одной из самых опасных причин, вызывающей негативные последствия в почве, является ее металлизация. Резкое возрастание поступательных скоростей почвообрабатывающих устройств, увеличение массы работающих органов приводят к тому, что вследствие абразивного износа значительное количество железа в нерастворимой форме остается в почве, причем количество в сотни раз превышает микроэлементные дозы [2].

Лечение почвы включает, во-первых, самолечение - комплекс мероприятий, который для почвенного случая довольно длительный во времени. Понятно, что почва, как экологическая система имеет свойство самовосстановления и этот факт также следует учитывать при ее «лечении». Надежда на «самолечение» почв предполагает длительный отказ от возделывания значительных территорий, что в современных условиях является совершенно недопустимым. Следовательно, необходимо радикальным образом изменить взгляд как на существующие технологии, так и на устройства, реализующие эти технологии. Характерной особенностью пассивных рабочих органов, осуществляющих статическое давление на почву, является их значительная металлоемкость, из которой следует

сравнительно большая площадь контакта металла и почвы. Перспективными с этой точки зрения являются высокочастотные вибрационные технологии, в которых низкая металлоемкость рабочих органов надежно обеспечивает почву от дальнейшего возрастания концентрации железа. Рабочими органами в этих технологиях чаще всего являются гибкие элементы, самовозбуждение которых при их поступательном движении в почве позволяют производить целый ряд необходимых почвообрабатывающих операций [3]. Несущими для гибких элементов являются упругие консоли, которые как дополнительную функцию могут выполнять роль ножей для нарезания направляющих щелей (при использовании технологий типа «астраханских») [4].

Так как колебательные процессы играют определяющую роль в изучаемых почвообрабатывающих устройствах, совершенно необходимо исследовать динамические свойства вертикальной упругой стойки под воздействием периодического влияния (рисунок 1) гибкого элемента $F(t)$.

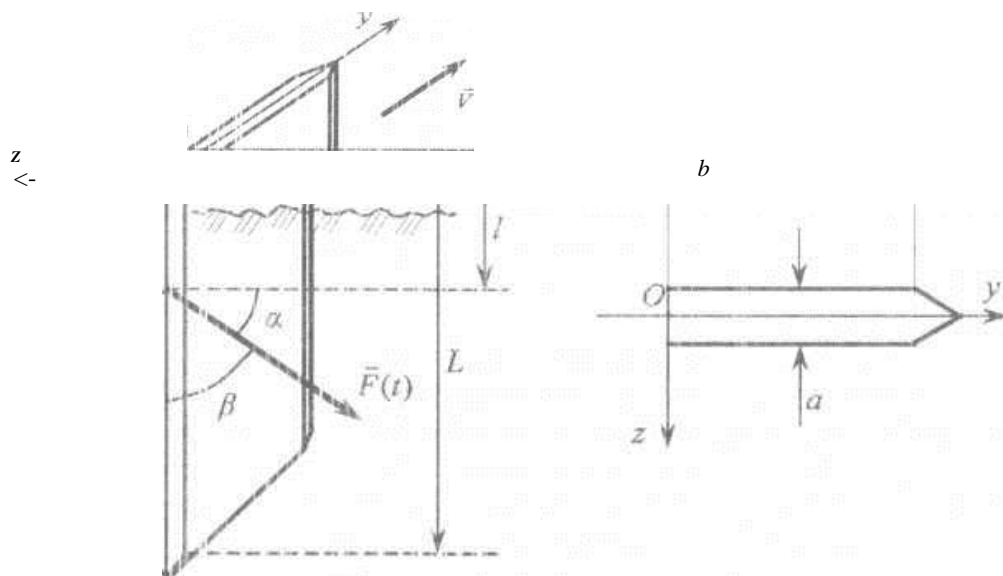


Рис. 1. Расчетная схема

В выбранной системе координат $Oxyz$ проекции силы F равны:

