

Механизация измельчения **корнеклубнеплодов.**

- **1. Зооинженерные требования, предъявляемые к оборудованию мойки и резке корнеклубнеплодов.**
- **2. Оборудование, используемое для мойки и резки корнеклубнеплодов.**
- **3. Процесс резания корнеплодов.**
- **4. Определение производительности и мощности привода корнерезок.**

- Корнеклубнеплоды имеют большой удельный вес в кормовых рационах животных. При подготовке к скармливанию их подвергают мойке, измельчению, запариванию, смешиванию. Основными технологическими схемами подготовки корнеплодов к скармливанию являются:
 - - мойка- измельчение;
 - - мойка- измельчение- смешивание;
 - - мойка- запаривание- мятые- смешивание;
 - - мойка- измельчение- запаривание- смешивание.
- Корнеплоды богаты углеводами. Углеводы по своей энергетической ценности являются лучшими источниками энергии, так как они быстро всасываются в кровь и легко распадаются. Энергия которая образуется при их распаде, используется организмом для работы внутренних органов, синтеза белка.

-

- **Зооинженерные требования к машин по обработке корнеклубнеплодов.**
- К машинам по обработке корнеплодов предъявляют следующие требования:
- - универсальность в отношении обработки различных видов и сортов корнеклубнеплодов;
- - высокое качество мойки и измельчения продуктов при относительно малом расходе воды и энергии;
- - отсутствие порчи частиц продукта рабочими органами машин;
- - возможность регулировки времени пребывания продуктов в воде с целью пропуска продуктов с различной степенью загрязненности;
- - наличие устройства для отделения камней и других посторонних предметов;
- - удобство очистки и удаления грязи и грязной воды;
- - возможность максимальной степени механизации и автоматизации загрузки и выгрузки продукта;
- - высокая производительность, позволяющая за 1...2 часа подготовить порцию корнеплодов, требуемую для разового кормления;
- - высокое качество резки, определяемое однородностью стружки и минимальным образованием мезги и сока;
- - хороший доступ к рабочим органам машины для быстрой регулировки или замены их и чистки;
- - наличие предохранительного устройства, предупреждающего поломку рабочих органов;
- - малые габаритные размеры, простота устройства, надежность в эксплуатации, долговечность работы;
- - загрязнённость корнеплодов после мойки не должна превышать 2...3%.

**Степень загрязнённости
корнеклубнеплодов**

$$\delta = \frac{(P_3 - P_1)}{P_3} \cdot 100 \quad (1)$$

- где P_1 – порция продукта после мойки;
- P_2 – эта же порция, но вымытая руками;
- P_3 – порция продукта до мойки.

Остаточная загрязненность

$$\delta_{\text{сот}} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \cdot 100 \quad (2)$$

Оборудование, используемое для мойки и резки корнеклубнеплодов.

- Моечные машины классифицируют:
- 1. по организации рабочего процесса – периодического и непрерывного действия;
- 2. по конструкции рабочих органов – барабанные, кулачковые, шнековые, центробежные и струйные.
- 3. по расположению ножей относительно продукта – вертикальные и горизонтальные.
- У дисковых и барабанных корнерезок процесс резания происходит за счет движения ножей относительно слоя продукта, а у центробежных – в результате подвода слоя продукта к установленным неподвижно ножам.
- Рабочий процесс всех моек основан на отделении загрязнений в воде при трении корнеплодов друг о друга и о рабочие органы машины.
- Для мойки и резки используют: ИКС-5М, ИКМ-5, ИКМ-Ф-10, АПК-10, ИКУ-Ф-10, КПИ-4.

