

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОГО ЛЕМЕХА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

В.С. Лахмаков, канд. техн. наук, доцент, Г.Н. Портянко, канд. техн. наук, доцент,
Н.П. Гурнович, канд. техн. наук, доцент, Г.А. Радишевский, канд. техн. наук, доцент,
Е.Г. Гронская, аспирантка, Е.Г. Артюшевская, студентка (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведена методика расчета основных параметров пассивного подкапывающего рабочего органа картофелеуборочной машины с учетом того, что сразу после лемеха устанавливается активный рабочий орган для разрушения подкапываемого пласта и частичной сепарации почвы. Определены конструктивные параметры этого рабочего органа для двухрядной машины, усилие подпора почвенного пласта, тяговое сопротивление и коэффициент полезного действия.

The design procedure of key parameters of the passive undermining worker of body of the potato-harvesting machine is given in the article taking into account that right after a ploughshare the active working body for destruction of an undermined layer and partial separation of the soil is being established. Structural parameters of this working body for a two-row machine, effort of a prop of a soil layer, traction resistance and efficiency are defined.

Введение

Подкапывающие лемеха выполняют начальную операцию в технологическом процессе картофелеуборочной машины и в значительной мере влияют на подачу клубненосного пласта на последующие рабочие органы. Известно несколько типов конструкций подкапывающих рабочих органов. Наиболее распространенными являются комбинированные лемешно-дисковые, колеблющиеся, с пассивным лемехом и боковинами и другие [1]. При использовании ротационного сепаратора почвы важным вопросом является выбор формы и параметров лемехов.

Одним из основных параметров лемеха является угол его наклона к горизонту α . Этот угол обуславливает минимальное сопротивление движению почвенного пласта, наименьшую вероятность сгруживания и высоту подъема массы.

Основная часть

Для определения оптимального значения угла α примем следующие исходные положения:

- высота расположения задней кромки лемеха постоянна: $h = \text{const}$;
- сгруживание и развал пласта подкапываемой почвы на лемехе отсутствует;
- механический коэффициент полезного действия лемеха имеет максимальное значение.

Лемех должен подкапывать почву картофельной грядки и поднимать ее на высоту h (рис. 1), достаточную для подачи на ротационный сепаратор. Высота h определяется диаметром описанных окружностей и

высотой расположения валов ротационного сепаратора, а также запасом пространства для прохода туда отсепарированной почвы h_p . Если принять величину h постоянной, то угол наклона лемеха α будет зависеть от длины лемеха L : при большем угле длина лемеха меньше, а при меньшем – больше

$$h = L \cdot \sin \alpha = \text{const}. \quad (1)$$

Работа лемеха должна производиться без сгруживания и развала почвы, так как в этом случае вместе с почвой в стороны будут падать клубни. Сгруживание почвы на лемехе зависит от сил сопротивления движению вверх по лемеху. Этими силами являются: составляющая веса почвы T , находящейся на лемехе, действующая вдоль лемеха вниз, и силы трения между почвой и лемехом F_1 – от веса почвы на лемехе и F_2 – от силы подпора почвы. Сумма этих сил должна быть меньше, чем сила подпора P почвенного пласта, действующая на пласт вдоль лемеха вверх. В противном случае почвенный пласт на лемехе будет разваливаться на стороны.

При равномерном движении лемеха на пласт почвы, находящейся на нем, действуют силы:

Q – сила веса почвенного пласта, которая раскладывается на N – нормальную к поверхности лемеха и T – действующую вдоль лемеха вниз, N ;

R – сила подпора со стороны почвы, которая раскладывается на нормальную S , действующую перпендикулярно поверхности лемеха, и P – силу подпора, действующую вдоль лемеха вверх, N .

Кроме того, действуют нормальные реакции со стороны лемеха N^1 и S^1 .

