

**УДК 631.358/358**

**ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРИРУЮЩЕГО  
ЛЕМЕХА КОПАТЕЛЯ ПРИ СРЕЗЕ ПЛАСТА**

**Пайзиев Гайбулла Кадирович, доцент.**

*Наманганский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан*

**Нуриддинов Акмалжон Давлаталиевич, доцент.**

*Наманганский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан*

**STUDY OF ENERGY EFFICIENCY OF VIBRATING PLOUGHSHARE  
OF DIGGER WHEN CUTTING SEAM**

**Paiziev Gaybulla Kadirovich, Associate Professor**

*Namangan State Technical University, Republic of Uzbekistan*

**Nuriddinov Akmaljon Davlatalievich, Associate Professor**

*Namangan State Technical University, Republic of Uzbekistan*

**Аннотация:** В статье рассматривается вопрос применения вибрационного лемеха копателя в картофелеуборочных машинах с целью перемещение лемеху вынужденных колебаний, которое позволяет снизить тяговое усилие за счет разделения во времени процессов среза, подъема и деформации почвенного пласта, а также за счет восприятия приводом некоторой части сопротивлений, преодолеваемых лемехом. Использование вибрационного лемеха копателя для подкапывания почвы целесообразно и с точки зрения лучшего энергетического использования трактора.

**Abstract:** The article discusses the issue of using a vibrating ploughshare in potato harvesters with the aim of moving the ploughshare under forced vibrations, which allows reducing the traction force by separating the processes of cutting, lifting and deformation of the soil layer in time, as well as by

*perceiving some of the resistance overcome by the ploughshare by the drive. Using a vibrating ploughshare for digging up the soil is also advisable from the point of view of better energy use of the tractor.*

**Ключевые слово:** лемех вибрационный, клубни картофеля, элеватор, консольная балка, сепарирующая решетка, маятник, вибрация, движения, деформация, почвы, прутки, гибкость.

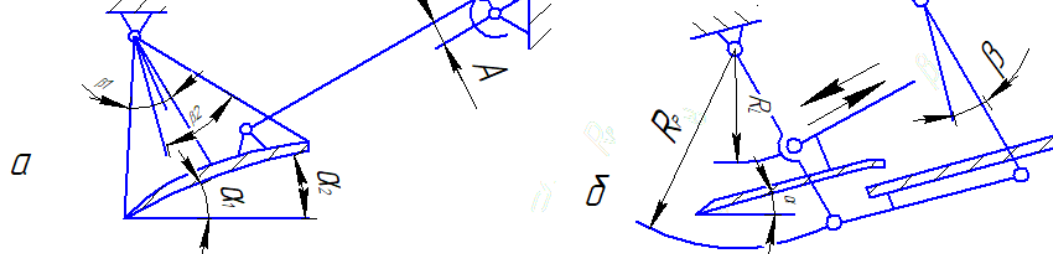
**Key words:** vibrating ploughshare, potato tubers, elevator, cantilever beam, separating grate, pendulum, vibration, movements, deformation, soil, rods, flexibility.

Лемеха вибрационные нашли широкое применение в грохотных машинах для уборки картофеля, корнеплодов и лука: КГП-2, КВН-2, КГ-2, ККУ-2, ККГ-1,4, ЛКГ-1,4 и ЛКП-1,8. Роль лемеха в этом случае выполняет передняя кромка грохота [1].

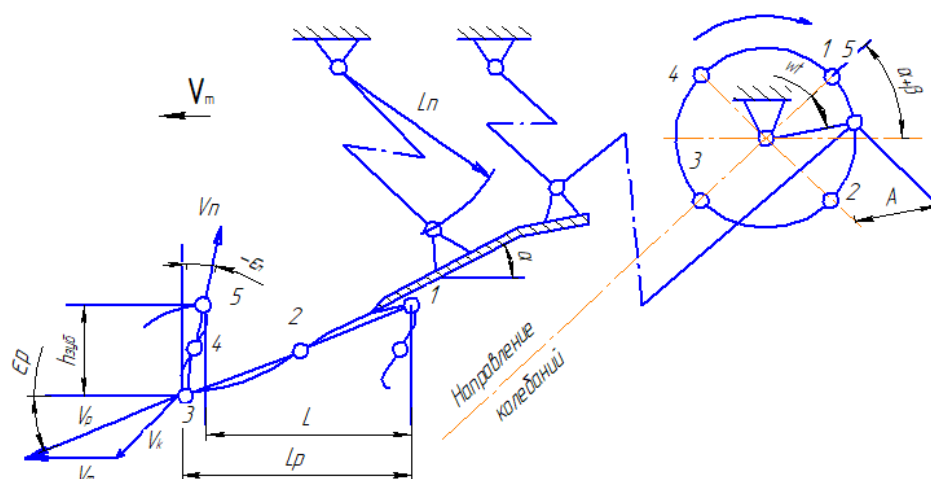
Лемеха вибрационного типа применяется и в машинах элеваторного типа. В этом случае он обычно имеет жесткое соединение с подвеской и шарнирное - с шатуном (рис. 1). Такое выполнение предопределяет особый закон относительного перемещения в вибрационном движении: не плоскопараллельное (как у лемеха, связанного с колеблющимся решетом), а маятниковое по круговой траектории. При этом разные точки лемеха и связанной с ним сепарирующей решетки перемещаются по различным траекториям, что затрудняет возможность их оптимизации и снижает транспортирующую способность.