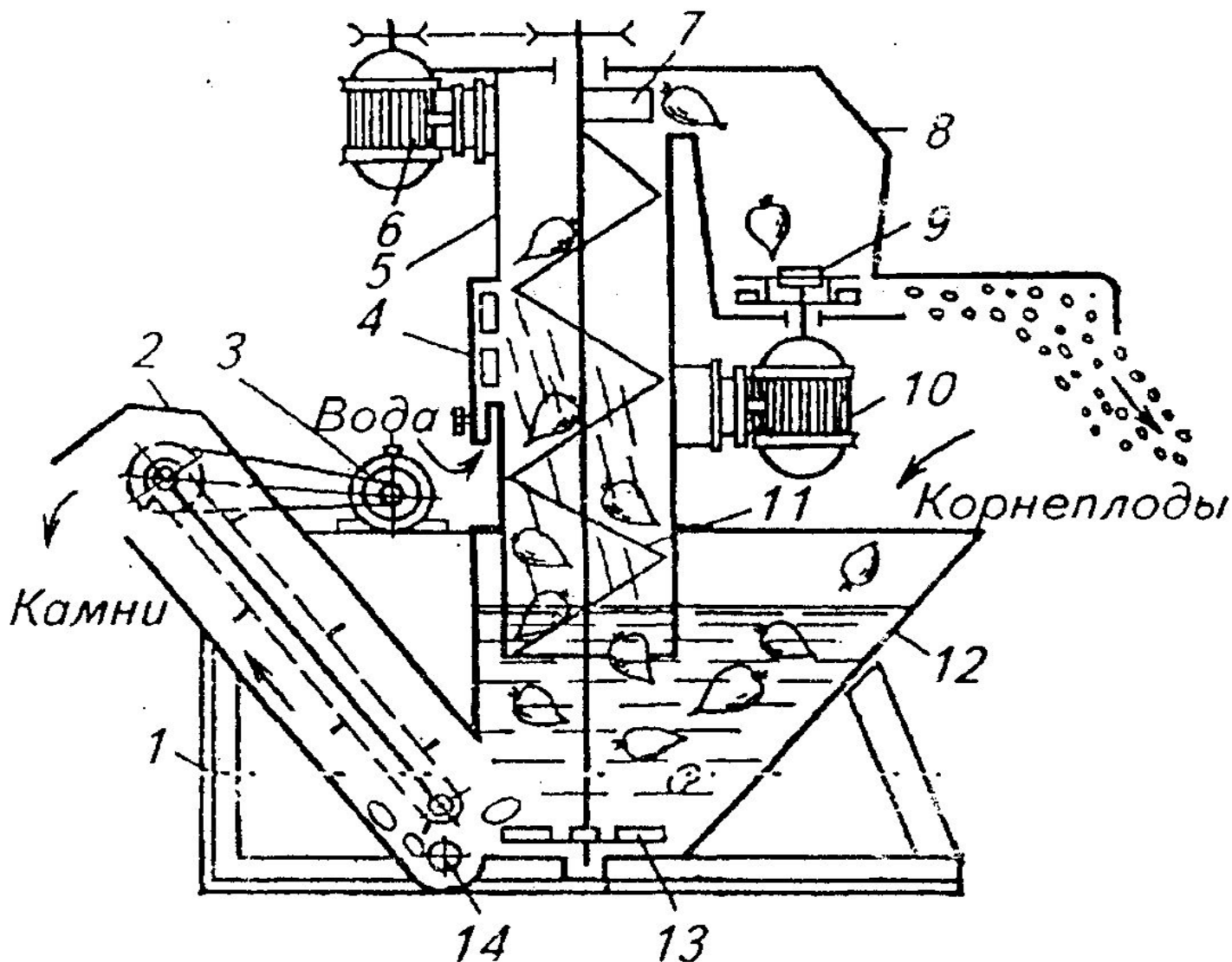
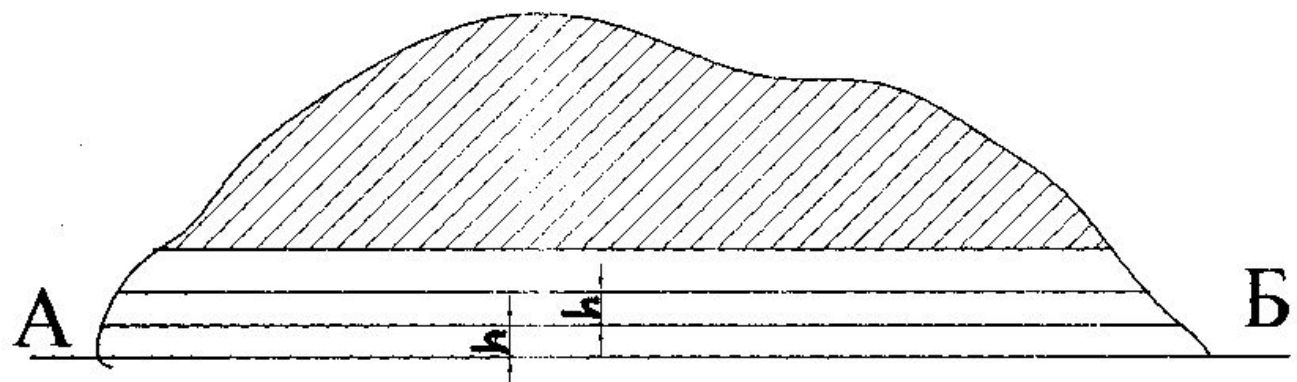
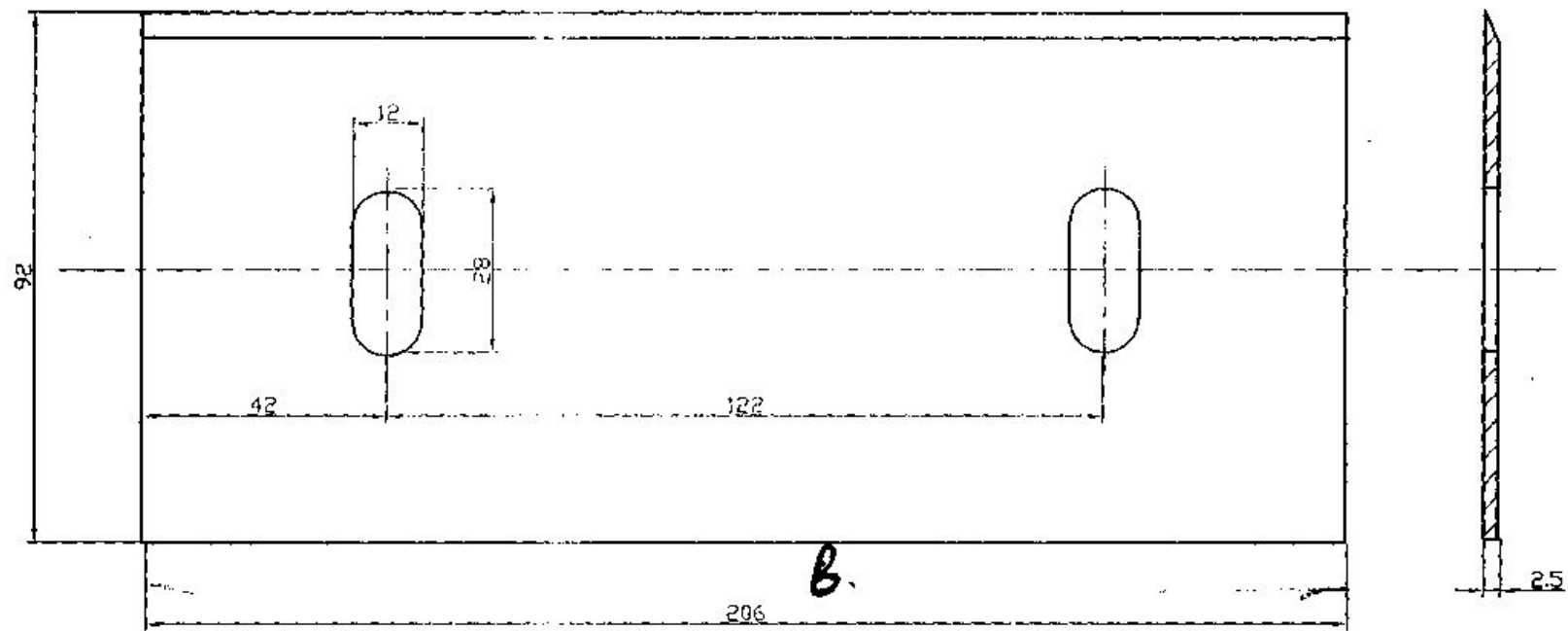


