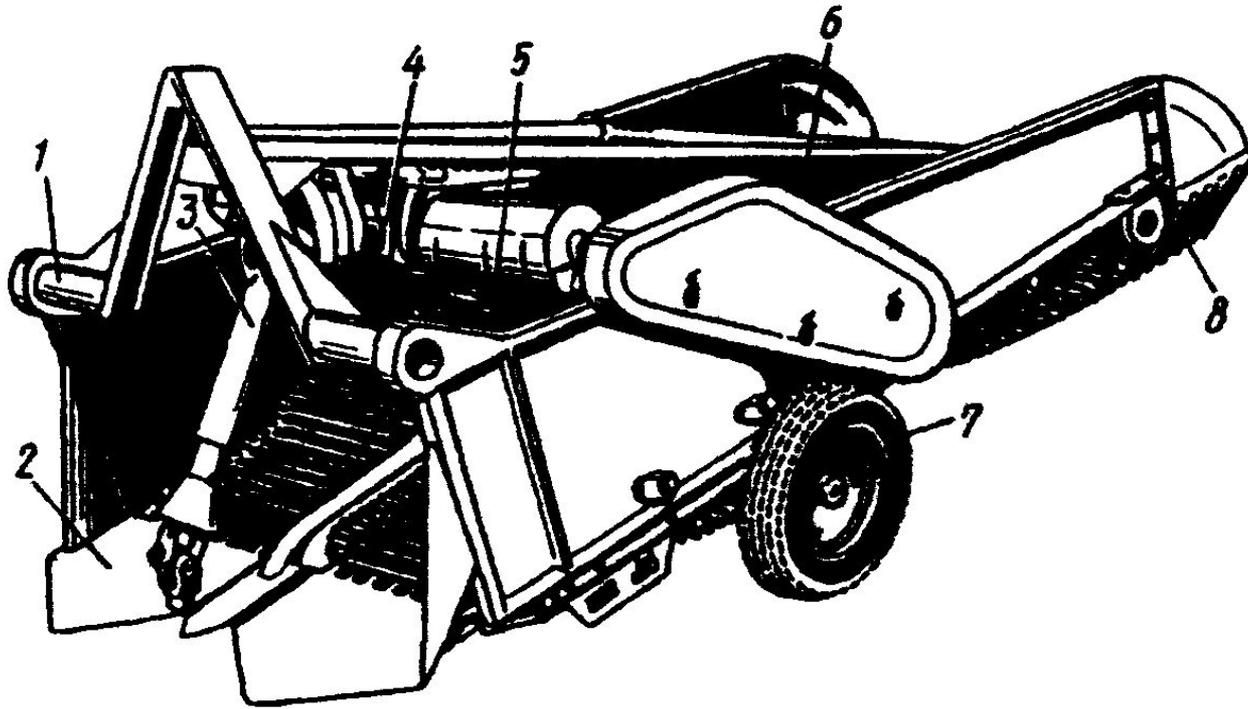


основы расчета и конструирования машин для уборки картофеля

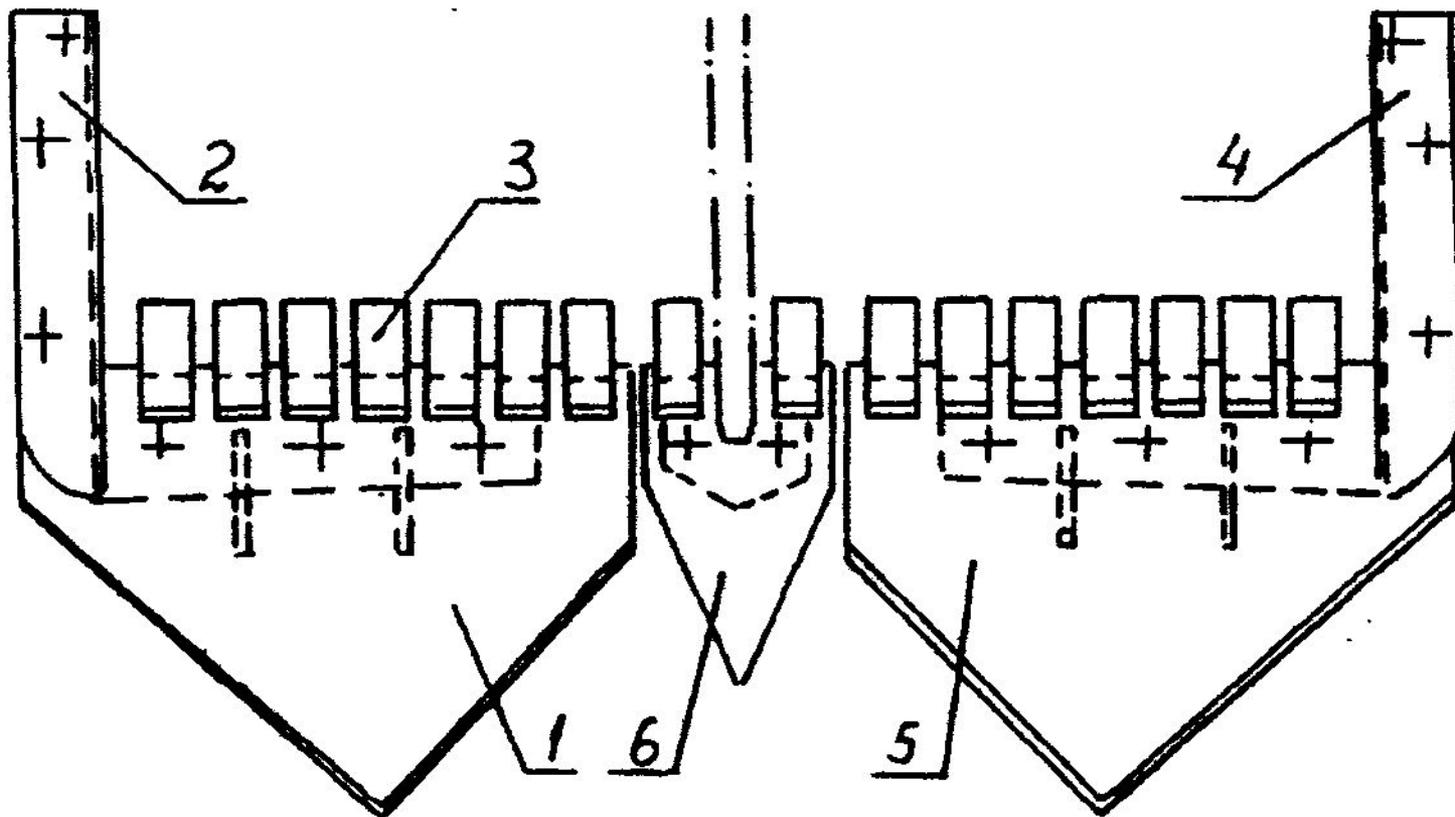
1. Расчет параметров плоского пассивного лемеха картофелекопателя
2. Расчет параметров активного колеблющегося лемеха картофелеуборочных машин
3. Особенности и принципы процесса сепарации подкопанного клубненосного пласта . Расчет основных параметров пруткового элеватора.
4. Основное преимущество грохотов картофелеуборочных машин перед прутковым элеватором. Расчет основных параметров колеблющегося грохота. Загрузка сепарирующих рабочих органов
5. Устройства для разрушения комков почвы , отрыва клубней и удаление примесей . Расчёт параметров комкодавителей. Условие отрыва клубней от ботвы в зазоре редкопруткового прижимного транспортёра

Подкапывающие устройства предназначены для выкапывания и разрыхления клубненосного слоя, его подъема и подачи на последующие сепарирующие рабочие органы (рис.1). Они должны обеспечить захват всех клубней (допускаются потери не более 2 %) с минимальной подачей примесей, не травмировать клубни и интенсивно разрыхлять пласт. В корнеклубнеуборочных машинах применяют пассивные, активные и комбинированные подкапывающие устройства (рис. 2;3).



1-рама; 2-лемеха; 3-пердача карданная; 4-редуктор; 5-элеватор основной; 6-элеватор каскадный; 7-колесо опорное; 8-отражатели

Рисунок 4. - Картофелеуборочный копатель КТН-2Б

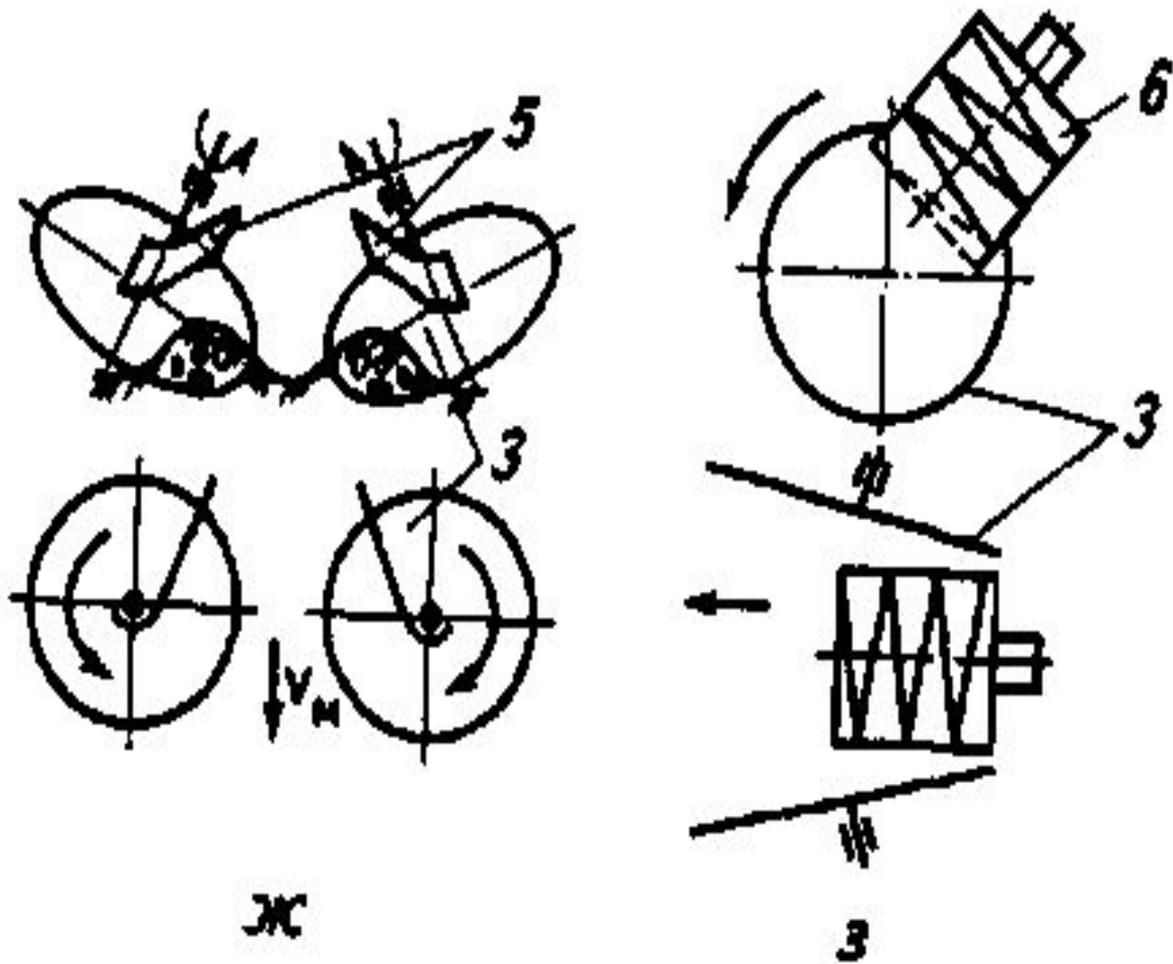


1- лемех правый; 2 - кронштейн правый; 3 - клапан; 4 - кронштейн левый; 5 - лемех левый; 6 - лемех средний ;

Рисунок 2. – Общий вид пассивных лемехов

Активные выкапывающие устройства бывают лемешными (рис. 28.6 б, е, и) и дисковыми (рис. 27.6 в, ж). Лемехи активного выкапывающего устройства соединяют с рамой машины шарнирно, сообщая им колебательное движение, при котором повышаются динамические нагрузки на узлы машины. Колеблющиеся лемеха менее энергоемки по сравнению с пассивными и реже забиваются растительными остатками. Диски 3 применяют вместе со шнеками 6 или битерами, которые дополнительно рыхлят и выбивают пласт в случае заклинивания между дисками, частично отрывая клубни от столонов. Диски вращаются от воздействия почвы, или их делают с принудительным приводом.