Наибольшая скорость транспортирования пласта по поверхности лемеха обеспечивается при расположении направления колебаний к плоскости лемеха "под углом"  $\beta_{opt}=13-15^{\circ}$ . У маятникового лемеха режущая кромка колеблется под углом  $\beta_2 < \beta_{opt}$ , а концы сепарирующей решетки - под углом  $\beta_2 > \beta_{opt}$  (рис. 1, а).

The diagrams show a horizontal beam of length  $l$ . The left end is labeled  $x=0$  and the right end is labeled  $x=l$ . The first diagram shows a point load  $W$  acting downwards at the center of the beam. The second diagram shows a uniformly distributed load acting downwards along the entire length of the beam, represented by a series of diagonal lines above the beam.



В грохотных машинах, лемеха вибрационные (рис. 2) совершает колебания по дуге радиусом, равным длине подвески  $l_n$ . Учитывая, что радиус кривошипа (амплитуда)  $A$  значительно меньше длины подвесок, а отношение  $A/l_n$  близко к нулю, возвратно-поступательное движение лемеха принимают прямолинейным, направленным под углом  $\beta$  к горизонтальной плоскости.



В процессе работы абсолютная скорость лемеха складывается из поступательной скорости машины  $V_M$  и скорости вибрационного движения самого лемеха  $\omega A$ . В результате сложения этих скоростей в абсолютном движении лемех описывает пилообразную траекторию. Форма и размеры траектории зависят от амплитуды, частоты и направления колебаний, а также от скорости поступательного движения лемеха и определяются высотой зубцов  $h_{зуб} = 2A \sin(\alpha + \beta)$  и длиной пути лемеха за один период колебания

$$L = V_M t_{кол} = \left(\frac{2\pi}{\omega}\right) V_M$$

Процесс подкапывания почвенного пласта вибрирующим лемехом можно разделить на две периодически повторяющиеся фазы: резания, когда направление перемещения лемеха при вибрирующем движении совпадает с направлением перемещений в переносном движении [3-7], и подбрасывания, когда эти перемещения противоположны друг другу.

В фазе резания (рис. 2) лемех перемещается из точки 1 в точку 3, при этом в интервале между точками 1-2 скорость его возрастает, а между точками 2-3 уменьшается.

Значения сопротивлений и характер деформации почвы в фазе резания определяются значениями угла резания (крошения). Для пассивного лемеха этот угол, как правило, является углом его наклона, для вибрирующего - угол резания зависит как от угла наклона, так и от режима работы и определяется соотношением [8-9]

$$\alpha_p = \alpha - \varepsilon_p,$$

где  $\alpha$  - угол наклона лемеха;

$\varepsilon_p$  - угол между направлением движения лемеха в фазе резания и горизонталью.

Угол  $\varepsilon_p$  не является постоянным и в каждый момент определяется отношением составляющих абсолютной скорости лемеха  $v_p$  в фазе резания: вертикальной  $V_{p,в} = \omega A \sin \omega t \cdot \sin(\alpha + \beta)$  к горизонтальной

$$V_{p \cdot \varepsilon} = V_M + \omega A \sin \omega t \cdot \sin (\alpha + \beta)$$

$V_{p \cdot \Gamma} = V_M + \omega A \sin \omega t \cdot \cos(\alpha + \beta)$ , т.е.  $tg \varepsilon_p = V_{p \cdot \Gamma} / V_{p \cdot \varepsilon}$  - Однако с достаточной точностью можно считать, что в фазе резания

$$tg \varepsilon_p = \frac{2 A \sin (\alpha + \beta)}{\pi V_M + 2 \omega A \cos (\alpha + \beta)}$$

Значение угла  $\alpha_p$  оказывает существенное влияние на мощность, потребляемую вибрационным лемехом, в слой, не получая силового импульса вверх, остается в покое (рис. 4, а). В общем случае высота подъема срезаемой почвы в конце фазы резания определяется величиной