Схема технологического процесса измельчителя- камнеуловителя ИКМ-Ф-Ю:

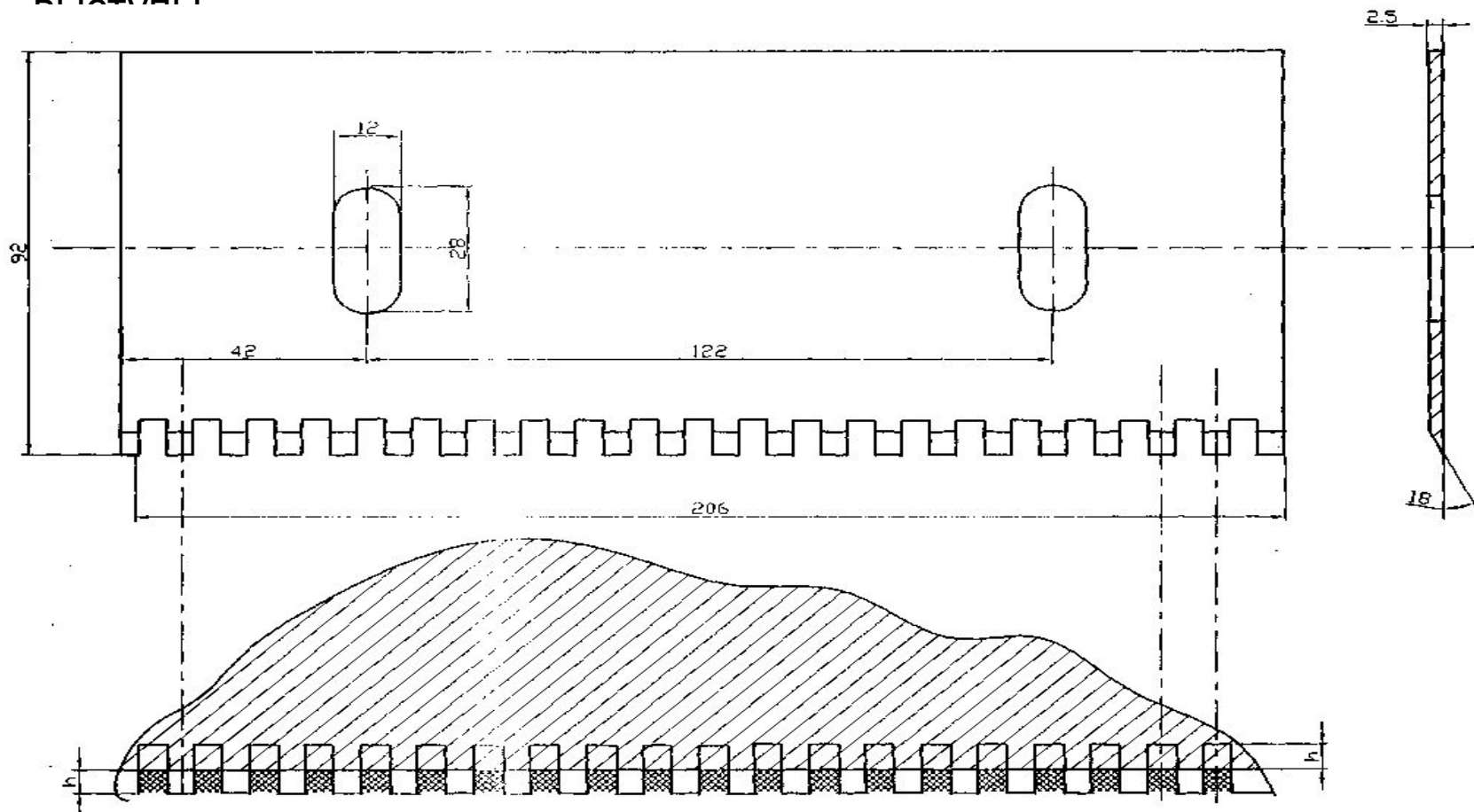
- 7 —рама; 2—транспортёр- камнеудалитель; 3, 6и 10 — электродвигатели;
- 4 — коллектор подвода воды; 5—кожух; 7—выбрасыватель; 8—корпус измельчителя; 9— измельчитель; 11 — шнек; 12—моечная ванна;
- 13— крылач; 14— люк