Комбинированные выкапывающие устройства включают движущиеся и неподвижные элементы. В картофелеуборочных комбайнах применяют неподвижные лемеха **1** с колеблющимися боковинами **4**, а также вращающиеся диски **3** с неподвижными отвалами **5**. Комбинированные лемеха также, как и активные, менее энергоемки, интенсивно рыхлят пласт и чище убирают клубни.



3 – диски; 5-отвалы; 6 – шнек
 Рисунок 3.- Схема дисковых
 подкапывающих устройств

Основными параметрами плоского пассивного лемеха (рис. 4), помимо угла скоса лезвия α , служат: угол наклона рабочей грани к горизонту β ; длина лемеха L ; ширина лемеха B ; высота расположения заднего обреза лемеха H . Последние три параметра связаны зависимостью

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} \quad (1)$$

Опытным путем установлено, что чем больше α , тем лучше самоочистка лезвия от ботвы и рабочей поверхности от налипшей почвы, но тем больше и тяговое сопротивление

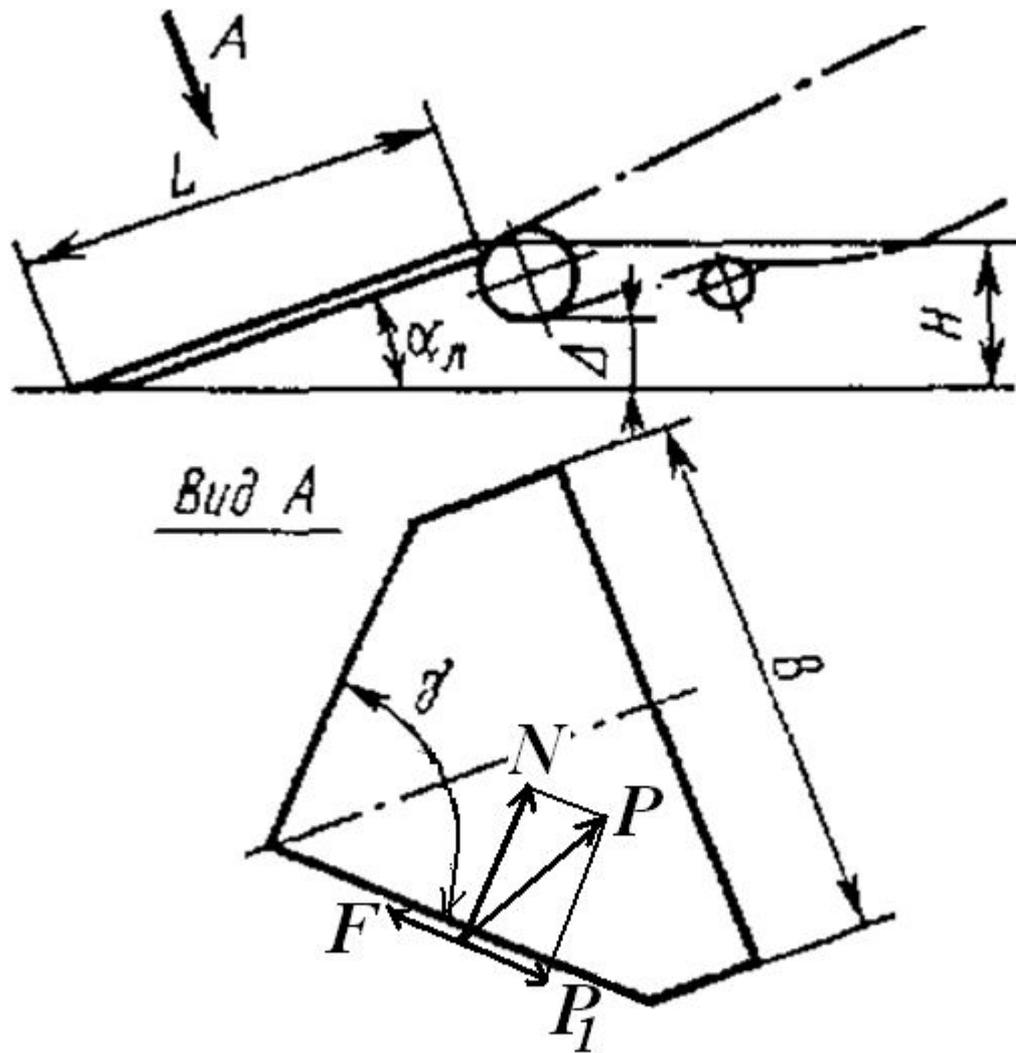


Рисунок 4.- Схема к расчету параметров плоского пассивного лемеха

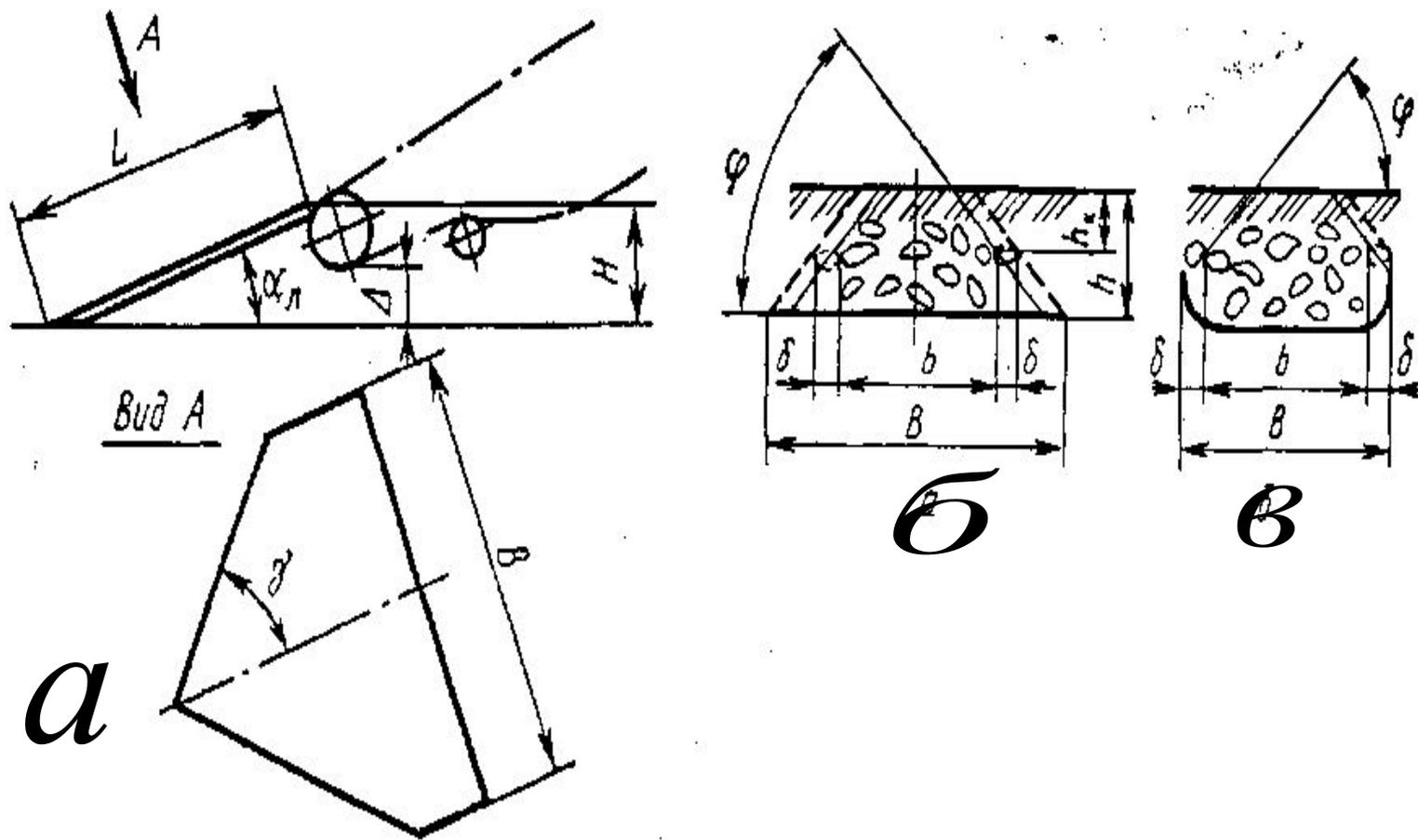


Рисунок 5.- Схема к расчету параметров плоского пассивного лемеха

РАСЧЕТ ШИРИНЫ ПЛОСКОГО ЛЕМЕХА
со сгуживанием почвы перед лемехом. В конструкциях лемехов принимают $15...20^\circ$.

Высоту H выбирают такой, чтобы обеспечить плавный переход пласта почвы с лемеха на соседний рабочий орган машины — элеватор ($H=80 \dots 90$ мм).

Ширину плоского лемеха (рис. 4) определяют по формуле (по данным Е. С. Босого)

$$B = b + 2\delta + 2(h - h_K) \operatorname{ctg} \varphi, \quad (2)$$

где b — ширина залегания клубней в гнезде (240...300 мм);

δ — смещение оси рядка относительно оси межа из-за отклонения центра гнезд кустов от средней линии рядка и неточности ведения уборочного агрегата по рядкам (30...50 мм);

h — глубина подкапывания (170...220 при уборке окученных рядков и 130... 170 мм — не окученных);

h_k — глубина залегания крайних клубней по ширине гнезда (60... 100 мм);

φ — угол естественного откоса почвы (46...50°).

Ввиду того, что передвижение пласта по лемеху сильно затрудняется растительностью, обволакивающей лезвия, с целью самоочистки угол раствора лезвий лемеха подбирают так, чтобы нависающие на лезвие сорняки и ботва могли сползать в сторону.

Усилие P от действия растительности на лезвие лемеха при его движении разлагаем на касательное P_1 и нормальное N .

$$P_1 = P \cos \frac{\gamma}{2}; N = P \sin \frac{\gamma}{2} \quad (2)$$

Возникающая от действия силы N сила трения F направлена в сторону, противоположную силе P_1 . Движение ботвы и сорняков по лезвию возможно лишь, когда $P_1 > F$ или

$$P \cos \frac{\gamma}{2} > P f \sin \frac{\gamma}{2}; \quad (3)$$

Из выражения (3) получим $f < \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$ (4)

Так как коэффициент трения $f = \operatorname{tg} \varphi$ (— угол трения),

$$\operatorname{tg} \varphi < \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \quad \text{или} \quad (5)$$

УСЛОВИЯ САМООЧИЩЕНИЯ

ЛЕВМЕХА
Угол трения ботвы по стали $\varphi =$

57°. Следовательно,

$$\varphi < 90^{\circ} - \frac{\gamma}{2} \quad (6)$$

$$57^{\circ} < 90^{\circ} - \frac{\gamma}{2}; \quad \frac{\gamma}{2} < 33^{\circ} \quad (7)$$

Однако вместо $\gamma < 66^{\circ}$ в существующих
конструкциях машин принимают $\gamma = 80^{\circ}$

и более в ущерб самоочищению. Так как с уменьшением α возрастает длина лемеха, что отрицательно влияет на сползание α пласта по его поверхности. Угол α пассивных лемехов в существующих конструкциях картофелеуборочных машин принимается в пределах $80 \dots 100^\circ$.