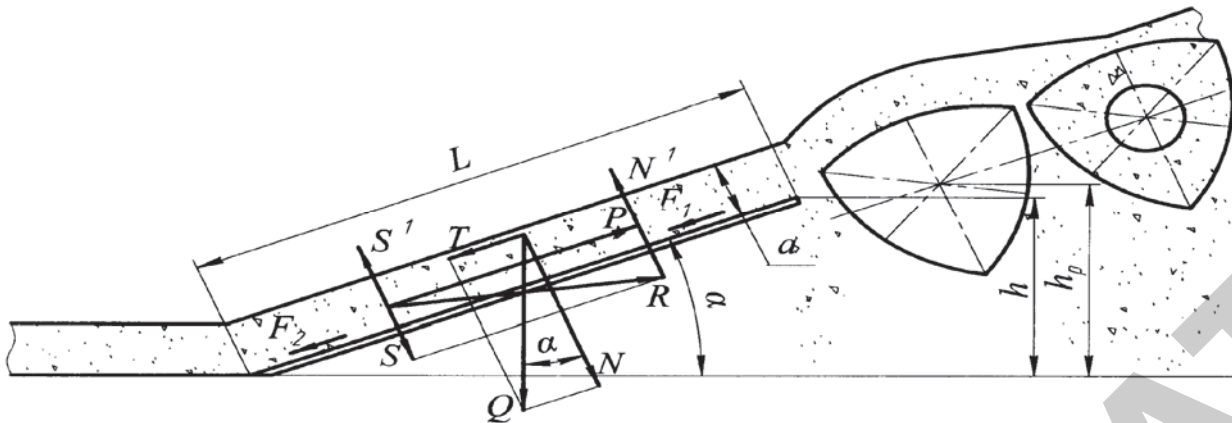


Рисунок 1 Схема сил, действующих на почвенный пласт

Силы сопротивления резанию и силы от деформации изгиба подкапываемого пласта не учитываются, так как сила сопротивления резанию существенно не влияет на оптимальные значения угла α , а силы от деформации пласта хотя и несколько уменьшают значение α_{opt} , но также не рассматриваются, поскольку их величина в почвенном пласте подкапываемой картофельной грядки невелика [2].

Силы S и N вызывают силы трения между почвенным пластом и лемехом $F_1 = N \cdot f$ и $F_2 = S \cdot f$. С уменьшением угла наклона лемеха α , при $h = const$, увеличивается длина лемеха, а, следовательно, увеличивается и масса почвы на лемехе и, соответственно, увеличиваются силы T и F_1 . С увеличением угла α увеличивается сила трения F_2 . При этом существует оптимальное значение угла, при котором сила подпора почвенного пласта P , действующая вдоль лемеха, имеет минимальное значение. В этом случае вероятность развала почвенного пласта на лемехе будет минимальная.

Для определения α_{opt} спроектируем силы, действующие на почвенный пласт, на плоскость лемеха:

$$P - N \cdot f - T - S \cdot f = 0, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения почвы о лемех;

$$S = P \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad (3)$$

$$N = Q \cdot \cos \alpha; \quad (4)$$

$$T = Q \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Выразив в уравнении (2) значения N и T через Q , из уравнения (3...5) получим

$$P = \frac{Q \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (6)$$

Вес почвенного пласта равен

$$Q = a \cdot B \cdot L \cdot \gamma = a \cdot B \cdot \frac{h \cdot \gamma}{\sin \alpha}, \quad (7)$$

где a – толщина почвенного пласта на лемехе, м;
 B – ширина почвенного пласта (ширина лемеха), м;
 γ – объемный вес почвенного пласта на лемехе, Н/м³.

Подставив выражение Q из уравнения (7) в уравнение (6), получим

$$P = a \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot \frac{f + \operatorname{tg} \alpha}{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \\ = a \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \phi)}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (8)$$

где ϕ – угол трения почвы о лемех, град.

Уравнение (8) определяет зависимость силы подпора P от угла α , причем из анализа последнего множителя, который называется коэффициентом подпора и обозначается $K = \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \phi)}{\operatorname{tg} \alpha}$, можно опре-

делить α_{opt} , при котором сила подпора P будет минимальная. Продифференцировав последний множитель уравнения (8) по α , приравняв полученное нулю и проведя преобразования, получим следующие уравнения для определения оптимального значения угла α_{opt} , соответствующего минимальному значению силы подпора

$$\operatorname{tg} \alpha_{opt} = -f + \sqrt{f^2 + 1}. \quad (9)$$

Уравнение (9) позволяет определить α_{opt} в зависимости от коэффициента трения f . Коэффициент трения почвы о металлическую поверхность находится в пределах от 0,3 до 1,0 [3].