- **Процесс резания корнеплодов.**
- Для измельчения корнеклубнеплодов применяются ножи различной формы: с прямолинейным лезвием, гребенчатым лезвием и совочкообразные.
- **Плоский нож со сплошным лезвием** (Рис.2 а) дает стружку в виде широких ломтей толщиной h , зависящий от установки ножа относительно плоскости диска или барабана, шириной b , равной ширине продукта, и длиной l , достигающей длины частиц продукты. Такая форма и размеры стружки соответствуют требованием кормления крупного рогатого скота.

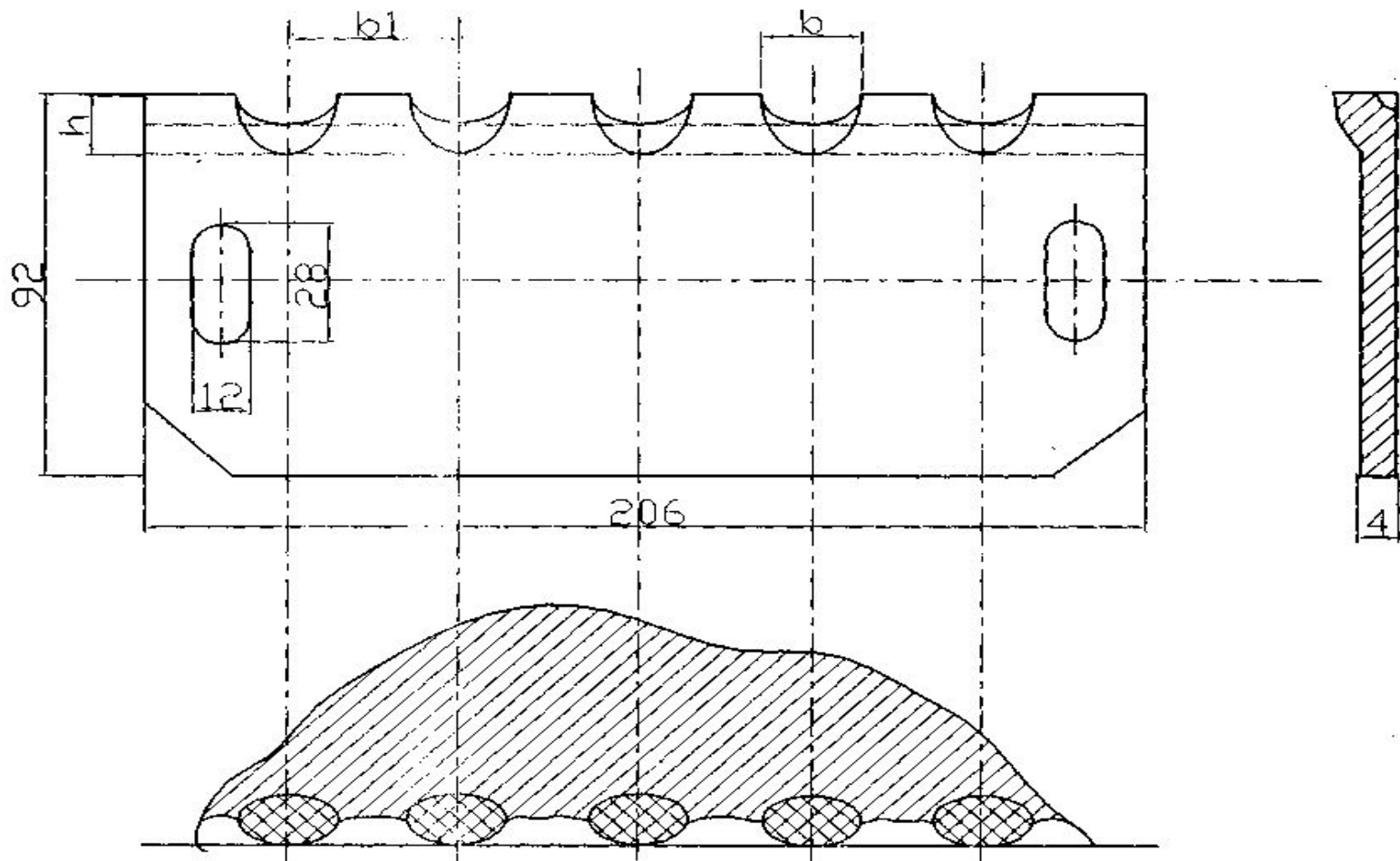


Прямой нож со сплошным лезвием