Секционные лемеха допускают меньшие значения угла α при заданной длине, которые часть почвы сепарируют при подачи пласта на основной элеватор

Пассивный лемех при движении вперед преодолевает усилие сопротивления резанию почвы P_p и усилие сопротивления движению лемеха от массы пласта $P_{пл}$, находящегося на рабочем органе (трение, подъем, деформация).
Полное тяговое сопротивление

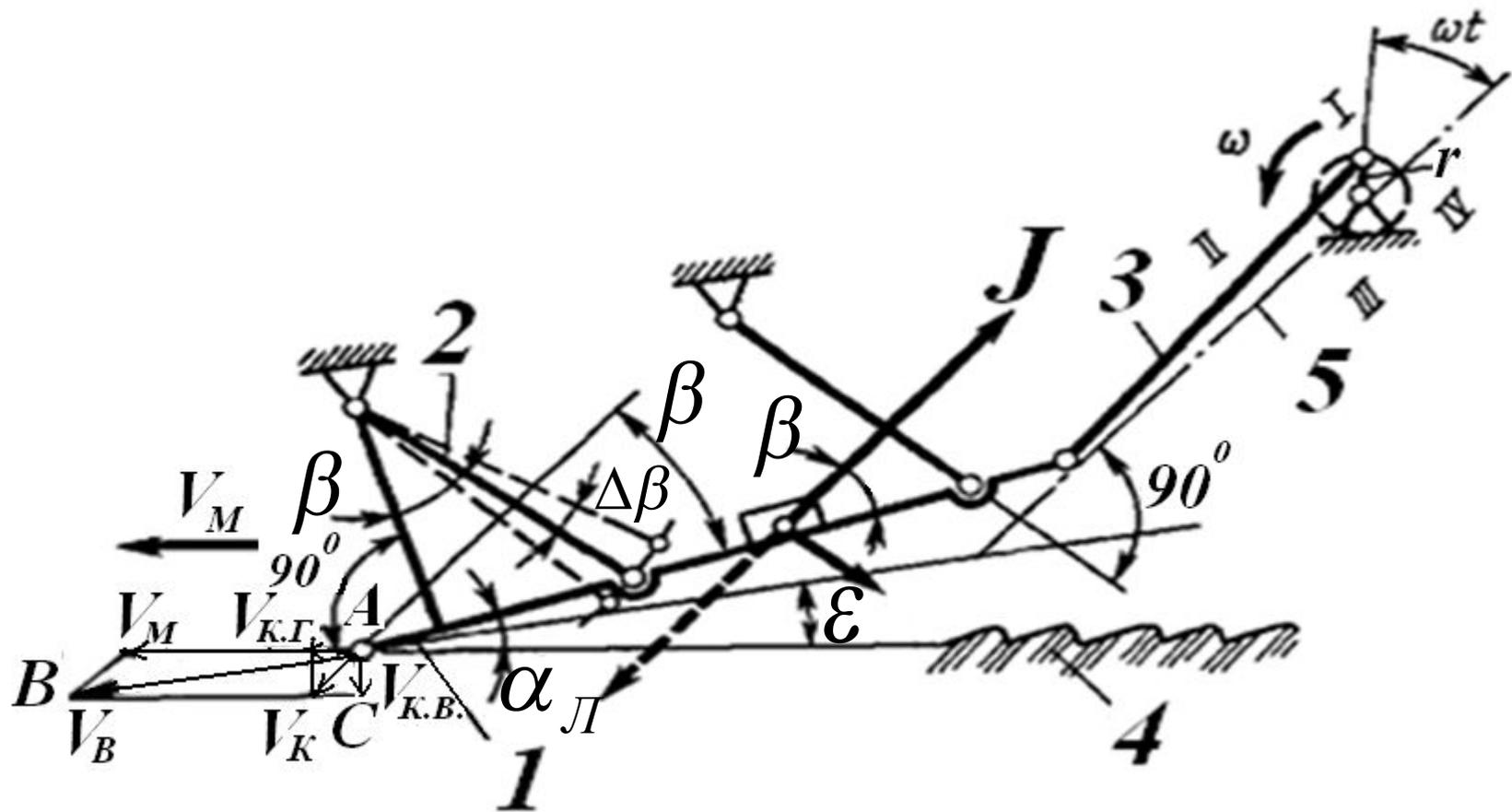
$$P = P_p + P_{пл} \quad (8)$$

2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБЛЮЩИЕСЯ

ЛЕМЕХА

Основным преимуществом колеблющегося лемеха является пониженное тяговое сопротивление, что обуславливается, во –первых, уменьшением угла резания и, во вторых, устранением сопротивления от трения скольжения подкопанного пласта по лемеху путем подбрасывания его в момент резания. При этом рассуждение идет следующим образом. (Изложенная ниже теория колеблющегося лемеха разработана А. А. Сорокиным — ВИСХОМ).

Активные и комбинированные лемеха могут смещаться (колебаться или вращаться) относительно машины. Траектория их точек складывается из движения картофелеуборочной машины и движения рабочего органа относительно рамы. Колеблющийся лемех представляет собой лезвие 1 (рис. 1), жестко закрепленное к раме. Последняя зафиксирована на четырех подвесках 2 и приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом. Подкапывание пласта почвы лемехом — это сложный процесс,



1 — лезвие; 2 — подвеска; 3 — кривошипно-шатунный механизм; 4 — профиль ложа подкопанной грядки; 5 — линия качения: I—IV — квадранты

Рисунок 1.- Схема к расчету активного лемеха:

который состоит из двух периодически повторяющихся простых движений: резания пласта почвы (направление движения машины

совпадает с направлением движения лезвия лемеха) и его подбрасывания (направления указанных движений противоположны друг другу).

Тяговое сопротивление лемеха в значительной степени зависит от значений параметров его колебаний. Теоретическое рассмотрение работы этого органа основывается на том, что движение вперед и резание почвы осуществляются тогда,

РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ УДАРОВ ПЛАСТА О ЛЕМЕХ
Когда пласт почвы, находящийся на лемехе, будучи подброшенным вверх, находится в воздухе и не оказывает давления на лемех. Тогда $R_{пл}=0$, а тяговое сопротивление по зависимости (8) $P=P_p$.

Если же значения параметров колебания органа не обеспечат указанного условия работы, то тяговое сопротивление возрастет вместо уменьшения. В этом случае оно будет равно

$$P = P_p + P_{пл} + P_{УДАР}, \quad (1)$$

УСЛОВИЕ СНИЖЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АКТИВНОГО ЛЕМЕХА

где R_P - усилие сопротивления резанию почвы, Н;

$R_{ПЛ}$ - усилие сопротивления движению лемеха от веса пласта, находящегося на лемехе (трение, подъем и деформация), Н;

$R_{УДАР}$ - сопротивление от ударов пласта о лемех, Н

Следует иметь в виду, что **снижение тягового сопротивления лемехов** по сравнению с пассивными будет выполняться **лишь при условии**

$$\alpha_L \leq \alpha_{\text{крит}} \quad (2)$$

РАСЧЕТ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕЗВИЯ АКТИВНОГО ЛЕМЕХА

ε — переменный угол наклона скорости V_A перемещения лезвия (точки A) к горизонту Ox ; φ — угол наклона лезвия к горизонту.

Скорость перемещения лезвия лемеха \bar{V}_A представляет собой векторную величину

$$\bar{V}_A = \bar{V}_M + \bar{V}_K, \quad (3)$$

где \bar{V}_M — скорость движения картофелеуборочной машины; \bar{V}_K — скорость колебаний лемеха (направлена под углом φ к горизонту) и равна

$$V_k = \omega r \sin \omega t$$

При движении кривошипа в I и II квадрантах, когда происходит преимущественно резание, скорость V_k направлена вперед (по ходу машины) и вниз, а при $\omega t = \pi \dots 2\pi$ — назад и вверх.

Если же угол, $\epsilon > \alpha$, то лемех будет вдавливаться в почву. В результате этого возникнут дополнительные силы, приводящие к возрастанию тягового сопротивления колеблющегося лемеха и увеличению крутящего момента, и поломкам лемеха.

Определим этот угол из треугольника ABC , т. е.

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{AC}{BC} = \frac{V_{K.B}}{(V_M + V_{K.Г})}, \quad (4)$$

$V_{K.B.}$ — вертикальная составляющая скорости колебания лемеха;

$V_{K.Г.}$ - горизонтальная составляющая скорости колебания лемеха:

Тогда эти скорости лемеха рассчитываются из выражений

РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ СКОРОСТЕЙ ЛЕМЕХА

$$V_{K.B.} = V_K \sin(\alpha_L + \beta) = \quad (5)$$

$$= \omega r \sin(\alpha_L + \beta) \sin \omega t$$

$$V_{K.G.} = V_K \cos(\alpha_L + \beta) =$$

$$= \omega r \cos(\alpha_L + \beta) \sin \omega t \quad (6)$$

При значении $\omega t = \pi / 2$ переменный угол ϵ равен максимальному значению $\epsilon = 10 \dots 15^\circ$;
 $\epsilon = 20^\circ$

Второе условие понижения тягового сопротивления колеблющегося лемеха по сравнению с пассивным заключается в подбрасывании пласта в момент подрезания. Подбрасывание частиц почвы, лежащих на колеблющемся лемехе, будет происходить по действием силы инерции J (рис.2), когда она направлена вверх от поверхности лемеха при условии

$$J_1 \geq G_1 \quad (7)$$
 где J_1 и G_1 - нормальные к поверхности лемеха составляющие силы инерции J и веса частицы G .

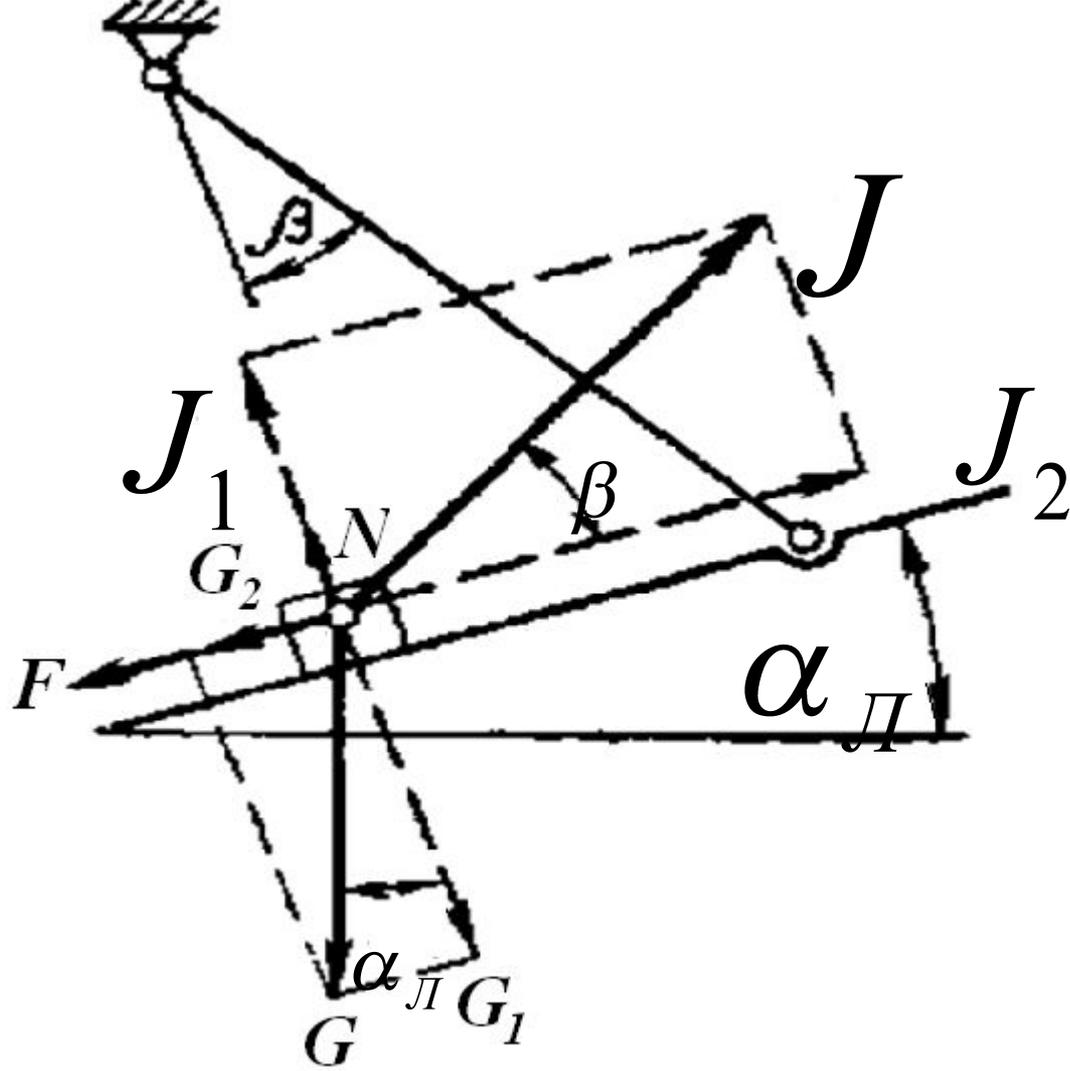


Рисунок 2 .- Схема сил , действующие на частицу почвы , лежащую на поверхности колеблющегося лемеха

линии , перпендикулярной подвеске, но имеет переменное значение и направлена вверх при положении кривошипа в 1 и 4 квадрантах и вниз , когда кривошип движется во 2 и 3 квадрантах. Величина силы инерции равна

$$J = m \omega^2 r \cos \omega t \quad (8)$$

где m - масса пластины, лежащей на лемехе;

ω -угловая скорость кривошипа;

ωt -текущий угол поворота кривошипа

Из рис.2 с учетом выражения (8) определим составляющие силы J_1 и G_1

$$J_1 = J \sin \beta = m \omega^2 r \sin \beta \cos \omega t; \quad (9)$$

$$G_1 = G \cos \alpha_{\text{Л}} = mg \cos \alpha_{\text{Л}} \quad (10)$$

Подставляя значения сил J_1 и G_1 в выражение

(8) получим

$$m \omega^2 r \sin \beta \cos \omega t \geq mg \cos \alpha_{\text{Л}} \quad (11)$$

Откуда можно рассчитать общее условие отрыва пласта от поверхности лемеха

$$\omega^2 r \geq \frac{g \cos \alpha_{\text{л}}}{(\sin \beta \cos \omega t)} \quad (12)$$

Исследованиями установлено, что момент отрыва пласта от поверхности лемеха происходит в 3 квадранте на участке траектории между точками 6 и 8 (рис.3). Фаза свободного полета для данного участка траектории ωt_2 равна $(0,3 \dots 0,48) \cdot \pi$.

