

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Машины и оборудование в растениеводстве

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»**

**Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1Лекция №1Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2Лекция №2Теория и расчет машин и орудий для дополнительной обработки почвы.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3Лекция №3 Основы теории и расчета машин для посева. ....</b>	<b>22</b>
<b>1.4Лекция №4 Основы теории и расчета рядовых сеялок. ....</b>	<b>24</b>
<b>1.5Лекция №5Расчет машин для внесения органически удобрений.....</b>	<b>30</b>
<b>1.6 Лекция №6Проектирование режущего аппарата.....</b>	<b>38</b>
<b>1.7Лекция №7Проектирование мотовила.....</b>	<b>50</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1Лабораторная работа №ЛР-1. Определение коэффициента трения сельскохозяйственных материалов.....</b>	<b>61</b>
<b>2.2Лабораторная работа № ЛР-2.Профилирование лемешно – отвальной поверхности (ЛОП) корпуса плуга.....</b>	<b>65</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3. Расчет параметров плуга.....</b>	<b>69</b>
<b>2.4Лабораторная работа № ЛР-4 Проектирование зубовой бороны.....</b>	<b>73</b>
<b>2.5Лабораторная работа № ЛР-5 Исследование работы катушечных высевающих аппаратов.....</b>	<b>77</b>
<b>2.6Лабораторная работа № ЛР-6 Расчет режущего аппарата и его анализ.....</b>	<b>81</b>
<b>2.7Лабораторная работа № ЛР-7 Расчет и анализ мотовила.....</b>	<b>83</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Проектирование лемешно-отвальнойной поверхности корпуса плуга»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Проектирование лемешно-отвальнойной поверхности корпуса плуга.
2. Анализ технологических свойств ЛОП. Тяговое сопротивление плуга.
3. Рациональная формула академика В.П. Горячкина. (интерактивно)

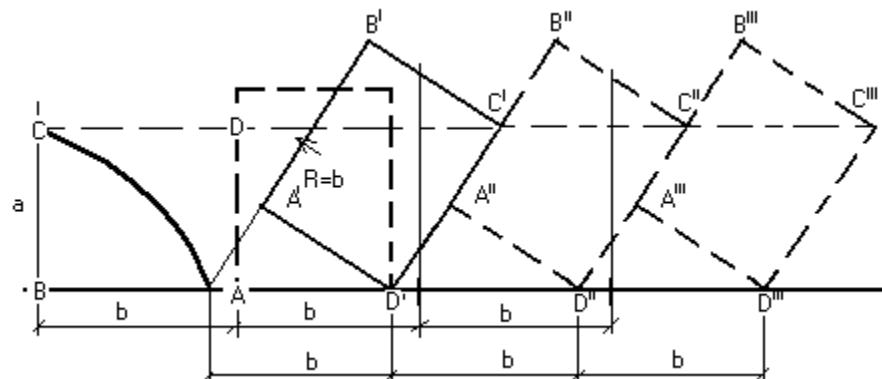
### 1.1.1 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Проектирование лемешно-отвальнойной поверхности корпуса плуга.

Плужный отвал состоит из лемеха, груди отвала и крыла. Рассмотрим основания каким определяется поперечный контур отвала. Эти основания заложены в самом рабочем процессе выполняющимся плугом. Процесс же протекает следующим образом

Фазы обработки пласта

1. Отделение пласта в виде части почвенного слоя глубиной  $a$  и шириной  $b$  в это выполняется лемехом и ножом.
2. Подъем пласта с подворачиванием его в сторону борозды – это фаза выполняется грудью отвала
3. Окончательное опрокидывание пласта в борозду – выполняется крылом отвала



Очертания профиля дна борозды может быть определено размерами поперечного сечения пласта шириной-  $b$  и глубиной - $a$  в предположении что отвальный пласт не изменит своих размеров. Однако в действительности профиль борозды уплотняется от очертаний определенными размерами  $a$  и  $b$ . Однако для уяснения схемы перемещения пласта плугом условность полезна для установления геометрических размеров введем обозначения – а глубина пахоты, в ширину.  $\frac{b}{a} = k$  отношение ширины к глубине.

$\delta$ -угол  $B'D_0D'$  угол наклона отвального пласта к горизонту из треугольника  $A''D'D''$  можно видеть  $a=bsin\delta$ , следовательно  $k=\frac{b}{a}=\frac{1}{sin\delta}$  или

$$\sin \delta = \frac{1}{k}; \cos \delta = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k} - u_3 \cos^2 \delta + \sin^2 \delta = 1$$

$$m.e. \sin \delta = \frac{\sin^2 \delta + \cos^2 \delta}{k} : k \sin \delta = \sin^2 \delta + \cos^2 \delta$$

$$\cos^2 \delta = k \sin \delta - \sin^2 \delta : \cos^2 \delta \leq 1 - \frac{1}{k^2} = \frac{k^2 - 1}{k^2}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}}$$

отсюда  $b^2 = a\sqrt{a^2 + b^2}$  разделим на  $a^2$

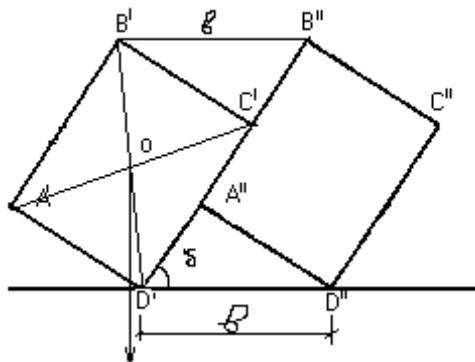
или  $k^2 = \sqrt{1 + k^2}$ , что приводит к биквадратному уравнению  $k^4 - k^2 - 1 = 0$  действительный корень которого  $k_0 = 1.27$ . Воспользовавшись последней формулой можно определить

$$\text{пределенный наклон пласта } \delta_0 : \sin \delta_0 = \frac{1}{1.27} = 0.787$$

что соответствует  $\delta_0 = 52^\circ$ . Таким образом  $k$  должно быть больше  $k > 1.27$ . Наиболее ходовые значения  $1.27 < k < 2$ .

#### Построение профиля борозды.

Отношение  $k$  важную роль в качественном строении работы плуга. Одно из главных требований предъявляемых к работе плуга заключается в полной заделке травы, растительных остатков и навоза, что достигается совершенным оборачиванием пласта травой вниз. Откинутый на сторону пласт в общем случае смыкается с отвернутым ранее пластом. Опираясь на него в т. С'.

