

Литература

1. Северо-Крымский канал. – Киев: Укргипроводхоз, 1972. – 13 с.
2. СНиП 22-02-2003 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения».
3. СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения».
4. Плиты железобетонные предварительно напряженные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем. Технические условия. ГОСТ 22930-87.
5. Патент Украины № 82893 Противооползневой дренажный элемент бетонной противофильтрационной облицовки канала / В.І. Петроченко, А.В. Петроченко. – Опубл. в бюл. – 2013. – №16.

УДК 631.30.01–254:631.4

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПНЕВМОКОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ

Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, В.А. Агейчик
(Белорусский государственный аграрный технический университет, Республика Беларусь)

Естественные экосистемы обладают сложным механизмом саморегуляции. Разрушая этот механизм, человек создает условия, при которых технический прогресс с долговременных позиций становится бесперспективным.

Важнейшей особенностью функционирования естественных экосистем является эволюционно сложившаяся сбалансированность происходящих в них процессов вещественно-энергетического обмена. В результате антропогенной деятельности человека экосистемы приобретают ряд специфических свойств, которые характерны для конкретных типов хозяйственной деятельности. Так, «...при аграрном типе антропогенного фактора воздействия экосистема трансформируется в агроэкосистему, функционирование которой регулируется посредством «импорта в систему» вещества и энергии с целью достижения высокой продуктивности» [1].

При формировании агроэкосистем основополагающее значение имеет их устойчивость, а именно способность сохранять и поддерживать значение своих параметров и структуры в пространстве и во времени без изменения характера функционирования.

Агроэкосистемы должны обладать способностью возвращаться в прежнюю область устойчивого равновесия после временного воздейст-

вия антропогенного фактора. Сохранение почв от чрезмерного их переуплотнения – центральное звено в обеспечении устойчивости агроэкосистем и АПК в целом.

Влияние воздействия движителей на уплотнение почвы в основном рассматривалось в статике, практически отсутствуют работы, позволяющие определить количественно те вредные дополнительные воздействия на почву, которые связаны с возросшей динамической активностью сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов.

Для определения плотности почвы от действующих вертикальных вибродинамических нагрузок рассмотрим движение одиночного пневмоколесного движителя в виде одномассовой эквивалентной колебательной системы по опорной поверхности (рис. 1).

Для определения плотности почвы после воздействия на нее движителя воспользуемся формулой, предложенной А.Ю. Ишлинским [2]:

$$\rho_k = \rho_n / (1 - \varepsilon), \quad (1)$$

где ρ_n , ρ_k – соответственно плотность почвы до и после воздействия, ε – относительная деформация почвы.

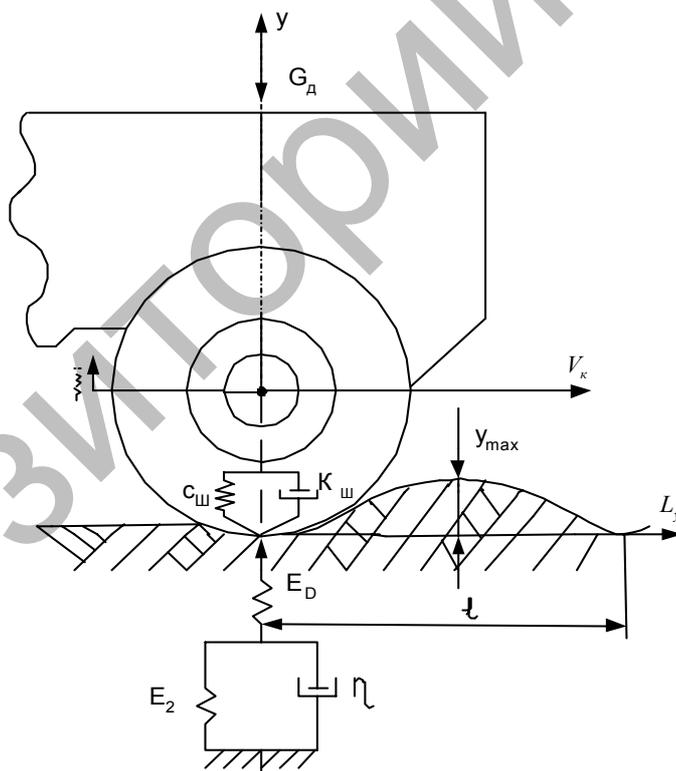


Рис. 1. Схема взаимодействия одиночного пневмоколесного движителя с опорной поверхностью

Зная изменение ε , можно прогнозировать изменение плотности почвы. На рисунке 1 почва представлена в виде реологической модели Кельвина. Связь между напряжением (σ) и деформацией (ε) в такой среде в любой момент времени имеет вид [3]:

$$\mu\varepsilon + \dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E_D} + \frac{\mu\sigma}{E_C}, \quad (2)$$

где ε , $\dot{\varepsilon}$ – относительная деформация почвы и скорость ее распространения соответственно;

σ , $\dot{\sigma}$ – нормальное напряжение и скорость его распространения соответственно;

E_D , E_C – динамический и статический модули упругости почвы соответственно, $\frac{1}{E_C} = \frac{1}{E_2} + \frac{1}{E_D}$;

E_2 – модуль упругости пружины 2, деформация которой выражает смещение частиц почвы и их переукладку;

$$\mu = \frac{E_D E_C}{(E_D - E_C)\eta} \text{ – параметр вязкости почвы;}$$

η – коэффициент вязкости почвы.