- Гребенчатый нож** (Рис.2 б) отрезает стружку в виде узких полосок шириной b_1 , равной ширине гребня, толщиной h , равной высоте установки, и длиной l , равной длине частиц продукта. Такая стружка соответствует требованиям кормления молодняка КРС и свиней. Гребенчатые ножи закрепляют на диске или барабане со смещением по длине один относительно другого на величину, равную ширине b_1 гребня. При такой установке гребни первого ножа снимают стружку шириной b_1 и толщиной h , а гребни второго ножа срезают уставшие



Прямой нож с гребенчатым лезвием



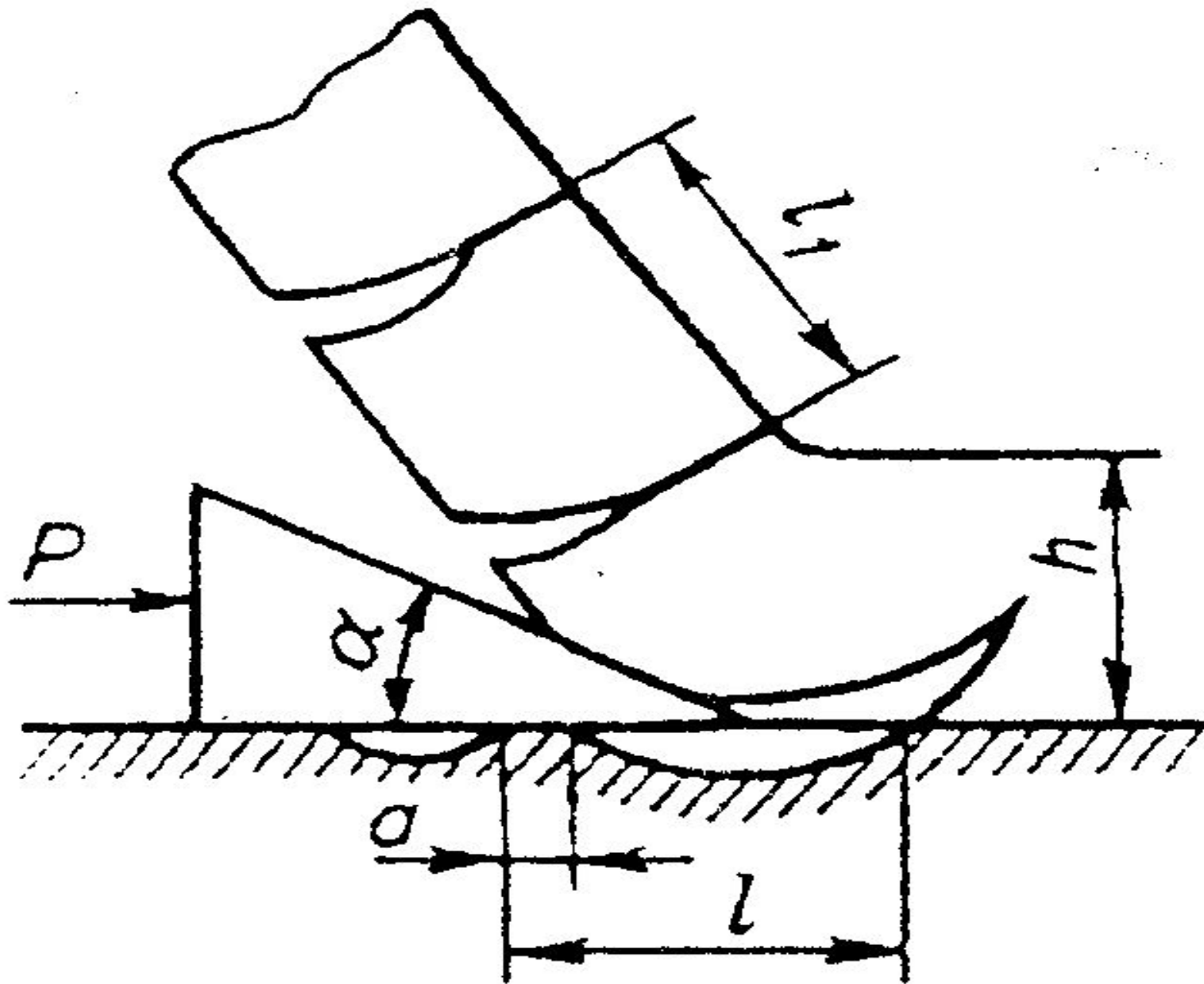
Совочкообразный нож Совочкообразные ножи