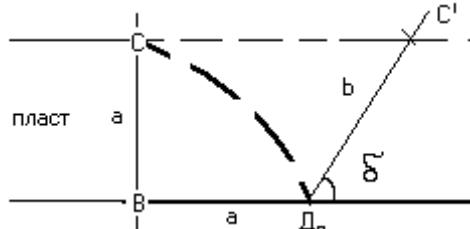


Если принять, что центр тяжести поперечного сечения пласта располагается на пересечении диагоналей в т. О то в зависимости того, как расположится вертикаль проведения через т. О относительно опорных точек можно предусмотреть будет ли отвернутый пласт сохранять устойчивое или неустойчивое положение. Очевидно когда сила тяжести проходит внутри опорных точек Д', Д'' положение пласта будет устойчивое. Неустойчивое положение будет когда диагональ пласта станет вертикально или будет наклонена в сторону борозды. В последнем случае пласти будет опрокидываться обратно в борозду. То или иное положение диагонали пласта В', Д' зависит от его размеров, точнее от отношения  $k$ . Вертикальное положение диагонали следует считать предельным. Из подобия прямоугольных треугольников  $D'B'C'$  и

$\Delta A'D'$  можно получить отношение соответствующих сторон  $\frac{D'D'}{D'B'} = \frac{A'D'}{D'C}$ , но так как  $D'D' = b$

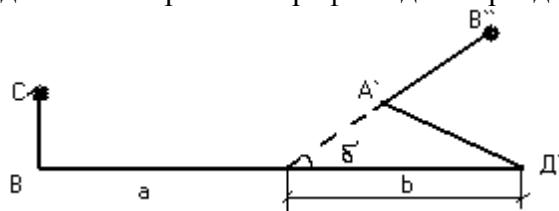
$$D'B' = \sqrt{a^2 + b^2}, D'C = b, A'D' = a, \text{ то } \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{a}{b}$$

1. Отложить по вертикали длину  $CB = a$  и перенести этот размер на горизонталь  $B'D_0$



2. Из точки  $D_0$  как из центра радиусом равным в провести дугу, которая пересечет горизонталь  $CC'$  на уровне непаханого поля, которое отметит точку  $C'$ . Прямая  $C'D_0$  определит положение отваленного пласта и углом  $\delta$  его наклона ко дну борозды, чтобы получить профиль борозды остается поместить сечение пласта. Для этого надо той же дугой радиуса  $C'D_0 = b$  засечь нижнюю горизонталь  $B'D'$  соответствующую дну борозды и получить точку  $D'$ , где находится нижнее ребро отваленного пласта. Далее остается опустить перпендикуляр из  $D'$  на  $D'B'$ , а из  $C'$  на  $B'D_0$ .

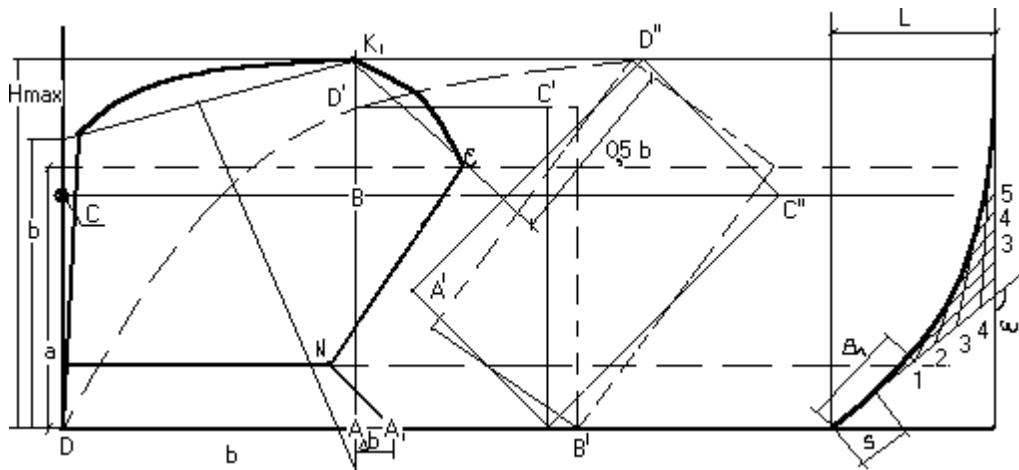
Контур  $CB'D'A'B'$  определить поперечный профиль дна борозды.



#### Построение поперечного контура отвала (ПКО)

Отвал плуга, поднимая и отваливая пласт перемешается по вскрываемой борозде. Для правильного отваливания пласта прежде всего необходимо, чтобы отвал свободно перемещался в борозде к черченой её поперечным профилем и не нарушая последнего. Профиль борозды целиком определяется размерами пласта  $a$ ,  $b$ , следовательно и поперечный контур отвала выполненный по профилю борозды должен определяться размерами пласта. ПКО очерчивается с четырех сторон контурными линиями, т. наз. обрезом левым (по ходу плуга) обрезом КВ обращенным в сторону не паханного поля (полевой обрез), нижним. АВ совпадающим с профильной линией дна борозды и являющимся проекцией лезвия лемеха, правым обрезом  $B_2D_0$  направленным по верхней грани отваленного пласта и наклоненным под углом  $\delta$  ко дну борозды, который определяется из соотношения  $\sin \delta = \frac{1}{k}$  и верхним обрезом  $KgB_2$  замыкающим контур отвала по линии расположенной на достаточной высоте, где исключается возможность пересыпания почвы через отвал.

#### Построение лобового контура отвала по Щучкину.



Вычисление углов  $\gamma$  между образующими и стенкой борозды.

Для этого на вертикальной проекции корпуса плуга наносят образующие. Выбирают точку О начало координат OZ и OY на высоте пересечения лемеха с отвалом. Вниз от т. О проводят три образующие (1-1', 2-2', 3-3') 3-3' совпадает с лезвием лемеха. Вверх от оси Z от начала координат О проводят образующие.

Углы образующих со стенкой борозды для отвалов культурного типа изменяются по уравнению параболы.

$$y = \frac{6.2 \times Z^2}{Z^2 + 100} \text{ cm}$$

где  $z$  –абсциссы образующие от начала координат О вверх или вниз до очередной образующей, см

у- соответствующей ординаты определяющее приращения угла  $\gamma$  в масштабе условно выраженному в см.

Задаваясь значениями  $z$  и подставляя их в формулу определяют соответствующие значения  $y$ . Расчет проводят для верхней и нижней ветви кривой. Для определения значения углов  $\gamma$  от  $\gamma_{\min}$  до  $\gamma_0$  (нижняя ветвь); от  $\gamma_{\min}$  до  $\gamma_{\max}$  (верхняя ветвь).