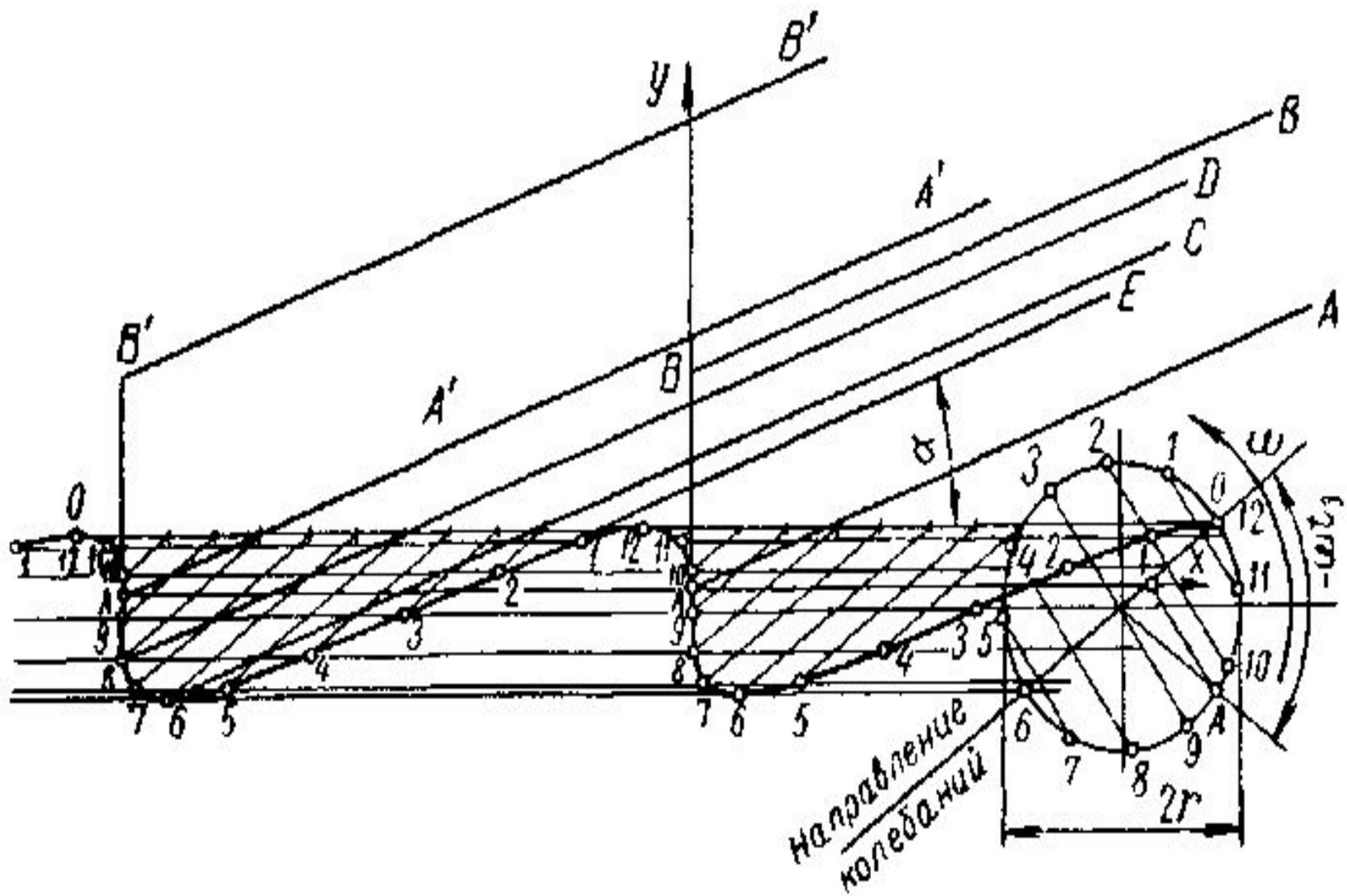


Рисунок 3.- Траектория движения лемеха

Допустимый диапазон колебаний
величины находится в пределах ωt

$$1,3\pi < \omega t < 1,7\pi \quad (13)$$

Приняв значения $\alpha_{\text{показ}} = 20^\circ$, $\varepsilon = 12,5^\circ$, получим
показателя кинематического
режима

$$\frac{\omega^2 r}{g}, \text{ который лежит в пределах}$$
$$7,4 < \frac{\omega^2 r}{g} < 11,3 \quad (14)$$

При других значениях α , ε
и r допустимый диапазон
колебаний лемеха
определяется из соотношения

$$1,7 \frac{\cos \alpha}{\sin \varepsilon} < \frac{\omega^2 r}{g} < 2,6 \frac{\cos \alpha}{\sin \varepsilon} \quad (15)$$

В грохотных
картофелеуборочных машинах
амплитуда колебания
составляет 26мм, а допустимый
диапазон изменения колебаний
лемеха составляет

$$507 < n < 625 \text{ кол./мин}$$

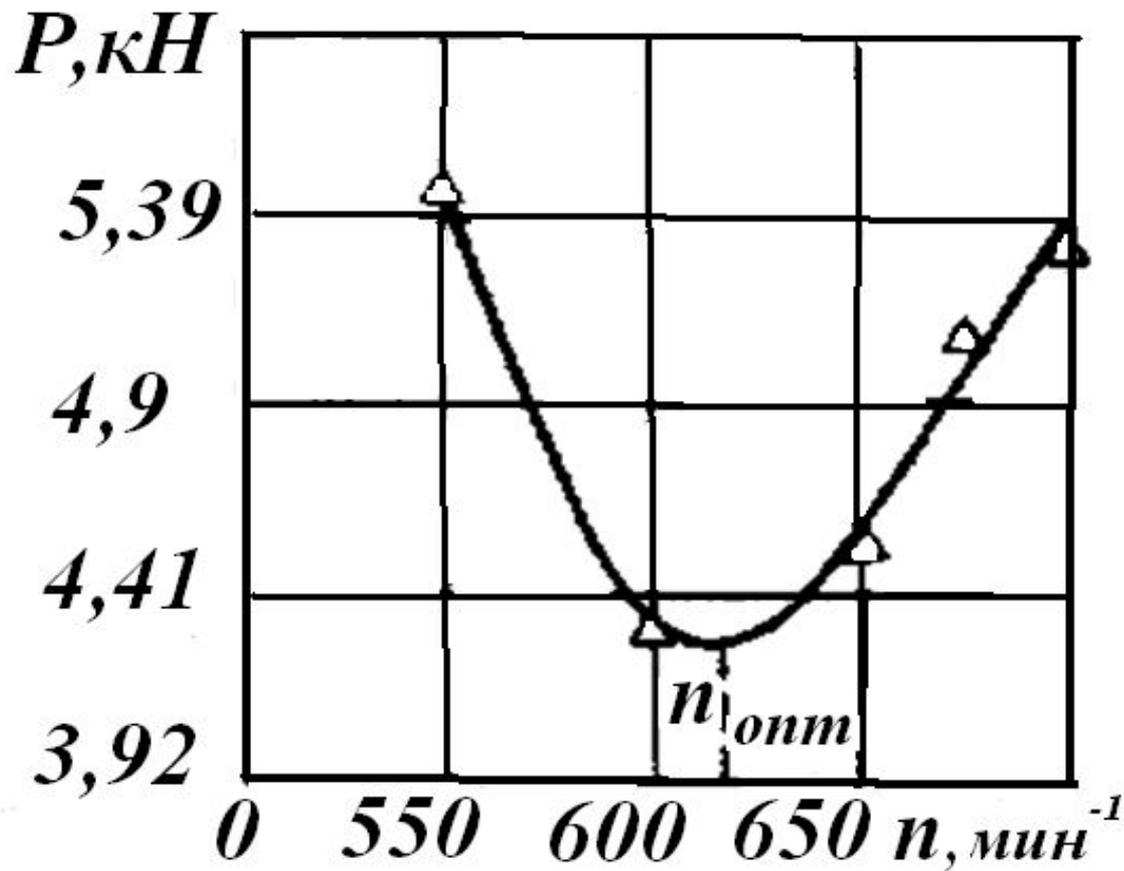


Рисунок 4.- Зависимость тягового сопротивления P от частоты n колебаний лемеха (по данным ЦМИСа)

3. ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ПОДКОПАННОГО КЛУБНЕНОСНОГО ПЛАСТА. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРУТКОВОГО ЭЛЕВАТОРА

Сепарирующие рабочие органы предназначены для разрушения подкопанного лемехом пласта, отделения клубней картофеля от почвы и примесей, и для передачи на последующие рабочие органы машины. К ним относятся прутковые элеваторы, грохоты и специальные рабочие органы для отделения ботвы, камней, прочных почвенных комков и почвы при повышенной влажности (пластичной).

Прутковые элеваторы получили широкое распространение в картофелеуборочных машинах вследствие простоты конструкции и возможности подъема и транспортирования пласта под углом 20° и более.

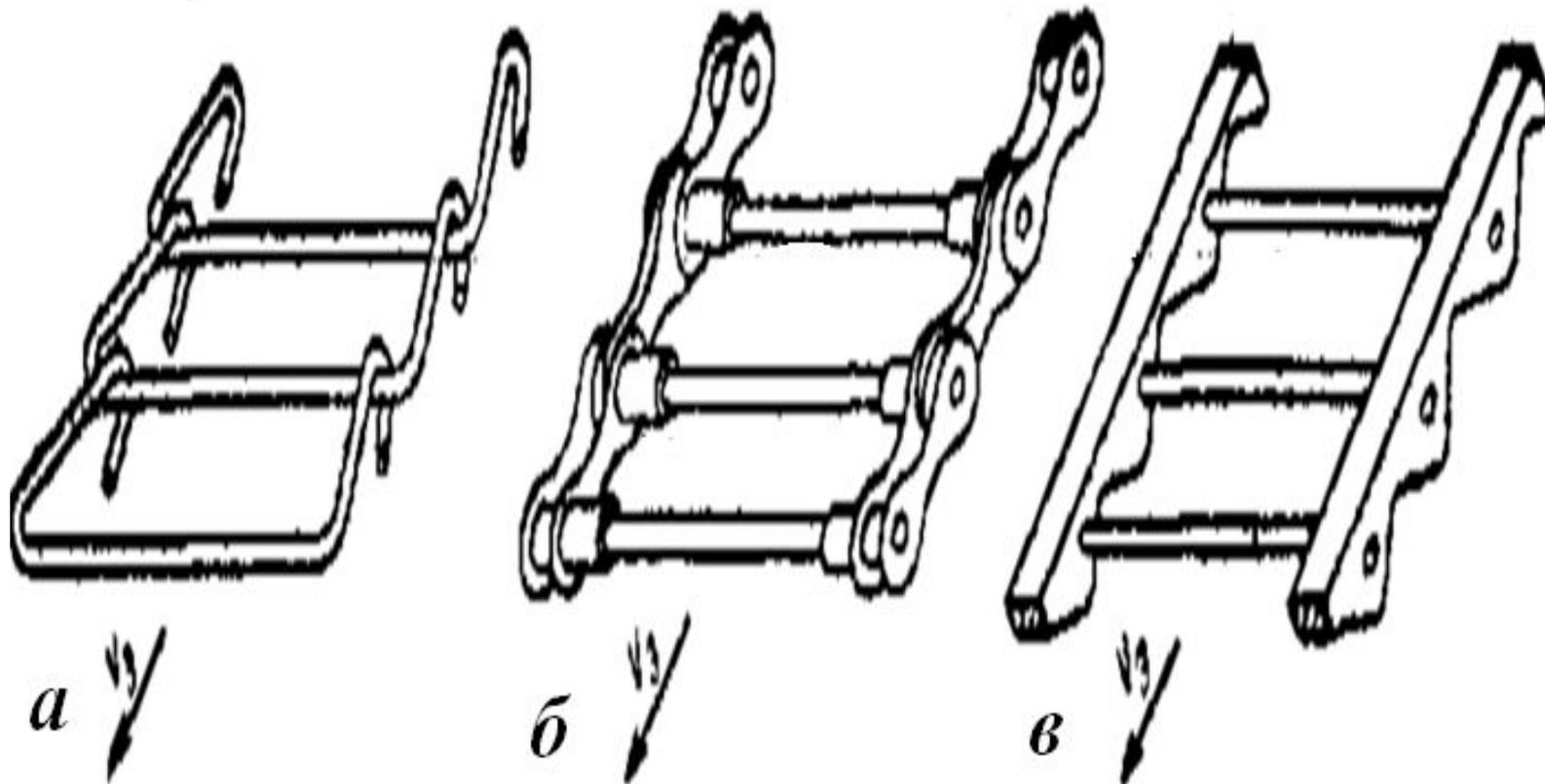
Для устранения сгуживания подкапываемого пласта и возможности сепарирования в тонком слое скорость элеватора должна быть в 1,3—1,6 раза больше скорости движения машины. Интенсивность просеивания и процесс разрушения комков усиливаются при встряхивании рабочей ветви эллиптическими звездочками.