Методика определения реологических свойств почвы (E_D , E_C , η) подробно описана в литературе [3].

При движении трактора по периодически повторяющимся неровностям нагрузку, действующую со стороны движителя на почву, можно записать в следующем виде [4]:

$$\begin{aligned} \sigma &= 0 \text{ при } t \leq 0, \\ \sigma &= \sigma_m \sin \lambda t = \sigma_m \sin \frac{2\pi t}{T_\lambda} \text{ при } 0 \leq t < \infty, \end{aligned} \quad (3)$$

где T_λ – период вынужденных колебаний;

$$f = \frac{1}{T_\lambda} \text{ – частота вынужденных колебаний;}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{T_\lambda} \text{ – угловая частота вынужденных колебаний;}$$

σ_m – максимальное напряжение в пятне контакта движителя с почвой.

Относительную деформацию почвы ε получим из совместного решения уравнений (2) и (3):

$$\varepsilon(t) = \frac{K}{\lambda^2 + \mu^2} (\lambda \sin \lambda t + \mu \cos \lambda t) + \frac{L}{\lambda^2 + \mu^2} (\mu \sin \lambda t - \lambda \cos \lambda t) + Ce^{-\mu t}, \quad (4)$$

$$\text{где } C = \frac{\sigma_m}{E_D} + \frac{L\lambda - K\mu}{\lambda^2 + \mu^2}; \quad K = \frac{\sigma_m \lambda}{E_D}; \quad L = \frac{\mu \sigma_m}{E_C} \text{ – коэффициенты.}$$

Максимальное напряжение σ_m в пятне контакта движителя с почвой равно максимальному давлению движителя на почву q_{\max} [5]. В статике величина q_{\max} определяется по ГОСТ 26953-86 «Техника сельско-

хозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву» и зависит от величины прикладываемой статической нагрузки G_{cm} на единичный колесный движитель к контурной площади пятна контакта протектора шины с опорной поверхностью.

В динамике для нахождения q_{max} необходимо знать величину мгновенного значения вертикальной нагрузки, приходящейся на ось колеса $G_d(t)$.

$G_d(t)$ определим по формуле, предложенной Р.Х. Бахтеевым [6]:

$$G_d(t) = M(g + \ddot{\xi}) = G_{cm} + \Delta G, \quad (5)$$

где M – масса, нагружающая ось колеса;

g – ускорение свободного падения;

$\ddot{\xi}$ – значение вертикального ускорения колебаний оси колеса;

ΔG – динамическая составляющая нагрузки, зависящая от $\ddot{\xi}$.

Для нахождения ΔG необходимо определить вертикальное ускорение колебаний оси колеса $\ddot{\xi}$.

Для описания рельефа полей чаще всего используются периодические функции. Пусть уравнение продольного профиля пути имеет вид:

$$y = y_{max} \sin \frac{\pi L_y}{l}, \quad (6)$$

где y_{max} – максимальная высота неровности поверхности;

l – длина волны неровности опорной поверхности;

L_y – координата неподвижной системы отсчета.

При отсутствии подвески уравнение колебаний одиночного пневмоколесного движителя в вертикальной плоскости, заданного в виде эквивалентной одномассовой колебательной системы (рис.1), при движении по опорной поверхности, заданной уравнением (6), имеет вид:

$$\ddot{\xi} + 2h_{III}\dot{\xi} + \omega_{III}^2\xi = Q_y / M = 2h_{III}\dot{y} + \omega_{III}^2y, \quad (7)$$

где $\xi, \dot{\xi}, \ddot{\xi}$ – соответственно амплитуда, скорость и ускорение вертикальных колебаний оси колеса;

$h_{III} = \frac{K_{III}}{2M}$ – коэффициент затухания вертикальных колебаний шины;

K_{III} – коэффициент демпфирования (сопротивления) шины;

$\omega_{III} = \sqrt{\frac{C_{III}}{M}}$ – частота свободных (собственных) колебаний шины;

C_{III} – коэффициент жесткости шины;

Q_y – сила, являющаяся следствием кинематического возбуждения со стороны опорной поверхности, формирующегося за счет движения движителя по неровностям (микропрофилю).

Подставив уравнение (6) в (7), получим:

$$\ddot{\xi} + 2h_{ш}\dot{\xi} + \omega_{ш}^2\xi = 2h_{ш}\lambda y_{\max} \cos \lambda t + \omega_{ш}^2 y_{\max} \sin \lambda t, \quad (8)$$

где $\lambda = \frac{2\pi}{T_\lambda} = \frac{2\pi V_k}{l}$ – частота вынужденных колебаний;

V_k – скорость движения трактора.