$$F_x(t) = F_0 \cos\beta; F_y(t) = F_0 \sin\beta \cdot \sin\alpha;$$

$$F_0(t) = F_0 \sin \Omega t; F_z(t) = F_0 \sin\beta \cdot \cos\alpha$$

где $F_0(t)$ - модуль внешней периодической силы. Под влиянием этих сил стойка (в приближении закона Гука) выполняет упругие колебания. Динамические уравнения этих колебаний поданы в (1) [3]:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 z}{dt^2} &= c_1^2 \cdot \frac{d^4 z}{dx^4} + \frac{F_x}{\mu} \cdot \sigma(x-l) \cdot \sin \omega t \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= c_2^2 \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{F_y}{\mu} \cdot \sigma(x-l) \cdot \sin \omega t \\ \frac{d^2 U}{dt^2} &= c \cdot \frac{d^4 U}{dx^4} + \frac{F_y}{\mu} \cdot \sigma(x-l) \cdot \sin \omega t \\ c_1^2 &= \frac{E \cdot I_z}{\mu}; \quad c_2^2 = \frac{E \cdot I_y}{\mu}; \quad c = \frac{E \cdot S}{\mu} \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь I_z, I_{zy} - моменты инерции поперечного сечения, S - площадь поперечного сечения ($S = ab$) [μ - погонный вес стержня, $\sigma(x-l)$ - ступенчатая функция: Хевисайда, ω - основная частота колебаний гибкого элемента [6]. Граничные условия для рассматриваемой проблемы (1) имеют следующий вид (консоль):

$$\begin{aligned} z(0, t) = z'(0, t) = z''(L, t) = z'''(L, t) &= 0 \\ y(0, t) = y'(0, t) = y''(L, t) = y'''(L, t) &= 0 \\ U(0, t) = U'(L, t) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Граничная задача (1 - 2) для вынужденных поперечных колебаний определяется выражениями, которые следуют из уравнений для главных координат:

$$z(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} Z(x) \cdot g_k + p_{kz}^2 + g_{kz} \quad (3)$$

$$y(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} Y(x) \cdot \lambda_{ky}(t)$$

Здесь p_{kz} - к-ые собственные частоты

$$p_{kz} = \pi^2 k_z^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{m_k}} \quad (4)$$

Резонансный характер указывает на необходимость тщательного рассмотрения как геометрии стояков, так подбора материала стойки, а также требует рассмотрения более сложной задачи, связанной с учетом как внутреннего трения, так и трения поверхности

рабочего органа и почвы. Такой учет не приводит к сингулярностям, что является весьма важным для продления срока службы стояка.

Литература:

1. Андреев А.,А., Научное обеспечение внедрения вибрационных технологий в земледелии // Вестник Винницкого СХИ, спецвыпуск. Сб.труд. Симпозиума «Наука и предпринимательство». Винница — Львов — Славск, 1999. – с. 110-114.
2. Андреев А.А., Динамика процессов аккумуляции железа в почве при длительном воздействии элементов почвообрабатывающих устройств // Materialy V Miedzynarodowej Naukowi - praktychnej konf. «Naukowa przestrzen Europy - 2009», v. 18. - Przemysl. -- 2009, p. 18-20.
3. Андреев А.А, Самовозбуждение рабочих органов почвообрабатывающих устройств при их движении в неоднородной среде // Сб. трудов Межд. научи. конф. «Приборостроение: - 2000», МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга - Симеиз. - 2000. -с.175-180.
4. Андреев А.А., Ревука В.С. Оптимизация параметров ножа для нарезания направляющих щелей // Сб. научи, трудов «Совершенствование рабочих процессов с/х техники». -- Кишинев. - 1989. – с.75-78
5. Бабаков И.М. Теория колебаний. М., Наука. — 1968. - 560с.
6. Андреев А.А., Федирко И.П., Куровский А.Н. Теоретические исследования возможности применения гибких элементов для реализации высокочастотных вибрационных технологий в земледелии / Матер, за Межд. науч. практ. конф. «Найновите научны достижения - 2009», т.20. - София. - 2009. -- с.23-27.
7. Биберман В .П. Прикладная теория механических колебаний. - высшая школа. - М.: 1972. - 417с.