делить масштаб  $\gamma$ .

$$\Delta\gamma = \gamma_{\max}$$

$$\gamma = \gamma_+ + i\gamma'$$

$$\gamma_+ = \gamma_- + \langle D \rangle$$

$$\nu_{\pm} \equiv \nu_{\pm} + iN$$

Расчетные величины заносят в таблицу

Расчетные величины заносят в таблицу.									
Верхняя ветвь параболы					Нижняя ветвь параболы				
образую щая	Z см	У см	$\gamma$ град	$100\tg\gamma$ мм	образ ующа я	Z см	У см	$\gamma$ град	$100\tg\gamma$ мм

1-1`					1-1`				
2-2`					2-2`				
3-3`					3-3`				

Углы  $\gamma$  образующих со стенкой борозды для отвалов полувинтового типа изменяются по уравнению параболы

$$y=z^2/2P$$

P- параметр определяемый в зависимости от выбранного масштаба

$$2P = \frac{Z_{\max}^2}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}$$

$$\text{при } \mu = 1 \quad \mu = \frac{\Delta y}{\Delta \gamma} = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} = \frac{y_{\max}}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}$$

$$y_{\max} = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}$$

Далее подсчитываем промежуточные значения

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + iy_1$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + iy_2$$

Для построения горизонтальной проекции необходимо знать закон изменения угла образующей со стенкой борозды

$$y=6,2x^2/x^2+100; \text{ здесь } x=z_i-z_1; \quad y=x^2/2P;$$

$$y = \frac{r_i - \gamma_{\min}}{\lambda} ; \quad 2P = \frac{(H_{\max} - z_1)^2}{y_{\max}}$$

$\lambda$  можно подсчитать; здесь  $y = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}$  при  $\lambda = 1$

$$\lambda = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{y_{\max}}$$

$$\text{тогда } \gamma_i = \lambda_y + \lambda_{\min}$$

N образ	Zсм	Yсм	$\gamma$	$\operatorname{tg} \gamma$

Строим нулевую образующую под углом  $\gamma_0$  перпендикулярно к ней откладываем плоскость в которой построена направляющая кривая. Сносим точки пересечения образующих с направляющей кривой на ось у. Направляющей NN затем от точки параллельно оси x откладываем вниз отрезок равный 100мм а на перпендикуляре к нему отрезок равный отрезку по направляющей диаграмме тангенсов и проводим направляющие под углом равным  $\operatorname{tg} \gamma$ . Сносим точки с вертикальной проекции и строим

продольно вертикальную проекцию. Строим ортогональные проекции. Для этого разбиваем отрезок вправо от диаграммы тангенсов на 14 частей 14 см. и по образующим строим точки расстояние от вертикали которых равно расстоянию от нулевой направляющей до соответствующей направляющей по горизонтальной проекции. Замеряя длину этих проекций строим развертку.

## **2. Анализ технологических свойств ЛОП. Тяговое сопротивление плуга.**

1. Определение расчетной нагрузки на корпус, тяговые предохранители.

Ранее определили  $R_x$ ,  $R_y$ , и  $R_z$ , наибольшее значение имеет  $R_x$  т.к  $R_y=0,25\dots0,45 R_x$ .  $R_z=0,2 R_x$ .

$$R_x = \eta \frac{P}{n} [H] \quad (1) \text{ P-тяговое сопротивление плуга.}$$

Она определяет энергетику процесса. Один из путей определения Р-экспериментальный Горячkin B.P. определил, что сопротивление состоит из трех составляющих.  $P_1=f * \sigma [H]$ ,  $f$ -коэффициент протаскивания,  $\sigma$ -вес плуга,  $f=0,2\dots0,4$ ;  $\sigma=m*g [H]$ .  $P_1$ -на трение в подшипнике, на трение корпусов о дно борозды и образование колеи опорных колес.  $P_1=(35-40\%)*P$  от общего тягового сопротивления. Вторая категория составляющего связана деформацией пластины: отрезание, подъем, крошение, оборот.

$$P_2=kabn [H] \quad (3)$$

$k$ - где равен пределу прочности удельного сопротивления почвы вспашки [Н].

Величину и размерность  $k$  можно определить из выражения (3)

$$k = \frac{P_2}{abn} [H / m^2, Pa]$$

$k$ -зависит от влажности, физ.мех. свойства, от формы конструкции рабочего органа, предплужника.

$P_2$ -составляет 55-60% от Р.

$P_3$ -связана с перемещением пластины в борозду по аналогии с перемещением пластины в газе или жидкости.

$$P_3 = \xi abnV^2 [H] \quad (4)$$

$V$ -скорость перемещения плуга, м/с

$\xi$ -величину и размерность определяем из формулы (4).

$$\xi = \frac{P_3}{abnV^2} \left[ \frac{Hc^2}{m^4} \right] \text{-скоростной коэффициент.}$$

$\xi=(2\dots10)10^3 \left[ \frac{Hc^2}{m^4} \right]$ -зависит от технологических свойств почвы.

$P_3-(3\dots5)\%P$ -при скорости.

Тогда  $P=P_1+P_2+P_3$  (5)-можно определить аналогично.

## **3. Рациональная формула академика В.П. Горячкина. (интерактивно)**

$$P = fG + kabn + abnV^2 \quad (6) \text{-названа рациональной.}$$

КПД плуга

$$P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad P = fG + kabn + \xi abnV^2 \quad (1)$$

$P_1$ -мертвое сопротивление

$P_2$  – полезное сопротивление

$$\eta = \frac{abn(k + \xi V^2)}{fG + abn(k + \xi V^2)} \quad (2)$$

до 5 км/ч,  $P_3$  – полезное

свыше 5 км/ч,  $P_3$  – увеличивается

Основная задача конструкторов уменьшить  $P_3$ , тогда

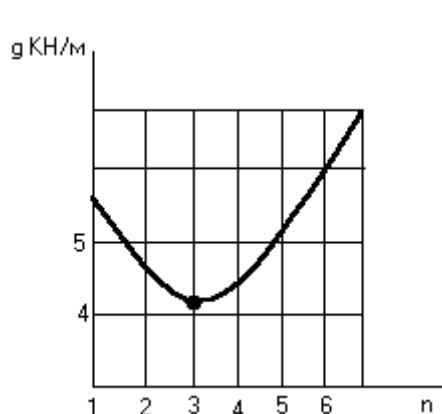
$$\eta = \frac{kabn}{fG + kabn + \xi abnV^2} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{P - P_1}{P} = 1 - \frac{fG}{P} \quad (4)$$

если числитель и знаменатель (3) разделить (бп) ширина захвата плуга.

$$\eta = \frac{ka}{f(G/bn) + ka + \xi aV^2}$$

( $G/bn$ ) – металлоемкость плуга  $g$  [Н/м], тогда



$$\eta = \frac{ka}{fg + ka + \xi aV^2} \quad (6)$$

анализ Синеоковым получила зависимость.