Общее решение дифференциального уравнения (8) вынужденных колебаний системы с одной степенью свободы в случае малого сопротивления и периодической возмущающей силы, аналогично приведенному в литературе [7, с. 57] и имеет вид:

$$\xi = e^{-h_{ш}t} (C_1 \cos nt + C_2 \sin nt) + A \cos \lambda t + B \sin \lambda t, \quad (9)$$

где $n = \sqrt{\omega_{ш}^2 - h_{ш}^2}$ – частота затухающих колебаний одномассовой системы;

A и B – постоянные коэффициенты:

$$A = -\frac{2h_{ш}\lambda^3 y_{\max}}{4h_{ш}^2\lambda^2 + (\omega_{ш}^2 - \lambda^2)}, \quad B = \frac{4h_{ш}^2\lambda^2 y_{\max} + (\omega_{ш}^2 - \lambda^2)\omega_{ш}^2 y_{\max}}{4h_{ш}^2\lambda^2 + (\omega_{ш}^2 - \lambda^2)^2};$$

C_1 и C_2 – постоянные величины, определяемые из начальных условий: при $t = 0$; $y_0 = 0$; $\dot{y}_0 = 0$, получим:

$$C_1 = -A; \quad C_2 = \frac{-Ah_{ш} - B\lambda}{n}.$$

Дифференциальное уравнение (9) можно представить в ином виде:

$$\xi = Fe^{-h_{ш}t} \sin(nt + \beta) + A_e \sin(\lambda t + \gamma), \quad (10)$$

где $A_e = \sqrt{A^2 + B^2}$ – амплитуда вынужденных колебаний;

$\beta = \arctg \frac{C_1}{C_2}$ – разность или сдвиг фаз затухающих колебаний;

$\gamma = \arctg \frac{A}{B}$ – разность или сдвиг фаз вынужденных колебаний;

$F = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ – коэффициент.

В уравнении (10) первый член представляет затухающие колебания, второй – вынужденные колебания системы, вызываемые периодической возмущающей силой, разложенные на отдельные гармоники, соответствующие гармоникам этой силы.

Из уравнения (10) найдем вертикальное ускорение колебаний оси колеса $\ddot{\xi}$:

$$\ddot{\xi} = Fh_{ш}^2 e^{-h_{ш}t} \sin(nt + \beta) - 2Fn h_{ш} e^{-h_{ш}t} \cos(nt + \beta) - Fn^2 e^{-h_{ш}t} \sin(nt + \beta) - A_e \lambda^2 \sin(\lambda t + \gamma). \quad (11)$$

С помощью приведенной методики можно определить плотность почвы (ρ_k) после прохождения движителя от действующих вертикальных вибродинамических нагрузок.

Заключение

Используя вышеизложенную методику, на стадии проектирования машины за счет совершенствования параметров ее колебательной системы, можно добиться снижения вертикальных ускорений низкочастотных колебаний, а, следовательно, уменьшить уплотняемость почв, что положительно отразится на сохранении экологии агроландшафтов.

Литература

1. Агрэкология. Методология, технология, экономика / В.А. Черников [и др.]; под общ. ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: КолосС, 2004. – 400 с.
2. *Ишлинский, А.Ю.* Механика вязкопластических и не вполне упругих тел / А.Ю. Ишлинский. – М.: Наука, 1985. – 360 с.
3. *Чигарев, Ю.В.* Способы снижения вибродинамических нагрузок, передаваемых машинно-тракторными агрегатами на почву / Ю.В. Чигарев, Н.Н. Романюк, С.П. Адамчик // Агропанорама. – 2003. – № 4. – С. 7–10.
4. *Ляхов, Г.М.* Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах / Г.М. Ляхов. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
5. *Ляско, М.И.* Методика определения удельных давлений ходовых систем на почву / М.И. Ляско, Е.В. Рубенчик, Л.Н. Кутин // Реферативный сборник / ЦНИИТЭМ. – М., 1979. – № 7. – С.6–11
6. *Бахтеев, Р.Х.* Влияние колебаний колёсного трактора на величину давлений шины на почву: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Р.Х. Бахтеев. – М., 1985. – 167 с.
7. *Яблонский, А.А.* Курс теории колебаний / А.А. Яблонский, С.С. Норейко. – М.: Высш. шк., 1966. – 256 с.

УДК 631.6

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ

А.Д. Рябцев, Ж.С. Мустафаев, С.Б. Сейсенов

(«Казгипроводхоз», г. Алматы; Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, РГП «Югводхоз», г. Шымкент, Республика Казахстан)

Важным условием перехода аграрного сектора на конкурентоспособную основу является экологическая и экономическая оптимизация всех его звеньев, в том числе орошаемого земледелия, одного из круп-