- отрезают стружку в виде узких полосок. Высота и ширина стружки зависит от размеров совочков и установки ножей, а длина частиц продукта. Достоинство их – лезвия и первого и второго ножей стружки отрезают, а не отрывают как гребенчатые.

Определение усилия резания.

- В отличие от соломосилорезок, в которых перерезание стеблей производится лезвием в корнерезках и пастоизготовителях рабочим органом является резец, имеющий форму клина. Теория резания резцом металлов разработана русским ученым проф. И. Тиме, а применительно к резанию сельскохозяйственных материалов (почва, корнеплоды и др.)- академиком В.П. Горячкиным, который назвал ее теорией клина.
- В соответствии с теорией клина процесс образования стружки (резка) при резании корнеклубнеплодов протекает следующим образом:
- В первый момент клин с углом α (Рис. 3) внедряется в материал под действием силы P , снижаемая его на пути a . В следующий момент, когда сила P достигает некоторого предела, происходит скалывание элемента стружки на длине l , которая всегда больше пути сжатия a . Проведенные исследования позволили установить, что линия скалывания несколько опережает лезвие клина и в начале она несколько углубляется в толщу материала, а затем направляется под некоторым углом вверх.

- Однако до поверхности разрыв не доходит и скалываемые элементы получают связанными между собой (стружка скалывания). Усадки или укорочение элемента стружки при резании корнеплодов не наблюдается, т. е. $l = l_1 /$
- Процесс резания корнеплодов клином протекает с переменным усилием, т.е. в первый момент, перед врезанием, усилие равно нулю, затем при уплотнении, по мере продвижения ножа по пути сжатия, усилие достигает максимума и в момент скалывания оно



- **Рис. 3. Схема внедрения клина и образования стружки**

Величина пути (а) уплотнения (3)

$$a = \frac{h \cdot \cos(\phi) \cdot \sin^2\left(\frac{90 - \phi_1}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\phi + \phi_1 - \alpha}{2}\right)}{\cos^3\left(\frac{\phi + \phi_1 + \alpha}{2}\right)}$$

- где h – толщина стружки;
- a- угол резания;
- ϕ - угол трения материала о грани клина = 35...40°;
- ϕ_1 – угол трения в плоскости скалывания.
- При резании корнеплодов скалывание стрижки происходит без заметного скольжения по плоскостям скалывания, поэтому можно принять, что угол $\phi_1=0$, тогда формула (3) примет вид:

при $\phi_1=0$

$$a = \frac{0.5 \cdot h \cdot \cos(\phi) \cdot \cos\left(\frac{\phi - \alpha}{2}\right)}{\cos^3\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right)} \quad (4)$$

Отношение λ пути сжатия а к длине l, (5)

$$\lambda_{\text{сж}} = \frac{a}{l} = \frac{0.5 \cdot h \cdot \cos(\phi) \cdot \cos\left(\frac{\phi - \alpha}{2}\right)}{(0.34 + 0.026 \cdot \alpha + 0.5 \cdot h) \cdot \cos^3\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right)}$$

- Из полученных формул и опытных данных следует, что длина l элементов стружки зависит от ее толщины h и угла резания и почти не зависит от скорости резания и толщины ножа.
- При резании корнеплодов резцом, как клином, скользящее движение материала по лезвию отсутствует, т.е. резание идет по принципу «рубка». Это объясняется тем, что угол трения корнеклубнеплодов о грани металлического клина составляет 35...40°, т.е. значительно больше, чем у других материалов. Поэтому увеличение угла скольжения для облегчения резания пришлось бы делать значительным, что конструктивно выполнить весьма трудно. Кроме того, значительная часть пути в процессе резания резцом лезвие оказывается вообще не нагруженным. Из схемы видно, что эта часть выражается отрезком l – a.