Наименьшую металлоемкость имеют 3-х корпусные плуги.

По данным Синеокова

$$\eta_{\text{навесных плугов}} = 0.6 \dots 0.8$$

$$\eta_{\text{прицепных}} = 0.5 \dots 0.7$$

снижение объясняется тем, что прицепные плуги имеют большее число колес, поэтому на образовании колеи, смятие почвы затрачивается больше.

#### Удельное сопротивление почвы.

В формулу Горячкина входит к

$$P = fG + kabn + \xi abnV^2$$

$$\text{отсюда } k = \frac{P - fG - \xi abnV^2}{abn} \quad (7)$$

$abn$  – поперечное сечение пласта.

Отсюда удельное сопротивление почвы зависит от свойств почвы, силы тяжести, поперечного сечения пласта, состояние лезвия лемеха, предплужника дискового ножа (где это здесь?)

$P_3 = (3 \dots 5\%)P$ ,

$P$  до 5 км/ч. это соизмеримо с ошибкой опыта и тогда

$$k = \frac{P - fG}{abn} = \frac{P - P_1}{abn} \quad (8)$$

удельное сопротивление почвы орудия.

Отношение полезного сопротивления почвы, затраченного на крошение и оборот на поперечное его сечение. Физический смысл- какую работу нужно совершить, что обернуть и раскрошить пласт заданного сечения.  $k=120\dots130\text{ кПа}$ .

По удельному сопротивлению почвы профессор Некрасов подразделяет почву на несколько типов.

Тип почвы	к, кПа
1.Легкая	До 30
2.Средняя	От 30 до 50
3.Средне-тяжелая	От 50 до 70
4.Тяжелая	От 70 до 90
5.Очень тяжелая	От 90 до 130

Знакомясь с почвооборотными машинами вы видели, что  $k=0,9 \text{ кгс}/\text{см}^2$  т.е. 4 категория.

Можно определить к 1) путем динамометрирования определить

2)к включает и трение полевой доски о стенку борозды.

В ВИСХОМЕ. Был изготовлен стенд.

Записывают числовое  $Rx$  без учета трения полевой полевой доски

Полевая доска.

$$k_0 = \frac{Rx}{ab}$$

3) Третий способ определения к

$$k_1 = \frac{P}{abn}$$

$$k_0 = \eta k_1$$

#### Удельное сопротивление плуга

В формулу Горячкина входит 3 коэффициента

$f=0.2\dots0.4$

$k_{\text{почвы}}=30\dots130 \text{ кПа}$

$$\xi = 200\dots1000 - \frac{\kappa \gamma c * c^2}{M^4}$$

В практике пользуются упрощенной формулой .

$P=k_{\text{пл}}abn$  (9) тяговое сопротивление.

$k_{\text{пл}}=P/abn$  (10) путем динамометрирования.

Физический коэффициент полнее раскрывается если числитель и знаменатель умножить на  $V$

$k=PV/abnV$  (11)

$PV$ -мощность

$abnV$ - объем почвы.

Какую мощность нужно затратить чтобы раскрошить и обернуть единицу объема пласта.

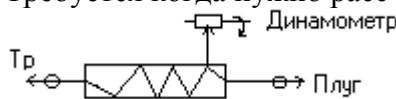
$k_{\text{пл}}>k_{\text{почвы}}$  это видно, если подставить в 10 выражение 1.

$$k_{\text{пл}} = \frac{fG + kabn + \xi abnV^2}{abn} = \frac{fG}{abn} + k + \xi V^2$$

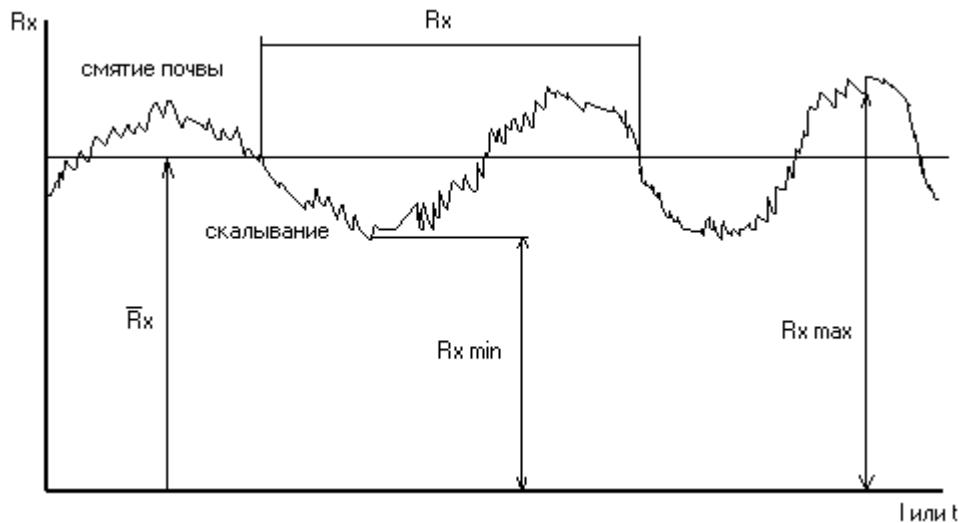
$$k_{\text{пл}} = k_{\text{почвы}} + \left( \frac{fG}{abn} + \xi V^2 \right)$$

Определение расчетной нагрузки на корпус.

Требуется когда нужно рассчитать конструктивные параметры.



типичная диаграмма тягового сопротивления выглядит:



микровсплески – неоднородный состав.

Как показали исследования

$$R_{x \max} = 2 \dots 2,7 \bar{R}_x$$

$$V = \pm 80 \dots 100\%$$

Какую величину брать в качестве расчетной? Конечно  $R_{\max}$ . При встрече с препятствием корпус будет встречать

$$R_{\text{пред}} = R_{x \max} + J_{tp} + J_p$$

$J_{tp}$  – сила инерции трактора

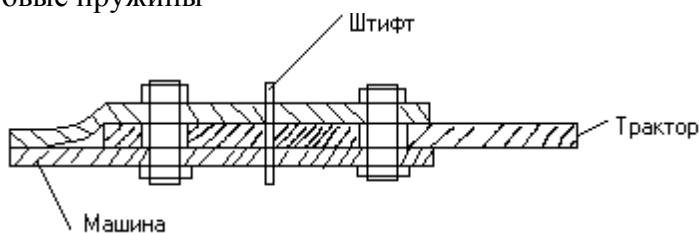
$J_p$  – сила инерции плуга

Если брать  $R_{\text{пред}}$ , то будет громоздкая конструкция, поэтому имеется тяговый предохранитель:

тяговые – предохранители индивидуальные

тяговые предохранители – группового действия – отключает всю машину при встрече одного корпуса с препятствием.