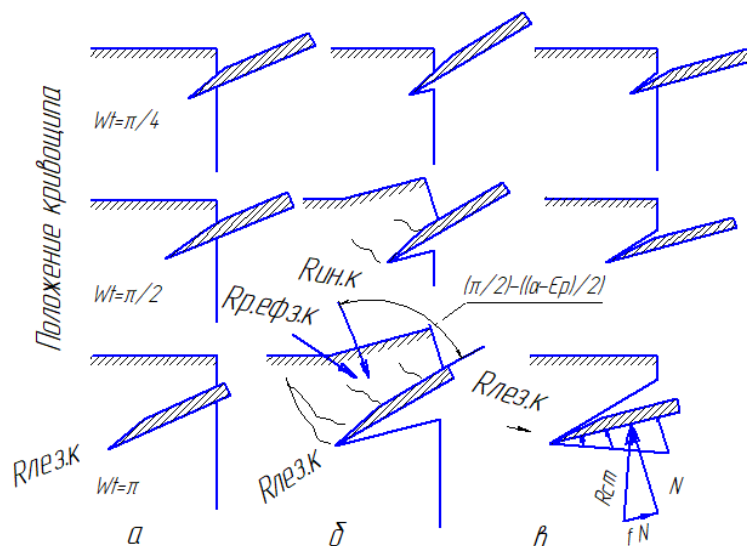
$$\Delta h = I p (tg \alpha - tg \varepsilon_p).$$

При  $\alpha = \varepsilon_p$  высота подъема пласта  $\Delta h = 0$ , т.е. срезаемый слой почвы остается в покое; сопротивление срезаемой почвы при преодолении инерции покоя в фазе резания отсутствует, а сопротивление  $R_{лез.к}$  при подкапывании почвы вибрирующим лемехом можно принять равным произведению площади сечения лемеха  $F_l$  на твердость почвы  $H_n$

$$R_{лез.к} = H_n F_l.$$

Если  $\varepsilon_p < \alpha$  (рис. 4, б), то характер деформации почвы при внедрении вибрирующего лемеха подобен деформации при работе пассивного лемеха, установленного под углом  $(\alpha - \varepsilon_p)$ . Тогда в фазе резания лемехом преодолевается динамическое усилие, которое определяется зависимостью

$$R_{ин.к} = 2 V_p^2 b h P_{об} \sin \left[ \frac{\alpha - \varepsilon_p}{2} \right]$$



**Рис. 4. Характер деформации слоя почвы в фазе резания при подкапывании его вибрирующим лемехом: а - при  $\alpha p=0$ ; б - при  $\alpha p>0$ ; в - при  $\alpha p<0$**

В рассматриваемом случае колеблющийся лемех [10-12], как и пассивный клин, преодолевает все виды сопротивлений почвы: внедрению лезвия  $R_{\text{лез.к}}$ ; деформации  $R_{\text{деф.к}}$ ; веса пласта  $R_{\text{г.к}}$ , силы трения  $F$  и инерции покоя  $R_{\text{ин.к}}$ .

Режимы работы лемеха, отвечающие наименьшим энергозатратам, наступают при условии  $\varepsilon p = \alpha$ , т.е.  $\omega A = 1.57 V_m \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ , для лучшего

выполнения технологического процесса (крошения слоя почвы) наиболее предпочтительны режимы, при которых  $\varepsilon p < \alpha$ .

Если  $\varepsilon p > \alpha$  (рис. 4, в), то высота подъема  $\Delta h$  имеет отрицательное значение. Этому условию соответствуют режимы работы лемеха, при которых

$$\omega A > 1.57 V_m \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Такие режимы недопустимы, так как в фазе резания нижняя поверхность лемеха (затылок лезвия) уплотняет слой почвы высотой  $\Delta h$  на дне борозды [12-15]. Результатом уплотнения является возникновение

нормальных давлений на затылке-лезвия, равнодействующая которых имеет с силами трения дает результирующую силу смятия  $R_{см}$ . На значение этой силы наибольшее влияние оказывает высота сминаемого слоя почвы  $\Delta h$ , которая в свою очередь, тем больше, чем больше разница между углами  $\varepsilon_p$  и  $\alpha$ .

Сила  $R_{см}$  не только увеличивает тяговое усилие, необходимое на перемещение лемеха, но и стремится вытолкнуть лемех из почвы, то может привести в конечном счете к выглублению лемеха и к значительному увеличению вибраций рамы машины.

Учитывая изложенное, заглубление в почву вибрирующего лемеха необходимо производить лишь тогда, когда машина начинает перемещаться, т.е. будет иметь поступательную скорость  $v_m$ .

Во второй фазе - фазе подбрасывания, при перемещении лемеха из точки 3 в точку 5 (см. рис. 2) направление его абсолютного движения определяется углом подбрасывания  $\varepsilon_p$ , который также может быть принят постоянным для всей фазы и определен из соотношения:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_p = \frac{\pi V_m}{2 \omega a \sin(\alpha + \beta)} - \operatorname{ctg} \dot{\varphi}$$

Деформация почвы в фазе подбрасывания при малых значениях углов крошения характеризуется образованием глыб почвы в каждом цикле колебаний.