Принцип работы прутковых элеваторов и грохотов основан на разделении сепарируемой массы по геометрическим размерам.

Почвенные частицы, размеры которых меньше размеров клубней, просеиваются, а на рабочей поверхности остаются клубни и почвенные комки с примесями, размеры которых равны или больше размеров клубней.

Прутковый элеватор

представляет собой транспортер, полотно которого состоит из поперечных прутков, шарнирно соединенных друг с другом по краям на определенном расстоянии. Наиболее простое соединение прутков — крючковое (рис. 1, **a**), однако прутки в местах контакта друг с другом очень быстро изнашиваются, особенно в условиях песчаной почвы.



**сепарирующих элеваторов
картофелеуборочных машин**

Цепное соединение прутков (рис. 1, б) по сравнению с крючковым значительно увеличивает срок службы элеватора, однако тоже подвержено интенсивному изнашиванию.

Ременное соединение прутков (рис. 1, в), которое широко применяют в современных картофелеуборочных машинах, обеспечивает высокую износостойкость полотна элеватора. Такие элеваторы после работы на 80 га не имели заметного износа и вытягивания ременных лент.

Основными параметрами пруткового элеватора (рис. 2), которые определяют интенсивность и полноту сепарации, являются угол наклона рабочей (ведущей) ветви к горизонту,

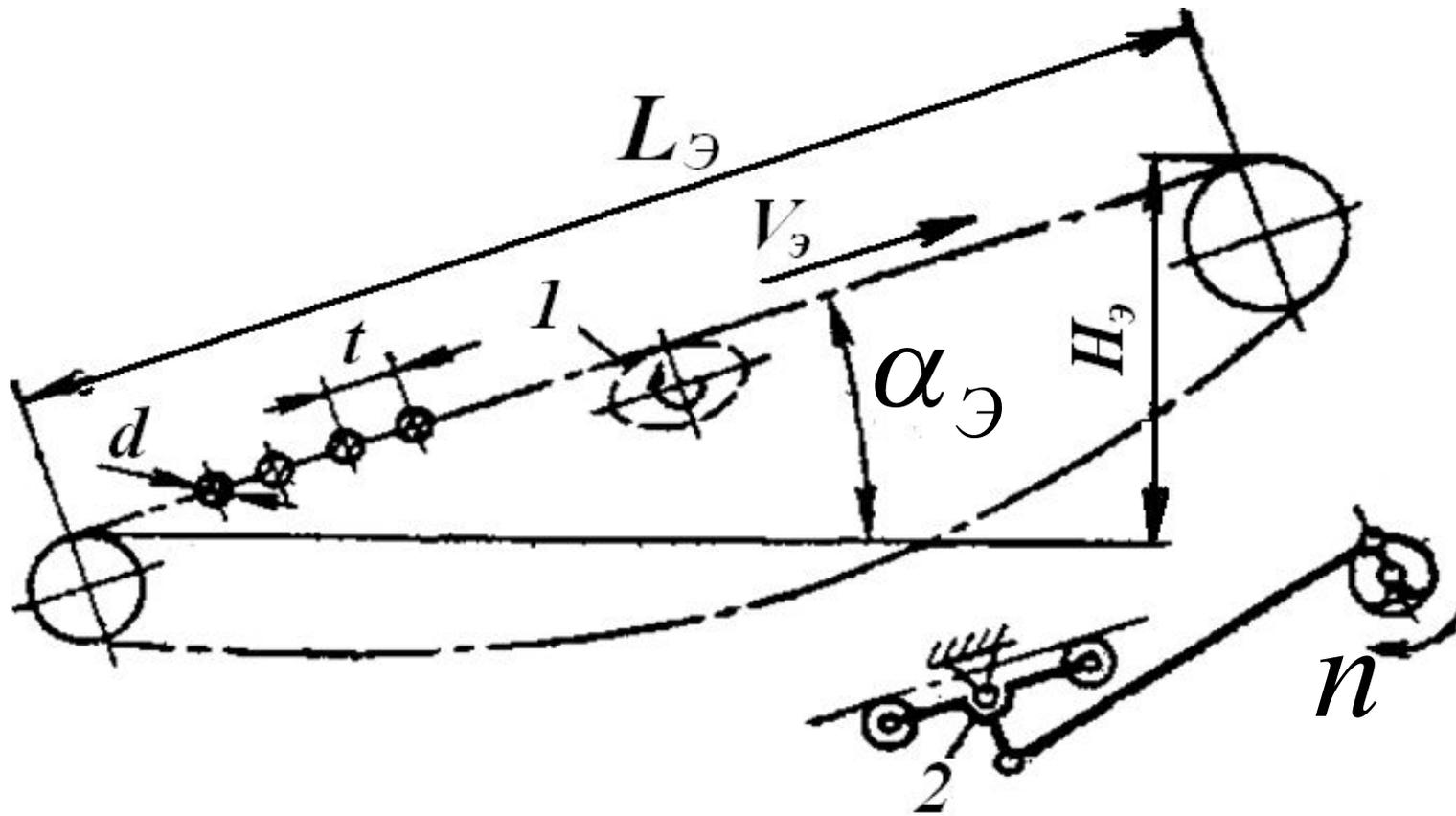


Рисунок 2. - Схема встряхивания полотна эллиптической звездочкой 1 и рычажно-роликовым механизмом 2 с индивидуальным приводом

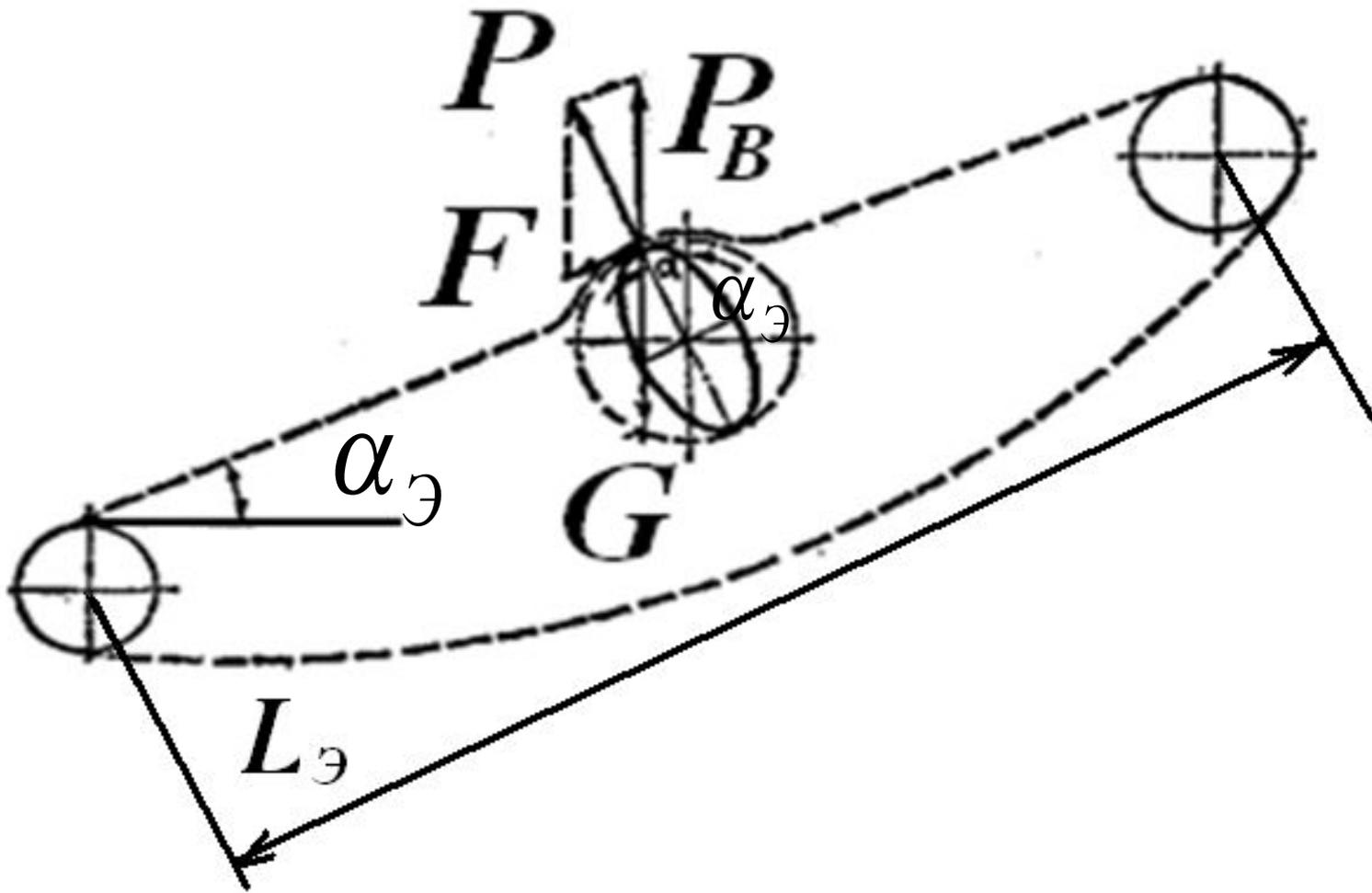


Рисунок 3.- Схема взаимодействия эллиптического встряхивателя пруткового элеватора на клубноносный пласт

скорость полотна $V_э$, длина рабочей ветви $L_э$, ширина полотна, «живое» сечение сепарирующей поверхности и интенсивность встряхивания рабочей ветви элеватора. Интенсивность встряхивания определяется конструкцией встряхивателя и его параметрами. Наиболее часто в качестве встряхивателей применяют эллиптические звездочки 1, которые вращаются за счет сцепления с движущимся полотном элеватора, и рычажно-роликовые механизмы 2, которые имеют индивидуальный привод:

Процесс встряхивания эллиптическими звездочками. В момент встряхивания прутки элеватора движутся по окружности, описываемой большой осью эллипса (рис. 3). Вследствие этого на компоненты сепарируемого вороха действует центробежная сила P , определяемая из выражения

$$P = \frac{G}{g} \omega^2 r, \quad (7)$$

где G — сила тяжести частиц, Н;

ω — угловая скорость вращения эллиптической звездочки, ;

r — радиус описываемой окружности, мм.

Если вертикальная составляющая P_V этой силы будет больше G , то частицы отрываются от поверхности P_B грохота. Определим с использованием выражения

$$P_B = \frac{P}{\cos \alpha_{\varepsilon}} = \frac{G \omega^2 r}{g \cos \alpha_{\varepsilon}} \quad (8)$$

Условие отрыва частиц от поверхности элеватора запишется в виде

$$\frac{G\omega^2 r}{g \cos \alpha_{\text{э}}} > G \quad \text{или}$$

$$\frac{\omega^2 r}{g} = \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \frac{r}{g} > \cos \alpha_{\text{э}} \quad (9)$$

При этих значениях

$$n > 30 \sqrt{\frac{\cos 22^{\circ}}{6,8}} > 111 \text{ мин}^{-1} \quad (10)$$

т.е. встряхивание пласта на элеваторе ,
возможно , начиная с частоты вращения 111 мин^{-1}
или линейной скорости элеватора $v > 0,79 \text{ м/с}$.