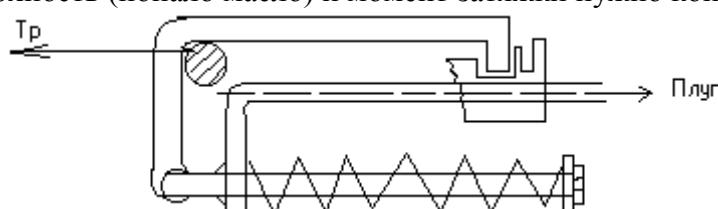
Фрикционно-штифтовые пружины



$$Q_{\text{зат.}} = R_{\max} / 4f$$

Зависит от момента затяжки и диаметра штифта.

Недостаток – поверхность (попало масло) и момент затяжки нужно контролировать.



$R_{\text{сарбот.тяг пред.}} > R_{\max}$

$$R_{\text{пред}} = 2 R_x * n.$$

Когда корпус плуга встретиться с препятствием, плуг испытает

$$(n-1) \bar{R}_x + 2 R_x - \text{корпус который встретился с препятствием.}$$

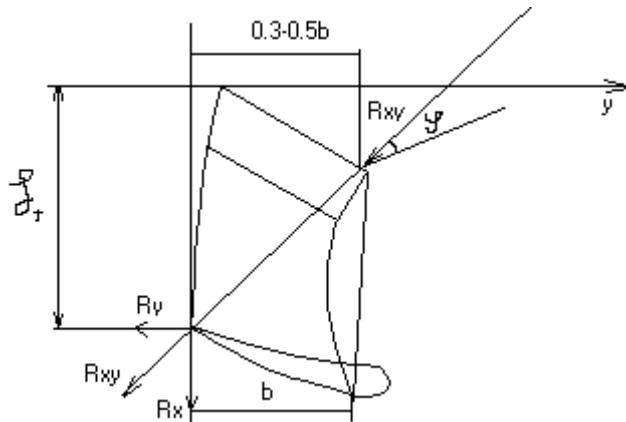
Расчетная нагрузка на корпус, который встретится с препятствием.

$$R_{\text{расч}} = 2 R_x n - (n-1) R_x = (n+1) \bar{R}_x$$

Расчет полевой доски на прочность

$$R_{\text{расч}} = (n+1) \bar{R}_x \quad (1) \quad R_x = \eta \frac{P}{n} \quad (2)$$

$$R_{\text{расч}} = \frac{n+1}{n} \eta P \quad (3)$$



$$R_y = C R_x \quad (4) \quad C = (0.25-0.45)$$

$$R_y = (0.25-0.45)(n+1) \eta \frac{P}{n} \quad (5)$$

Основной силы деформирующей полевую доску –  $R_y$

Изгибающий момент  $Mu = RyLg$



$Lg = 0.5Lt$ :

Полевая доска - балка прямоугольного сечения

$$Mu = W[\sigma_u]$$

$$W = \frac{ht^2}{6}$$

$$RyLg = \frac{ht^2}{6} [\sigma_u]$$

h- высота, нормируемая по стандарту 150-180мм

$h_{\text{спец}} = 60-80\text{мм}$

$$t = \sqrt{\frac{6RyLg}{h[\sigma]}} R_y \text{ из (5)-го выражения.}$$

Т.е. спроектировать доску, которая выдерживать max усилия.

Наибольшее тяговое сопротивление, которое может быть передано штифтовым предохранителем

$$P_{\max} = P_{\text{ср}} + P_{\text{тр}}$$

$P_{\text{ср}}$ - усилие, необходимое для среза штифта

Ртр-суммарная сила трения

$$\text{Т.к } P_{cp} = 2F \tau_{cp}$$

Ртр=6fN, то

$$P_{max} = 2(F \tau_{cp} + 3fN)$$

Где F –площадь сечения штифта

$\tau_{cp}$  -предел прочности на срез.

f- коэффициент трения

N-нормальное усилие затяжки болтов.

$$N = \frac{1}{6f} (P_{max} - 2 \frac{\pi d^2}{4} \tau_{cp})$$

если без штифта с двумя плоскостями трения

$$Q = P_{max}/2f.$$

## 1.2 Лекция №2 (2 часа).

**Тема: «Теория и расчет машин и орудий для дополнительной обработки почвы»**

### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Типы борон и особенности взаимодействия рабочих органов с почвой.
2. Основы проектирования зубовых борон, расчет их основных параметров и рабочего сопротивления. (интерактивно)
3. Теория и расчет машин и механизмов и орудий для дополнительной обработки почвы

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Типы борон и особенности взаимодействия рабочих органов с почвой.

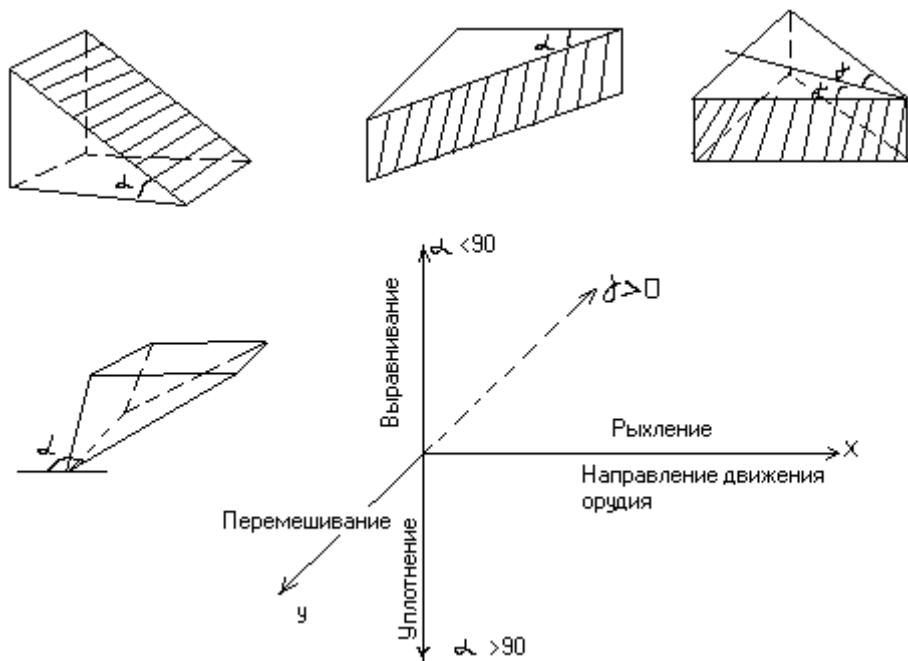
Бороны, культиваторы снабжаются безотвальными рабочими органами – зубьями, лапами. Назначение указанных рабочих органов определяется агротехническими требованиями применительно к предпосевной обработки почвы.