Сопротивление корнеплодов резанию.

Общее сопротивление корнеплодов резанию определяется известной рациональной формулой, предложенной акад. В.П. Горячкиным.

Общее сопротивление корнеплодов резанию

$$P = P_0 + k \cdot b \cdot h + \xi \cdot b \cdot h \cdot v^2 \quad (6)$$

,Н

- где P – общее сопротивление резанию;
- P_0 – некоторое постоянное сопротивление (сила проталкивания ножа в материал);
- k и ξ – коэффициенты пропорциональности;
- b и h – ширина и толщина срезаемой стружки, мм;
- v – скорость резания, м/с.

**В общем виде формула (6) м.б.
записана**

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}_0 + \mathbf{P}_{\text{деф}} + \mathbf{P}_{\text{скор}} \quad (7)$$

- Первый член рациональной формулы, учитывающий постоянное сопротивление, зависящий от конструктивных параметров определяется по формуле:

**Некоторое постоянное
сопротивление**

$$\mathbf{P}_0 = \beta \cdot \Delta \mathbf{L} \cdot \lambda \cdot \delta^m \quad (8)_{,H}$$

Сопротивление деформации срезаемого слоя

$$P_{\text{деф}} = \frac{k}{\xi} \cdot \Delta L \cdot h \quad (9)$$

При этом:

$$\xi = \frac{l}{h} = 0.34 + 0.026\alpha + 0.5 \cdot h \quad (10)$$

$$k = \frac{0.2 \cdot k_4 \cdot \sin(\alpha + 2 \cdot \phi) \cdot \cos\left(\frac{\phi - \alpha}{2}\right)}{\cos^3\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right)} \quad (11)$$

- где k_4 – предельное напряжение скалывания, равное: сахарная свекла – $9,3 \cdot 10^4$, морковь – $5,1 \cdot 10^4$, картофель – $3,8 \cdot 10^4$ Н/м².
- Третий член формулы – сопротивление скалывания, зависящее от скорости резания и обусловленное необходимостью отбрасывать сколотую стружку в сторону со скоростью.

Сопротивление, зависящее от скорости резания

$$P_{\text{скор}} = 0,026 \cdot \Delta L \cdot h \cdot V^2 \quad (12)$$

- где v -скорость резания ножа, м/с.
- Зависимость общего сопротивления резанию P от толщины стружки h при угле резания $\alpha=17^\circ$.

Зависимость общего сопротивления резанию P от толщины стружки h при угле резания

- Данная зависимость просматривается на графике, где видно, что значительная часть сопротивления резанию приходится на сопротивление деформации срезаемого слоя и незначительная доля сопротивления резанию приходится на третий член рациональной формулы – сопротивление зависящее от скорости v_c