Пропускную способность сепараторов Q_0
оценивают массой почвы,
просеявшейся за 1 с. через отверстия
сепарирующей поверхности площадью F_0
Если подача клубненосного пласта Q_1
будет равна пропускной способности Q_0
, то можно определить скорость V_0
комбайна из выражения

$$V_K = \frac{q_0 S_{СЛ}}{B_R h_{СЛ} \rho_{П}} \quad (11)$$

где $S_{СЛ}$ - площадь сепарирующей поверхности,

B_R - рабочая ширина захвата копателя, м;

$h_{СЛ}$ - толщина подкопанного пласта, м;

$\rho_{П}$ - плотность почвы, $кг / м^3$

$$\rho_{П} = 800 \dots 1100 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Параметры пруткового элеватора в значительной степени зависят от места расположения его в схеме машины.

Угол наклона рабочей ветви пруткового элеватора должен быть таким, при котором не происходит сползания массы под уклон. Если элеватор расположен в начале технологической схемы машины (за лемехом), то должно быть выдержано условие

$$\alpha_{\text{Э}} < \varphi_{\text{П}} \quad (1)$$

где $\varphi_{\text{П}}$ - угол трения почвы о металл

Если элеватор расположен в середине схемы машины, т. е. на его рабочей поверхности находятся в основном клубни и комки почвы, то необходимо выдерживать условие

$$\alpha_{\text{Э}} < \varphi_{\text{К}} \quad (2)$$

где $\varphi_{\text{К}}$ - угол трения качения клубней по поверхности элеватора. В первом случае $\varphi_{\text{К}} = 20 \dots 22^\circ$, во втором $\varphi_{\text{К}} = 10 \dots 15^\circ$. При оценке угла $\alpha_{\text{Э}}$ надо учитывать, что с увеличением его увеличивается процент сепарации почвы и улучшается компоновка машины.

Скорость полотна элеватора определяет интенсивность сепарации, так как от нее зависит продолжительность нахождения сепарируемой массы на рабочей поверхности. При эллиптических встряхивателях от скорости зависит и интенсивность встряхивания пласта. При определении нижнего предела скорости элеватора исходят из того, что нельзя допускать сгуживания поступающей массы.

Для пруткового элеватора, расположенного за лемехом, это условие описывается зависимостью

$$V_{\text{Э}} \geq \frac{V_M}{\cos \alpha_{\text{Э}}} \quad (3)$$

где V_M - скорость машины, м/с

Повышенная скорость элеватора способствует растаскиванию пласта, а следовательно, и более быстрому разрушению его и сепарации. Однако при чрезмерно больших значениях $V_{\text{Э}}$ почва не успевает полностью просеиваться и возрастает процент поврежденных клубней.

РАСЧЁТ МИНИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ЭЛЕВАТОРА полотна пруткового элеватора с эллиптическими встряхивателями обуславливает интенсивность работы встряхивателя. Для интенсивной сепарации необходимо, чтобы пласт отрывался при встряхивании от полотна элеватора.

Минимальная скорость элеватора, необходимая для подбрасывания пласта эллиптической звездочкой предложена Г.Д. Петровым(рис.3).

$$V_{\text{э min}} = \sqrt{\frac{ga \cos \alpha_{\text{э}}}{(1 - \kappa^2)}} \quad (4)$$

где a – длина большой оси эллипса, м;
 $\kappa = \frac{b}{a}$ – отношение длины маленькой
 оси эллипса к большой.

Рациональная скорость, соответствующая наибольшему проценту сепарации пласта прутковым элеватором = 1,5....2,5 м/с.

Длина рабочей ветви элеватора влияет на степень сепарации, потому, что от нее зависит время нахождения материала на сепарирующей поверхности. Длина элеватора рассчитывается по выражению

$$L_{\text{раб}} = \frac{H_{\text{э}}}{\sin \alpha_{\text{э}}} \quad (5)$$

где $L_{\text{раб}}$ - высота подъема клубненоносного вороха, м.

Ширина полотна пруткового элеватора определяется конструкцией предыдущих рабочих органов. Для двухрядных машин ширина элеватора находится в пределах 1000...1200мм при междурядья 700мм.

элеваторов зависит от живого сечения рабочей поверхности полотна. Под живым сечением понимается отношение площади просветов к общей рабочей площади полотна элеватора

т. е.

$$\eta_{ж.с.} = \frac{F_0}{F_{\Pi}} 100\% \quad (6)$$

Расстояние между прутками элеваторов $t=38...41,3$ мм, диаметр прутка $d=10...11$ мм, при этом живое сечение полотна составляет 74...75%.

4. ОСНОВНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ГРОХОТОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН ПЕРЕД ПРУТКОВЫМ

ЭЛЕВАТОРОМ. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБЛЮЩЕГОСЯ

Грохоты в картофелеуборочных машинах представляют собой наклонную

ГРОХОТА плоскость, шарнирно закрепленную на четырех подвесках и приводимую в колебательное движение кривошипно-шатунным механизмом. Рабочая поверхность решета состоит из прутков, расположенных вдоль движений сепарируемой массы. В зазоры между прутками просеивается почва.

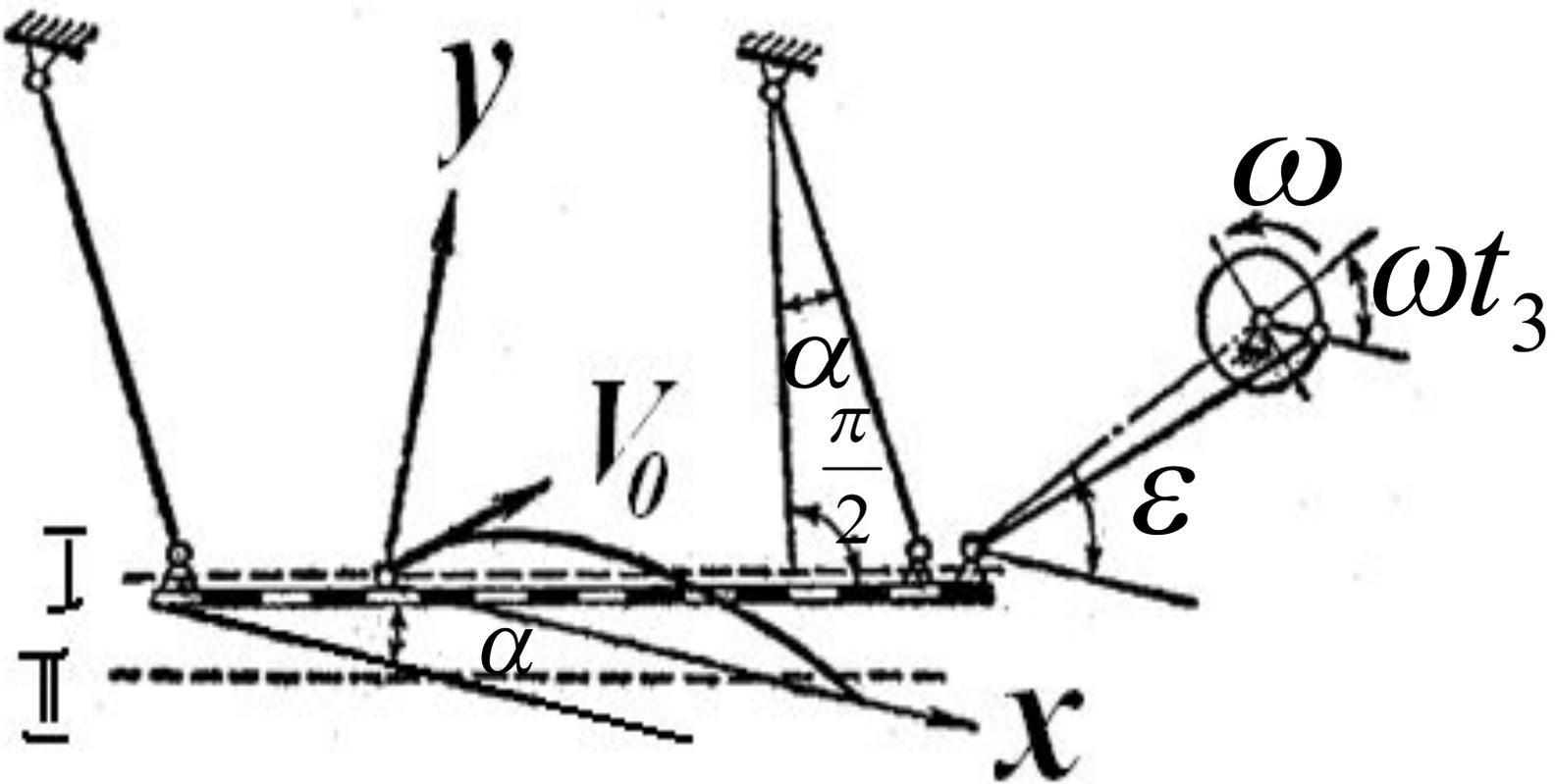
Основное преимущество грохотов перед прутковыми элеваторами заключается в более высокой износостойкости и надежности в работе, особенно на песчаных и каменистых почвах. Кроме того, грохоты имеют по сравнению с элеваторами повышенную сепарирующую способность. Однако на грохотах процент поврежденных клубней, как правило, выше, чем у элеваторов.

В зависимости от частоты и амплитуды колебания различают качающиеся и вибрационные грохоты. Последние имеют большую частоту и меньшую амплитуду колебаний.

В картофелеуборочных машинах наибольшее применение имеют качающиеся грохоты. Учитывая высокие динамические нагрузки, возникающие от действия инерционных сил, на машинах устанавливают, как правило, двух решетчатые грохоты. Решета такого грохота колеблются в противофазе, при этом инерционные силы каждого решета частично уравновешиваются приводом и не передаются на раму.

Лучшее уравнивание грохота достигается при установке эксцентрикового вала привода между решетками, как это имеет место у грохота комбайна ККУ-2.

Основными параметрами грохота, определяющими интенсивность сепарации и производительность, являются угол наклона решетки к горизонту α , направление и величина угла наклона подвесок амплитуда g и частота колебаний, длина L_p и ширина ω решетки, а также живое сечение решетки (рис. 1).



α - угол наклона грохота;

V_0 - начальная неизвестная скорость полета
 частицы, м/с;

Рисунок 1.- Схема к расчету параметров грохота

Различают три основных режима работы: тихоходный, быстроходный и режим работы с отрывом материала от рабочей поверхности.

Тихоходный режим характеризуется скольжением частиц, лежащих на решетке, в одном направлении с паузами. При быстроходном режиме материал скользит вдоль решета в обоих направлениях. При работе с отрывом имеется фаза свободного полета частиц. Фазы полета могут следовать без пауз или с паузами, в течение которых происходит скольжение.

Так как просеивание почвы происходит в процессе контакта пласта с решетом, то наибольшая вероятность просеивания будет при быстроходном режиме.

Однако у картофелеуборочных машин на решетке находится толстый слой почвы, а непосредственный контакт с рабочей поверхностью имеет лишь нижняя его часть, поэтому для ускорения просеивания целесообразно применять режим работы решета с подбрасыванием массы. При подбрасывании перераспределяются крупные и мелкие частицы пласта:

крупные «всплывают», а мелкие перемещаются в нижнюю часть слоя и вступают в контакт с сепарирующей поверхностью. Кроме того, при режиме с отрывом комья почвы частично или полностью разрушаются от соударения с решетом в момент падения.

Решёта , устанавливаемые в начале технологического процесса, должны работать в режиме с отрывом частиц, так как они жестко связаны с качающимся лемехом.

Частицы обрабатываемой материала просеиваются сквозь щелевидные отверстия решета, крупные идут сходом. Одновременно с сепарацией материал движется вверх по решету.