В начальный период происходит упругое уплотнение нижних слоев срезанной почвы, затем появляется трещина скалывания перед режущей кромкой лемеха и образуется призмовидная глыба почвы [12-15]. При последующем цикле колебания образовавшаяся глыба продолжает перемещаться вверх по поверхности лемеха, а лезвием срезается новый слой почвы.

Образуемая в процессе работы вибрирующего лемеха стружка на суглинистых и глинистых почвах при большой глубине подкапывания (15-20 см) и оптимальной влажности имеет трещины только в нижнем слое, а

при глубине 8-10 см - трещины отрыва по всей толщине слоя. При подкапывании сухой связной почвы лемехом отрываются почвенные глыбы неправильной формы за несколько циклов колебаний.

Таким образом, перемещения лемеха вынужденных колебаний позволяет снизить тяговое усилие за счет разделения во времени процессов среза, подъема и деформации почвенного пласта, а также за счет восприятия приводом некоторой части сопротивлений, преодолеваемых лемехом. Поэтому использование вибрирующего лемеха для подкапывания почвы целесообразно и с точки зрения лучшего энергетического использования трактора.

Важнейшим технологическим показателем качества работы подкапывающего рабочего органа является скорость транспортирования срезанного слоя почвы.

Испытания подтвердили высокую транспортирующую способность лемеха, обеспечивающую повышение рабочей скорости машины с 0,8...1,0 м/с (у машин грохотного типа) до 1,4 м/с и высокую эффективность сепарации почвы вибрирующей решеткой.

#### **Список литературы:**

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. – М.: Машиностроение, 1984, - 320 с.
2. Хвостов В.А., Рейнгарт Э.С. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчёт). – М.: ВИСХОМ, 1995. – 391 с.
3. Нуриддинов А. Д. и другие. Результаты экспериментальных исследований приспособления к плугу //Инновации в сельскохозяйственном машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов. – 2022. – С. 202-207.
4. Нуриддинов А. Д., Тухтабаев М. А. Выбор набора рабочих органов приспособления к плугу для обработки поверхности пашни //Экономика и социум. – 2022. – №. 10-2 (101). – С. 472-476.



5. Тухтабаев, М. А. Эффективное использование агрегатов при выращивании хлопка / Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК: сбор.науч.ст. XV Межд.науч.-практ.конф. - Минск : БГАТУ, 2023. - С. 196-200.

6. Нуриддинов А. Д. Создание приспособления к плугу для поверхностной обработки почвы //Экономика и социум. – 2024. – №. 6-2 (121). – С. 1570-1575.

7. Нуриддинов А. Д., Тухтабаев М. А. Результаты экспериментальных исследований рабочих органов приспособления к плугу //Экономика и социум. – 2022. – №. 11-2 (102). – С. 586-589.

8. Сорокин А.А. К расчету параметров колеблющегося (вибрационного) лемеха картофелеуборочной машины // Тр. ВИСХОМ, вып. 30, -М.: 1981, - 16 с.

9. Пайзиев Г.К., Файзиев Ш.Г., Кидиров А.Р. Определение толщины лопасти ботвоприжимного битера картофелеуборочных машин. //Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2020. №5(74).

10. Отаханов Б.С., Пайзиев Г.К., Хожиев Б.Р. Варианты воздействия рабочего органа ротационной машины на почвенные глыбы и комки //«Научная жизнь», - М.: 2014. №2 стр. 75-78

11. Payziev G.K. Physical and mechanical properties of potato culture. Akademiya Globe: Inderscience Research. Volume 2, Issue 8, Aug, 2021.

12. G.K. Payziyev, S.T. Kodirov, B.A. Khatamov Justification of parameters and operating modes of an elevator with combined rods. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023, 1284(1), 012028.

13. Normirzaev A. R., Ro‘Zmetov I. Q., Ismoilov M. R. Rotatsion ish organga beriladigan tik bosim kuchining uning ish ko ‘rsatkichlarga ta’siri //Строительство и образование. – 2025. – Т. 4. – №. 3. – С. 201-204.

14. Нормирзаев А. Р., Нишонов Б. М. Результаты испытаний по выбору типа роторного рыхлителя //Инновации в сельскохозяйственном

машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов. – 2022. – С. 443-447.

15. Нормирзаев А. Р., Нишонов Б. М., Валиева Г. Ф. Обоснования поперечного и продольного расстояния дискового предплужника и влияние на показатели работы плуга //Теория и практика современной науки. – 2017. – С. 84-86.