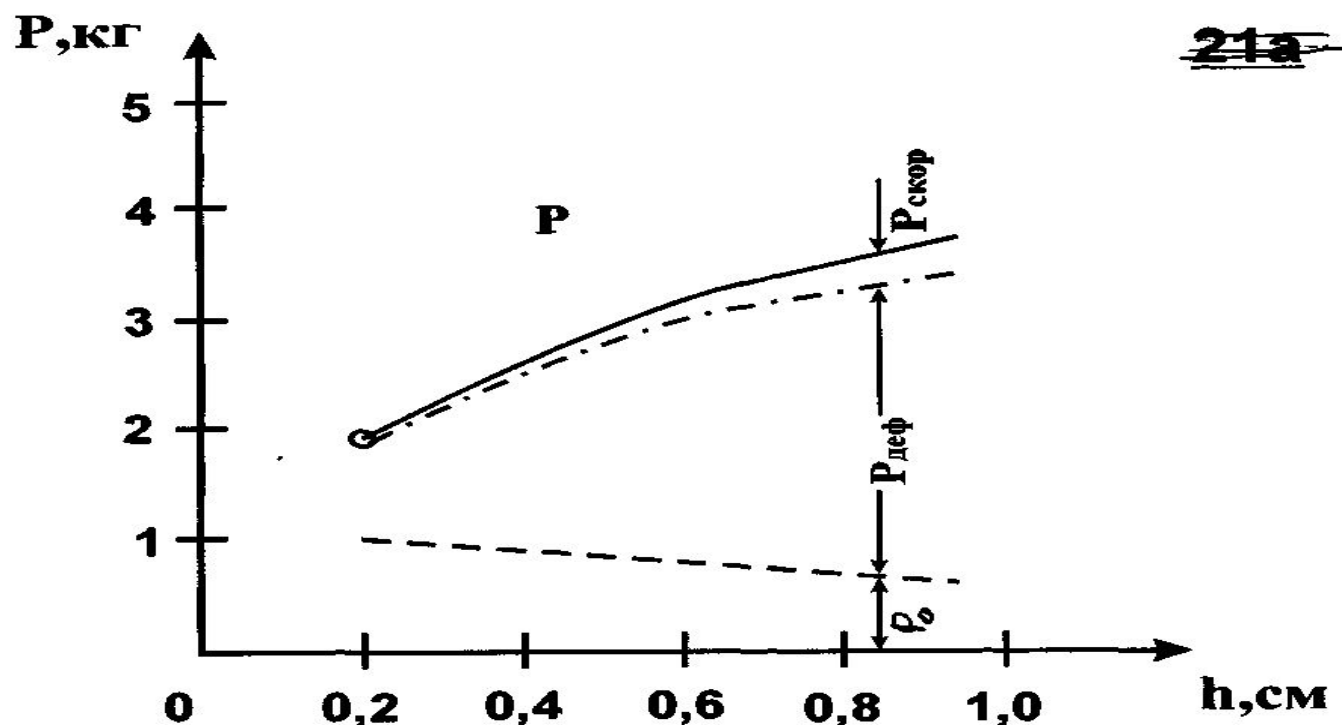


Рис.1. Распределение усилия резания составляющим сопротивления при $\angle\alpha=17^\circ$ кормовой свеклы

Определение производительности и мощности привода корнерезок.

Производительность дисковых и барабанных корнерезок

$$Q = 60 \cdot V \cdot n \cdot \rho \quad (13)$$

,кг/ч

- где V – объем продукта, срезанного ножами за один оборот диска или барабана, м³;
- n – частота вращения режущего аппарата, мин⁻¹;
- ρ – плотность корнеплодов кг/м³.
- Значения V для корнерезок каждого типа в зависимости от вида применяемых ножей различно. Так для дисковой корнерезки, имеющей ножи со сплошным лезвием, объем продукта определяется:

Подставив значение V в формулу (13) получим (15)

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot h \cdot Z \cdot n \cdot \rho \cdot k_0 \cdot k'$$

- где R - радиус круга, описываемого внешним концом лезвия ножа, м;
- r – радиус круга, описываемого внутренним концом лезвия ножа, м;
- h – толщина отрезаемой стружки, м;
- z - число ножей;
- n – частота вращения диска, мин⁻¹;
- k_0 – коэффициент использования длины ножей: для вертикально-дисковых корнерезок $k_0 = 0,3...0,4$; для горизонтально-дисковых $k_0 = 0,8...0,9$;
- k' - коэффициент, учитывающий пустоты между частицами продукта = $0,6...0,7$.
- Если диск или барабан корнерезки снабжен ножами с гребенчатым или совочкообразным лезвием, при которых стружка толщиной h снимается лишь проходом двух ножей в формулы объема V и производительности Q вместо z подставляют $z/2$.

Мощность привода корнерезок

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad (16) \text{ ,Вт}$$

- где N_1 – преодоление сил сопротивления резанию корнеплодов;
- N_2 - преодоление сил трения, возникающих при соприкосновении продукта с движущимися частями машины (барабаном или диском);
- N_3 – преодоление сил сопротивления в передаточном механизме.

Мощность затрачиваемая на резание

$$N_1 = g_0 \cdot L \cdot Z \cdot v_{\text{ср}} \cdot k_0 \cdot k' \quad (17) \quad \text{,Вт}$$

- где $g_0 = 1500 \dots 2000$ – удельное сопротивление резанию, Н/м;
- L – длина ножа, м;
- Z – число ножей;
- v – средняя скорость резания, м/с;
- k_0 – коэффициент использования длины ножей.
- k' – коэффициент учитывающий пустоты между частицами продукта.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения

$$N_2 = M \cdot \omega = \frac{2}{3} \cdot T \cdot R \cdot f \cdot \omega \cdot \beta \quad \text{,Вт} \quad (18)$$

- где T - нормальная сила давления, Н;
- R – радиус, описывающий внешним концом лезвия ножа, м;
- f – коэффициент трения продукта о диск;
- ω - угловая скорость, с^{-1} ;
- β - коэффициент, учитывающий уменьшение нормальной силы давления продукта о диск за счет срезания стружки ножами.

$$T = 9.81 G \operatorname{tg} \alpha$$

- **Нормальная сила** давления зависит от количества продукта G , находящееся в загрузочной камере и угла α наклона плоскости загрузочной камеры. Следовательно

Кол-во продукта в загрузочной камере

$$G = V_{\text{з.к.}} \cdot \rho \quad (20)$$

где $V_{\text{з.к.}}$ – объем загрузочной камеры, м^3 ;
 ρ – плотность корнеплодов, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Следовательно

$$N_2 = \frac{2}{3} \cdot 9.81 \cdot G \cdot R \cdot f \cdot \omega \cdot \beta \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \text{ ,Вт} \quad (21)$$

**Мощность, затрачиваемая в
передаточном механизме**

$$N_3 = (N_1 + N_2) \cdot (1 - \eta) \text{ ,Вт} \quad (22)$$