Для интенсификации процесса сепарации и дробления крупных комков почвы материал должен перемещаться с отрывом от поверхности грохота. Чтобы не было холостых колебаний грохота, время сводного полета частицы t должно быть меньше периода одного колебания грохота T , т. е. должно соблюдаться условие:

$$T > t \quad (1)$$

Время одного оборота вала кривошипа определяется зависимостью

$$T = \frac{60}{\pi} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2)$$

Определим время свободного полета частицы. Скорость частицы в момент отрыва от поверхности грохота равна скорости грохота в этот момент (скольжением частицы по грохоту и силами упругости частицы и грохота пренебрегаем)

$$v_0 = \omega r \sin \omega t_3$$

где ωt_3 — фаза отрыва, т. е. угол, определяющий положение кривошипа в момент отрыва частицы от грохота. Условие отрыва частицы от колеблющейся поверхности записывается в виде

$$\frac{\omega^2 r}{g} \geq \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon)}$$

Так как при данной схеме (рис.1и2) отрыв происходит в момент , когда вал кривошипа повернется на угол ωt_3 , то можно написать

$$\frac{\omega^2 r}{g} \geq \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon)} \quad (7)$$

Опытами установлено , отрыв частицы от колеблющейся поверхности грохота происходит в момент , когда кривошип повернется на угол ωt_3 поэтому можем записать

$$\frac{\omega^2 r}{g} \cos \omega t_3 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon)} \quad (8)$$

ИЛИ

$$\cos \omega t_3 = \frac{g \cos \alpha}{\omega^2 r \sin(\alpha + \varepsilon)} \quad (9)$$

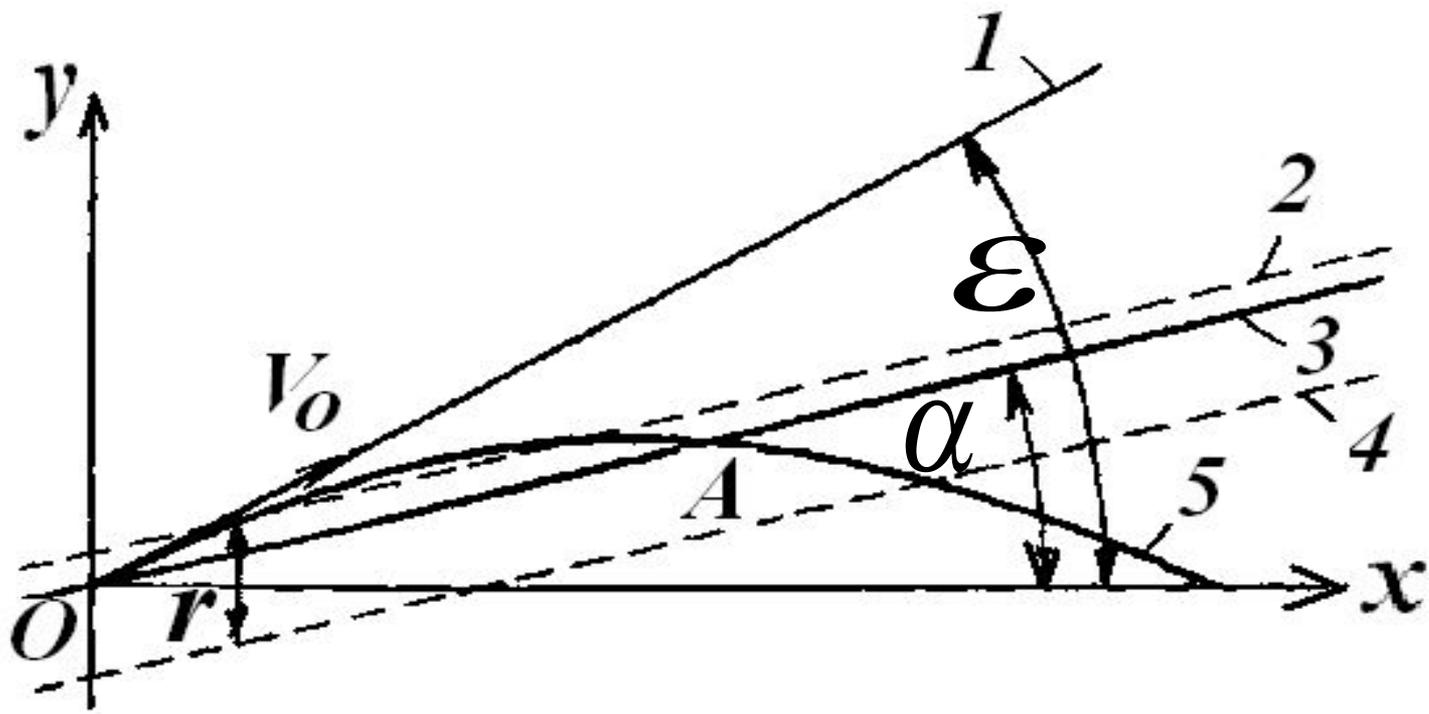
Тогда выражение для скорости V_0 будет

$$V_0 = \omega r \sin \omega t_3 = \omega r \sqrt{1 - \left(\frac{g \cos \alpha}{\omega^2 r \sin(\alpha + \varepsilon)} \right)^2}$$

Рассмотрим схему свободного полета частицы над решетом грохота (рис. 2). Здесь 1 — направление скорости грохота в момент отрыва;

2 и 4 — верхнее и нижнее положения решета;

3 — плоскость решета грохота в момент отрыва; 5 — траектория свободного полета частицы.



1- направление скорости грохота в момент отрыва; 2 и 4 – верхнее и нижнее положение решета; 3 – плоскость решета грохота в момент отрыва; 5 – траектория свободного полета частицы
 Рисунок 2.- Схема свободного полета частицы

Движение частицы после отрыва от решета происходит по параболе и определяется уравнениями $x = V_0 t \cos \varepsilon$; (11)

$$y = V_0 t \sin \varepsilon - \frac{gt^2}{2}, \quad (12)$$

Уравнение поверхности решета в плоскости траектории частицы в момент отрыва частицы имеет следующее выражение: (13)

$$y = x \operatorname{tg} \alpha$$

Подставив в выражение(13) значения x и y , после преобразования получим время свободного полета частицы t

$$t = \frac{2V_0 \sin(\varepsilon - \alpha)}{g \cos \alpha} \quad (14)$$

Подставив значения T и t в неравенство (1), после преобразований получим

$$\frac{\omega^2 r}{g} \leq \frac{\cos \alpha}{\sin(\varepsilon - \alpha)} \sqrt{\pi^2 + 1} \leq \frac{3,3 \cos \alpha}{\sin(\varepsilon - \alpha)} \quad (15)$$

Выражение (15) дает зависимость между основными параметрами грохота, согласно которой исключаются холостые колебания грохота. При выбранных значениях угла наклона грохота и угла направленности колебаний можно вычислить величину показателя кинематического режима, который удовлетворяет этому условию. В то же время для лучшего транспортирования частиц, находящихся на грохоте, целесообразнее иметь такой режим работы грохота,

когда подбрасывание частиц происходит выше крайнего верхнего положения грохота.

Это происходит при условии, когда

$$\frac{\omega^2 r}{g} \geq \frac{2 \cos \alpha}{\sin(\varepsilon - \alpha)} \quad (16)$$

На основании выражений (15) и (16) расчет параметров грохотов картофелеуборочных машин можно производить по выражению (17)

$$\frac{2 \cos \alpha}{\sin(\varepsilon - \alpha)} < \frac{\omega^2 r}{g} < \frac{3,3 \cos \alpha}{\sin(\varepsilon - \alpha)} \quad (17)$$

Пример . Определить число оборотов вала кривошипа грохота картофелеуборочного комбайна при $\alpha = 15^\circ$, $\varepsilon = 30^\circ$ и $r = 26 \text{ мм}$. По выражению (17) получим $507 < n < 650 \text{ мин}^{-1}$

При оборотах вала кривошипа, находящихся в указанных пределах, транспортирование массы будет наиболее рациональным при отсутствии холостых колебаний грохота.

5.3 АГРУЗКА СЕПАРИРУЮЩИХ РАБОЧИХ

Важнейший фактор, оказывающий влияние на качество разделения картофельного вороха, — загрузка сепарирующих рабочих органов. Состав вороха, поступающего в машину, следующий: почва - 97...98%, клубни — 1...2, ботва и другие растительные примеси — 0,5...2,5%. Для такого состава плотность вороха может быть принята равной плотности почвы, поэтому среднюю загрузку можно определить по формуле:

$$Q_c = S_{\Pi} V_M \rho \quad (1)$$

где Q_c — средняя загрузка, кг/с;

V_m — скорость машины, равная при работе на легких почвах 1,2—1,5 м/с, на тяжелых — 0,5—0,7 м/с;

ρ — плотность почвы, равная 1200—1700 кг/м³;

S_{II} — площадь поперечного сечения пласта, равная для двухрядных машин при заглублении лемеха на 0,18...0,20 м и гребневой посадке 0,10...0,15 м², при гладкой посадке 0,17—0,22 м².

Поступление клубней на сепарирующие рабочие органы определяется по формуле

$$Q_K = 0,01ibm_K V_M,$$

где Q_K — поступление клубней на сепарирующие органы, кг/с;

i — число убираемых рядков;

b — ширина междурядий, м;

m_K — урожай клубней, ц/га.

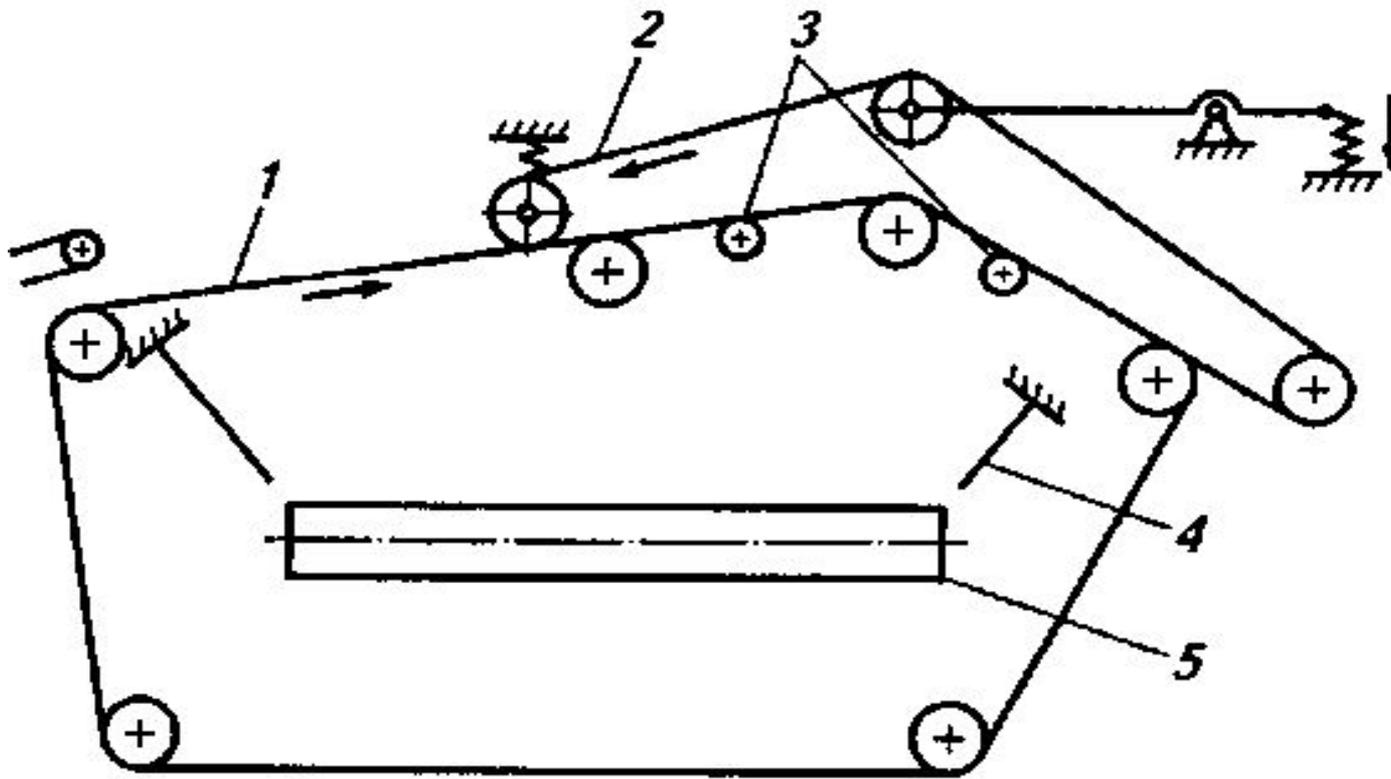
УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ КОМКОВ ПОЧВЫ, ОТРЫВА КЛУБНЕЙ И УДАЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ

Для оптимальной загрузки машины будет в том случае, когда процесс отделения почвы заканчивается в конце сепарирующих рабочих органов.