Сила сопротивления лемеха перемещению (сила тяги лемеха) равна R и определяется по уравнению

$$R = a \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \phi)}{\sin \alpha}. \quad (10)$$

Минимальное значение силы тяги имеет место при α , близком α_{opt} . При этом, если $\alpha = \alpha_{opt}$, механический коэффициент полезного действия η лемеха (как наклонной плоскости) имеет максимальное значение, то есть расход энергии на перемещение лемеха минимальный, что видно из следующего уравнения:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Q \cdot h}{(Q \cdot \sin \alpha + Q \cdot \cos \alpha \cdot f + S \cdot f) \cdot 1} = \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \phi)} = \frac{1}{K}, \quad (11)$$

где $A_{\text{пол}}$ – полезная работа (на подъем почвенного пласта);

$A_{\text{затр}}$ – вся работа, затрачиваемая на перемещение почвенного пласта по лемеху.

Как отмечалось выше, величина силы подпора, полученная по уравнению (8), не учитывает силу динамического давления почвенного пласта на лемех. С учетом этой силы, величина подпора, которую обозначим P_n , определяется уравнением:

$$P_n = a \cdot B \cdot \gamma \cdot (h \cdot g \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha + f}{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha} + V_m^2 \cdot \frac{f \cdot \sin \alpha}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha}), \quad (12)$$

где V_m – скорость машины, м/с.

Правая часть уравнения (12) в скобках определяет силу динамического давления почвенного пласта на лемех и составляет 5...7 % от силы P_n при реальных скоростях картофелеуборочных машин 0,5...2,0 м/с (1,8...7,2 км/ч).

Определение угла наклона лемеха α по уравнению (12) не существенно его меняет по сравнению с уравнением (9). Уравнение (12) следует использовать при больших скоростях машин.

Заключение

В результате проведенных расчетов установлено, что при использовании ротационного сепаратора почвы в начале технологического процесса картофелеуборочной машины с диаметром описанной окружности паллеров $D = 180$ мм, длина лемеха должна быть не менее $L = 455$ мм, при среднем значении коэффициента трения почвенного пласта о лемех $f=0,6$ оптимальное значение угла наклона лемеха к горизонту $\alpha_{\text{опт}} = 29,5^\circ$. При этом сила подпора почвенного пласта $P = 640$ Н, тяговое сопротивление лемеха имеет минимальное значение при $\alpha_{\text{опт}} R = 690$ Н, а коэффициент полезного действия лемеха $\eta=0,31$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
2. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин / Н.В. Бышов [и др.]; под общ. ред. Н.В. Бышова. – 2005. – 284 с.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. – Т. 1. – М.: Машиностроение, 1967. – 722 с.

УДК 631.431.73:629

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 5.11.2012

К СТОХАСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЛАСТИНКИ С НАЧАЛЬНЫМ ПРОГИБОМ

А.В. Чигарев, докт. ф.-м. наук, профессор (БНТУ); Ю.В. Чигарев, докт. ф.-м. наук, профессор (БГАТУ; Западнопоморский технологический университет, Респ. Польша); И.С. Крук, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ; ИПК МЧС РБ); А.С. Воробей, научн. сотр. (РУП «НПЦ НАН Б по механизации сельского хозяйства»); А.В. Мучинский, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы стохастизации колебаний пластин, входящих в конструкции сельскохозяйственных машин. В случае выполнения критерия стохастичности, определена устойчивость колебаний пластины в среднем квадратичном.

The article deals with the issues of stochasticity of vibrations of plates that are parts of constructions of agricultural machinery. Stability of vibrations of plate in average quadric is defined on condition that the criterion of stochasticity is observed.

Введение

Сельскохозяйственные машины и орудия содержат в своих конструкциях множество пластин и оболочек, которые на своих границах имеют различные связи с другими элементами машины. Через эти элементы или непосредственно на пластину передается нагрузка, которая может быть статическая или динамическая. Нагрузка, как и материал пластины, влияет на ее прочность и устойчивость. Исследованию задач,

связанных с определением параметров изгиба и устойчивости пластин и оболочек, посвящена монография [1]. Основам теории устойчивости пластин и оболочек посвящены работы [2-4] и др. Несмотря на большое количество работ в этом направлении, существует еще множество нерешенных задач, в том числе и подходов, требующих дополнительных уточнений. Это связано в основном с задачами устойчивости динамического движения (колебаний) пластин и оболочек