Бороны предназначены к поверхностной обработке почвы и снабжаются короткими часто расставленными и жестко укрепленными на раме зубьями.

Указанными рабочими органами осуществляются следующие процессы.

1. Рыхление
2. вырывание сорняков
3. Перемешивание почвенных частиц, и выравнивание поверхности.

Все эти процессы можно осуществить простыми элементарными клиньями при соответствующим их перемещении. Так для выдергивания или подрезании корней сорных растений используется простой клин с горизонтальным ребром и рабочим углом  $\alpha$  перемещение такого клина одновременно рыхлит пласт.



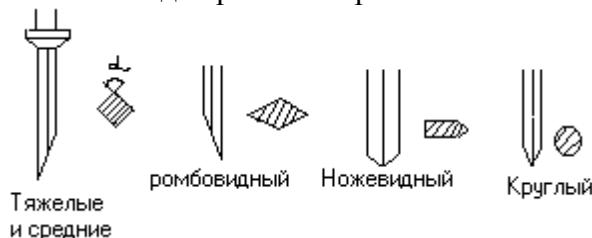
1. Для рыхления и выравнивания применяется простой клин с горизонтометром и  $\alpha = \frac{\pi}{2}$
2. Для перемешивания частиц применяется простой клин в вертикальным ребром с углом  $\gamma$  или клин двухсторонний с симметрично расположенным рабочими гранями.
3. Для уплотнения применяется простой клин с горизонтальным ребром и тупым углом  $\alpha$ .
4. Движение клиньев по оси  $x$  вызывает рыхление, при этом перемещение клина с углом  $\alpha < 90^\circ$  сопровождается подъемом частиц почвы и выдергиванием растительности. Если угол  $\alpha > 90^\circ$ , то имеет место опускание частиц (уплотнение). Наличие клина с углом  $\gamma$  сопровождается раздвиганием частиц почвы в сторону и перемешивание.

Зубовые бороны, рабочие органы которых отличаются слабо выраженными формами рабочих элементов на ряду с рыхлением, осуществляют перемешивание почвы и вырывание растительности.

Зубовые бороны типа зигзаг в зависимости от веса бороны приходящейся на 1 зуб изготавливают в трех вариантах:

1. Легкие 0,4-1,0 кг массы на один зуб
2. средние 1,3-1,8 кг
3. Тяжелые 1,9-2,3 кг

Зубья борон зигзаг выполнены в виде прямых стержней.



#### Лугопастбищные бороны

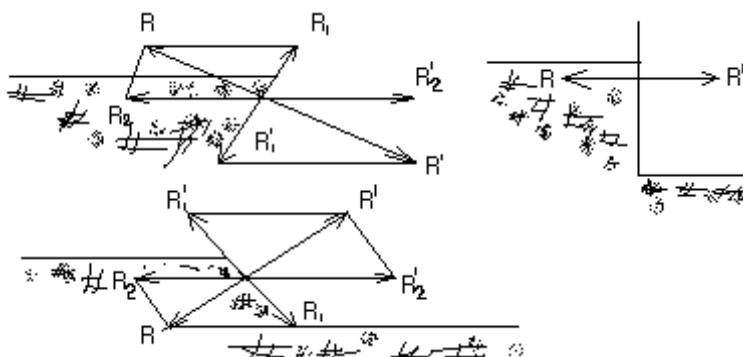
Если пренебречь трением и считать, что сопротивление  $R'$  со стороны почвы или корешка растения попавшего на пути зуба нормальным к рабочей грани или ребру последнего, то

слагающая  $R_1'$  вдоль зуба будет действовать вниз. Стремясь заглубить зуб если  $\alpha < \frac{\pi}{2}$  и

вверх если  $\alpha > \frac{\pi}{2}$

Зуб со своей стороны действуя на частицу или корешок с силой  $R$  будет стремиться вытянуть то и другое на поверхность с силой  $R_1$  если  $\alpha < \frac{\pi}{2}$  и наоборот заглубит если

$$\alpha > \frac{\pi}{2}$$



## 2. Основы проектирования зубовых борон, расчет их основных параметров и рабочего сопротивления. (интерактивно)

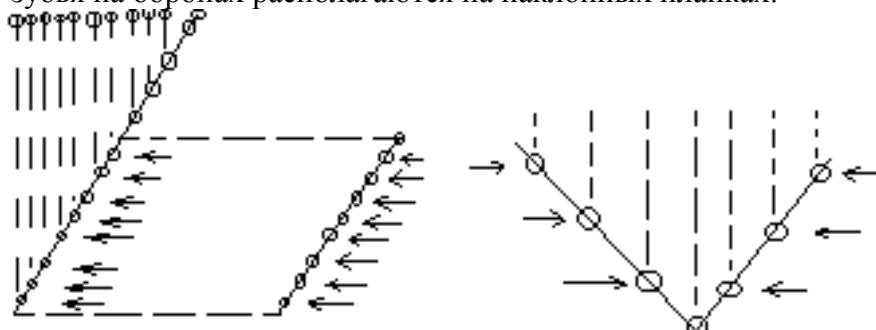
### Размещение зубьев на раме бороны.

#### Требования

Правильное размещение зубьев

1. должно обеспечивать равномерное воздействие бороны на поверхностный слой почвы
2. Спокойный поступательный ход
3. Наименьшую забиваемость растительными остатками

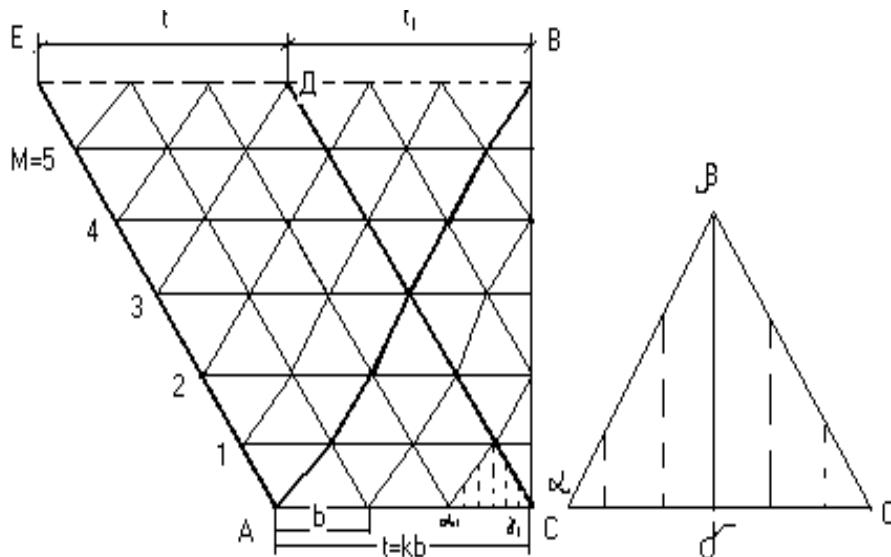
С этой целью зубья на боронах располагаются на наклонных планках.