Обеспечить такую загрузку и получить высокий эффект сепарирования можно при непрерывном автоматическом регулировании скорости агрегата и режима работы сепарирующих рабочих органов.

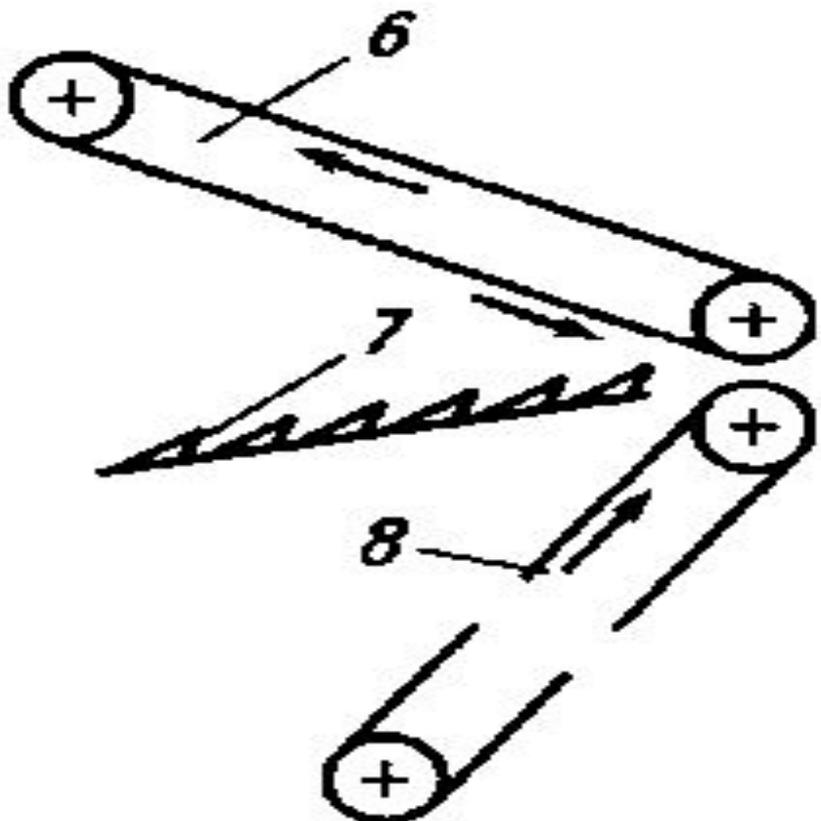
Клубни отрываются от столонов шнеками и комкодавителями в комбайне КПК-2. Картофелеуборочные машины оборудуют также устройствами, отрывающими клубни и выводящими ботву отдельным от клубней потоком.

Наиболее распространены редкопрутковые ботвоудаляющие устройства с прижимным транспортером или без него (рис. 3) и ботвоудаляющие горки.



1 и 2 — редкопрутковый и прижимной транспортеры; 3 — клубнеотбойные прутки; 4 — клубненаправляющая решетка; 5 — транспортер клубней;

Рисунок 3. Устройства для отрыва клубней с редкопрутковым и прижимным транспортерами;



6 и 8 — полотенные транспортеры; 7 — грохот

Рисунок 4.- Схема ботвоудаляющей горки

Редкопрутковые
ботвоудаляющие устройства
работают качественно на
посадках с предварительно
удаленной ботвой. Они пропускают
много растительных примесей на
последующие рабочие органы.

Ботва с клубнями поступает на редкопрутковый транспортер. Часть ботвы с клубнями провисает между поперечными планками. Ботва захватывается и прижимается между транспортерами 1 и 2 (рис. 3). Провисшие клубни отрываются неподвижными или вращающимися прутками 3. Далее оторванные клубни направляются решеткой 4 на транспортер 5, а ботва выводится транспортерами 7 и 2 В некоторых устройствах она прижимается к редко-планчатому транспортеру цилиндрами

Ботва удаляющиеся горки захватывают
БОТВОУДАЛЯЮЩИЕ ГОРКИ
ботву смежными ветвями. Клубни не
проходят в зазор между
транспортёрами и, оторвавшись, сходят
с транспортёра 8 на дальнейшую
обработку или ссыпаются на
поверхность поля. Такие горки просты
по устройству. Ботва не наматывается
на элементы конструкции. Однако
наблюдается большая доля
неоторванных клубней, выбрасываемых
вместе с ботвой.

УСЛОВИЕ ОТРЫВА КЛУБНЕЙ

Условие отрыва клубней без затаскивания их в рабочий зазор ботвоудаляющего устройства определяется выражением

$$D(1 - \cos \alpha) + D_1(1 - \cos \alpha_1) - d_K(\cos \alpha + \cos \alpha_1) + 2h = 0,$$

где D и D_1 — диаметры соответственно ведомого валика с учетом толщины прижимного полотна и ролика, поддерживающего редкопрутковый транспортер;

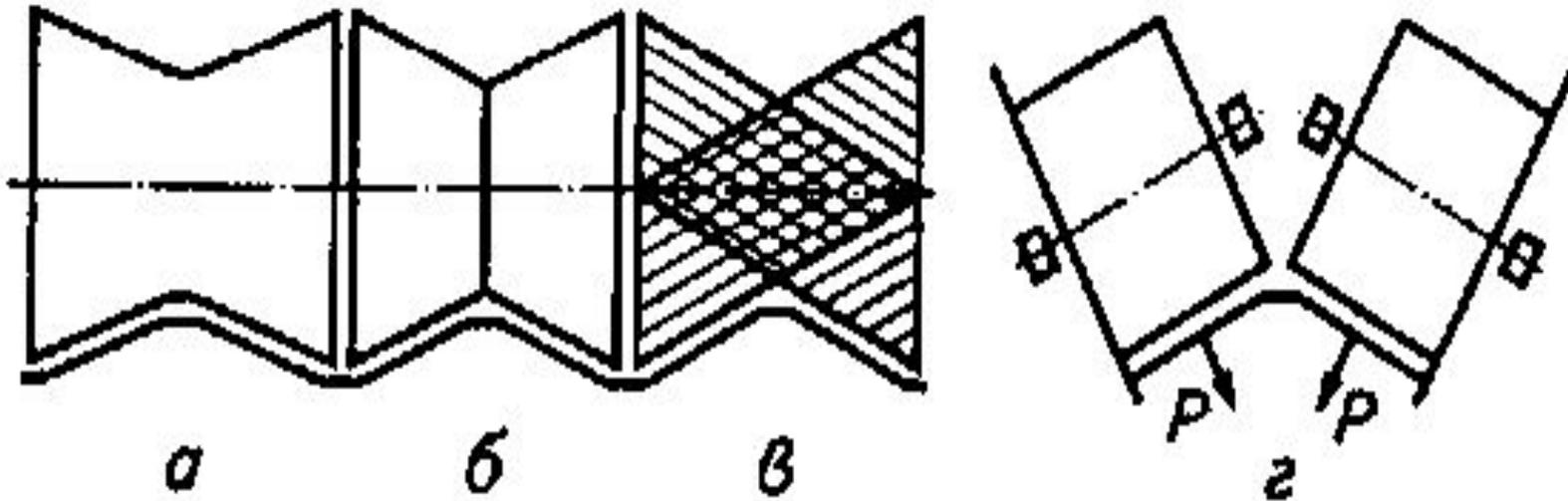
α и α_1 — углы, определяющие направление реакции на клубень ведомого и поддерживающего валиков;
 d_K — средний размер клубней;
 h — зазор между валиком и полозком транспортера.

Скорость движения рабочей ветви редкопруткового транспортера составляет 1,1...1,5 м/с, а транспортера горки — до 2,0 м/с.

Качественный отрыв клубней и удаление ботвы достигаются при оптимальном натяжении пружин прижимного транспортера и его работе без пробуксовывания. Натяжение регулируют изменением силы сжатия пружин

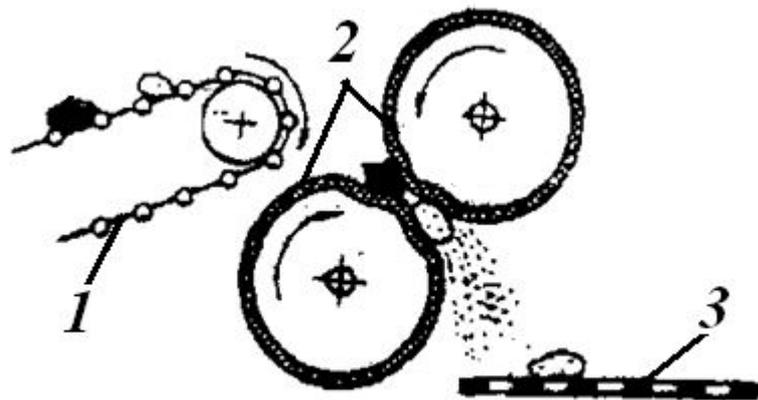
В картофелеуборочных машинах комки разрушаются в рядах катками (рис. 1), выполняющими одновременно роль копиров, и в потоке материала в пределах машин (рис. 2).

Комкодавители, устанавливаемые в машине, выполняют в виде спаренных пневматических баллонов (рис. 2, а) или пневматических баллонов (рис. 2, б), размещенных над рабочей ветвью элеватора (транспортера).

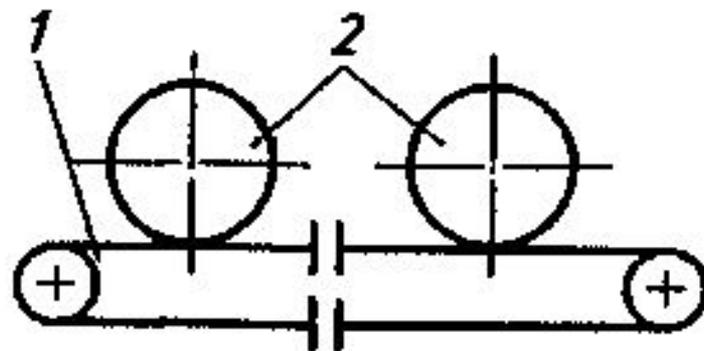


а — цельный по форме гряды; б — из двух усеченных конусов; в — прутковый; г — из двух цилиндрических катков

Рисунок 1.- Каток для разрушения пласта в грядках:



a



б

а – спаренные баллоны пневматичесие; б- баллоны пневматичесие в сочетании с полотном транспортера.

1 – транспортер; 2- баллоны

Рисунок 2.- Схема комкодавителей

Во втором случае баллоны дважды воздействуют на комки. В случае прокола одного из них возможна работа без остановки. При сочетании баллонов с прутковым транспортером наблюдаются большие повреждения клубней, поэтому предпочтительно их устанавливать над полотном ленточного элеватора. Коэффициент сжатия пласта равен отношению расстояния между баллонами-комкодавителями b и толщине пласта B , т. е. $\epsilon = b/B$.

Поступающая масса будет проходить между баллонами без сгруживания при условии, если горизонтальная составляющая силы трения $F_x = P f \cos \theta$ будет больше выталкивающей силы $P_x = P \sin \theta$,

где θ — угол направления действия силы P , сжимающей пласт;

f — коэффициент трения баллона о почву. Для двух баллонного комкодавителя диаметром D (рис. 2, а) это условие будет выполняться при

РАСЧЕТ ДИАМЕТРА БАЛЛОНА

$$D \geq \frac{B(1 - \varepsilon)}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 4f^2}}} \quad (1)$$

Если принять $\varepsilon = 0,75$, $f = 0,5$, то диаметр баллонов выбирают из условия $D > 2,5B$. При $B = 100 \dots 120$ мм диаметр баллона $D = 300 \dots 350$ мм.

При установке одного баллона над лентой (рис. 2, б) сила трения на вальце и ленте

$$F_{TP} = F_X + F_L, \quad (2)$$

где F_L — сила трения на ленте.

Условие несгруживания почвы перед комкодавительем будет выполняться при

$$D \geq \frac{2B(1 - \varepsilon)}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 4f^2}}} \quad (3)$$

Принимая предыдущие условия, диаметр баллона компрессора выбирают из условия $D \geq 1,7 B$

Баллоны и транспортеры элеваторов монтируют с регулируемым зазором Δ , устанавливая его в работе равным или близким среднему размеру клубнепровода d_k , т. е.

Давление в баллонах
устанавливают в зависимости от
прочности комков и убираемой
культуры в пределах 10...50 кПа.
При уборке картофеля с содержа-
нием прочных комков давление
доводят до 30 кПа, а в машинах
для уборки лука — до 50 кПа.