1.  $BE = t + t_1 = kb + k_1 b = (k + k_1)b$
2. Из подобия треугольников ABC  $\alpha\beta\gamma$  ВДС и  $\beta\gamma C$  следует
3. Если размещение зубьев таково, что по одной бороздке проходит  $\mu$  зубьев то очевидно, что на отрезке  $AC = b$  будет не  $M$  бороздок, а  $m = M/\mu$   $m$  кратно  $M$

т. к. число бороздок – должно быть целым так что,  $M=m\mu$ . Для этого случая соотношение.

4. Соотношение чисел  $M$  и  $k$  может быть различным . В общем можно рассмотреть 3 случая  $M>k$ ,  $M=k$ ,  $M< k$



Рассмотрим связь между величинами определяющими зубовое поле

Отсюда видно, что наибольшее число междуурядий будет равно  $M$  на отрезке тогда  $b=Ma$  и в то же время  $b=t/k$ ,  
 $t/k=Ma$ ,  $t=kMa$ .

Таким образом число междуурядий на шаге винта  $t$  равно  $kM$ . Выводы из анализа.  
 Т. е. Чем больше к тем больше междуурядья, чем больше  $M$  тем больше междуурядий.  
 Развернув винт неограниченный длины можно построить зубовое поле желательной длины.

Построим борону.  
 Связь между величинами определяет зубовое поле.

если рассмотреть данное зубовое поле бороны можно видеть, что состоит из треугольников образованных разверткой АВ и параллельных ей линий основного винта с шагом  $t$  и ходов  $k$  и СД другого винта с шагом  $t_1$  и  $k_1$  с противоположным ходом.

такого выбора, чтобы они имели общий множитель ибо величина последнего обусловит такое же количество зубьев идущих по следу

2. Избегать числа  $M=k+1$  т.к. в этом случае  $k_1=M-k=1$ , что дает развертку одноходового винта, а она не устойчива в работе  
 3. Необходимо брать число ходов  $k < M$  т.е число ходов брать меньше числа поперечных планок.

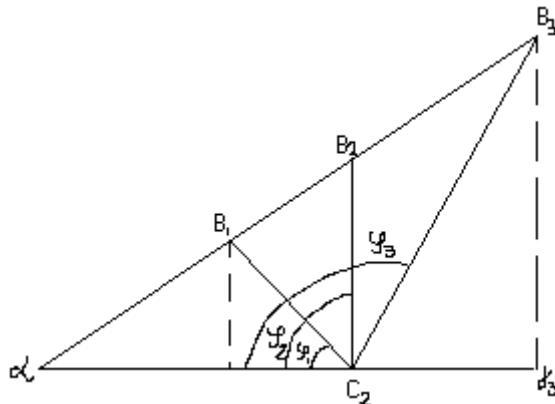
Форма рамы бороны зигзаг.

Построим зубовое поле  $k=3$ ,  $k_1=2$ ,  $M=5$

Пользуюсь построенным зубовым полем не трудно пометить контуры самой рамы.

Тогда для  $k_1$  будут такие значения  
 $k_1=M-k>0$ ,  $k_1=0$ ,  $k_1<0$

Так, что для указанных трех случаев направление дополнительной развертки будет разным. Рассмотрим треугольник  $\alpha\beta_2C$  выделив его отдельно.



$$\text{Тогда } \gamma_1 C = k_1 a = C\beta \cos\varphi$$

$$\text{отсюда } \cos\varphi = k_1 \frac{a}{C\beta} - \text{величина положительная}$$

Сторона  $\beta_2 C$  определяет направление дополнительной развертки. Отметим это направление углом  $\varphi$

следовательно для 1-го случая ( $k_1 > 0$ ) будем иметь  $\cos\varphi_1 > 0$  m.e.  $0 < \varphi_1 < \frac{\pi}{2}$

и угол  $\varphi_1$  острый. Для второго  $k_1 = 0$   $\cos\varphi = 0$   $\varphi = 90^\circ$  треугольник  $\alpha\beta_2C$  прямоугольный и зубья расположенные в вершинах  $\beta_2$  и  $C$  пойдут по одному следу.

Для третьего  $k_1 < 0$   $\cos\varphi_3 < 0$   $-\frac{\pi}{2} < \varphi_3 < \pi$  треугольник тупоугольный.

Для этого случая можно усмотреть

$$\alpha\gamma_3 = \alpha C + C\gamma_3 = b + k'_1 a = ka$$

$$\text{отсюда } k'_1 = \frac{ka - b}{a} = k - M$$

Следствие если число  $k > M$  то зубовое поле строится по числу  $k_1 = k - M$ , которое меньше  $M$ , т.е. нет необходимости пользоваться случаем  $M < k$

Например если  $M=5$   $k=7$ ,  $k'_1=2$

Принимаем  $k'_1$  за основное, будем иметь  $k=2$ .  $k_1 = M - k = 5 - 2 = 3$  и можно проверить, что для  $k=7$  и  $k=2$  при числе  $m=5$  зубовое поле одно и тоже указанные соображение позволяют задавать  $k < M$ .

В качестве общего вывода можно сформулировать правило которым следует руководствоваться при разметке зубьев и выборе формы самой рамы.

1. При выборе  $M$  и  $k$  следует избегать

$$1. \quad \gamma c = b - \alpha \gamma = b - ka = (M - k)a = (m\mu - k)a = \left(m - \frac{k}{\mu}\right)a\mu$$

$$a\mu \quad \text{-междурядье}, \quad \left(m - \frac{k}{\mu}\right) \quad \text{-число междурядий}$$

т.к  $m$ - целое то  $\frac{k}{\mu}$  должно быть целым т.е.  $k$  должно быть кратным  $\mu$ .

Следствие если по каждой борозде проходит  $\mu$  зубьев, то зубовое поле построено по развертке где число  $M$  и число  $k$  кратно  $\mu$  и обратно, если числа  $M$  и  $k$  имеют общий множитель  $\mu$ , то  $\mu$  зубьев будут идти по одной и той же бороздке.

$$\frac{t}{\alpha\gamma} = \frac{t_1}{\gamma c} = M \cdot tg\gamma = t\alpha_1\gamma.$$

$$\frac{t}{t_1} = \frac{\alpha\gamma}{\gamma c} \cdot t_1 = k_1 b \cdot t = kb$$

$$\frac{\alpha\gamma}{\gamma c} = \frac{k}{k_1}$$

Таким образом, бороздка проводимая каким либо зубом делит промежуток между следующей за ней парой зубьев на отрезки пропорциональные числам  $k$  и  $k_1$ .

Из последнего соотношения следует

$$\frac{\alpha\gamma + \gamma c}{\alpha\gamma} = \frac{k + k_1}{k} \cdot \frac{b}{\alpha\gamma} = \frac{M}{k}$$

$$\alpha\gamma = \frac{kb}{M} = ka$$

$$\gamma c = b - \alpha\gamma = b - \frac{kb}{M} = b - ka = Ma - ka = (M - k)a = k_1 a \quad (1)$$

числа на отрезке  $\alpha c$  и  $\gamma c$  прилежащих к основной и дополнительным разверткам равны соответственно числам  $k$  и  $k_1$ .

### 3. Теория и расчет машин и механизмов и орудий для дополнительной обработки почвы

Размещение лап на раме культиватора

Для обоснования правильного расположения рыхляющих и подрезающих лап на раме культиватора можно воспользоваться следующими допущениями.

1. Усилие с которым плоский клин действует на почвенный пласт отклоняется от нормали  $N$  на угол трения  $\varphi$

2. Опасные сечения  $H_1$  и  $H_2$  по которым может разрушаться пласт располагаются под некоторым углом  $Q$  симметрично к силе  $R$

Вес это дает основание считать, что в среднем скальвание не существенно отклонится от  $R$

На основании этого предположения (которые впрочем подтверждено опытным путем)

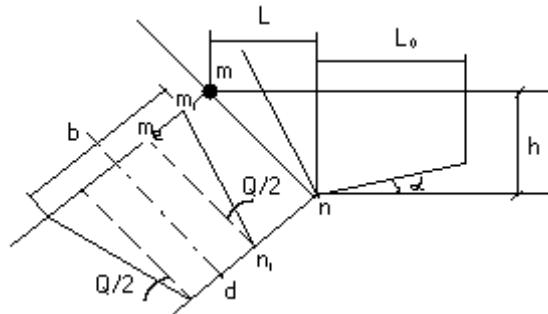
построим схему для обоснования размещения лап. Пусть лапа шириной  $d$  перемещается в почве, погруженная на некоторую глубину  $h$ .

Пред полой область деформации будет ограничена прямой  $mn$  расположенной под углом  $\varphi$  к нормали. С боковых сторон плоскостями составляющими с направл.  $mn$  угол  $Q/2$ , тогда ширина захвата  $b$  будет

$$b = d + 2m_2 m_1$$

$$n_2 m_1 = m_2 n_1 \operatorname{tg} Q/2 = m n \operatorname{tg} Q/2$$

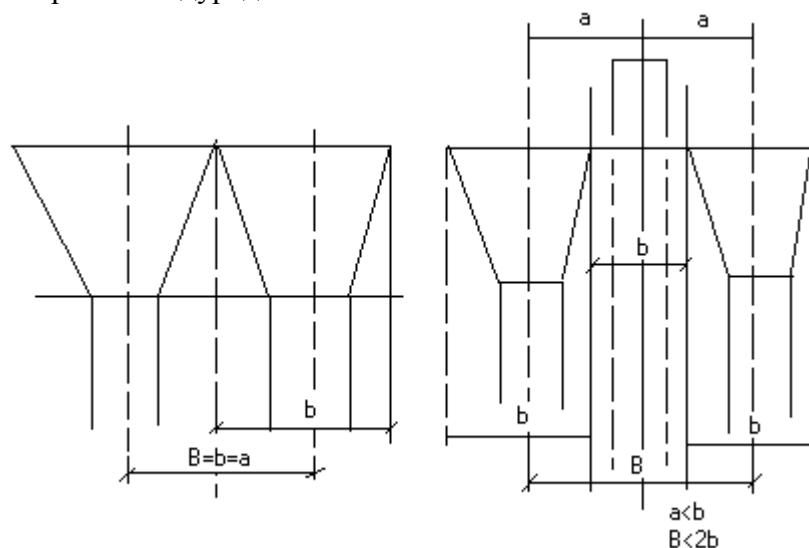
$$m n = \frac{h}{\cos(\alpha + \varphi)} - \text{тогда } b = d + \frac{2h \operatorname{tg} \varphi / 2}{\cos(\alpha + \varphi)}$$



$B$ -расстояние между лапами в ряду

$b$ -ширина захвата лапы

$a$ -ширина между рядами



Если лапы в одном ряду, то для осуществляется сплошной обработки надо их поставить на расстоянии  $B=b$  друг от друга, в этом случае  $a=b$ , чтобы не забивались лапы надо увеличить  $B$ , тогда расставленный в несколько рядов для двух нужно выполнить условие

$$2b > B > ba < b$$

а расстояние  $L$  между рядами лап должно быть больше  $L+L_0$  т.к. этим можно устраниТЬ забивание между рядами лап или зубьев

$L=htg(\alpha + \varphi)$  тогда,

$$L = L_0 + h \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

Для культиваторов с рыхлительными лапами при глубоком рыхлении установлены следующие размеры

$$a=25\text{ см}, B=50\text{ см}, L=50\text{ см}$$

при мелком рыхлении

$$a=14-15\text{ см}, B=28-30\text{ см}.$$

Для культиваторов с плоскорежущей лапой основания для расстановки теже, только захват каждой лапы перекрывает на величину  $\Delta b=40-80\text{ мм}$

Это перекрытие позволяет подрезать

сорняки и не допускать огнегревов от

прямолинейного движения. Так

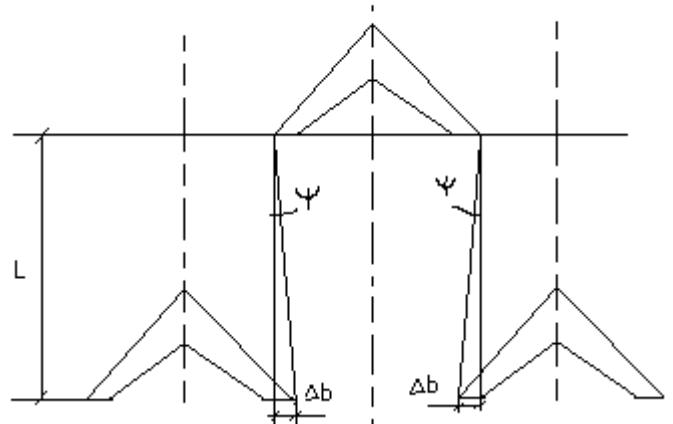
перекрытие  $\Delta b=50\text{ мм}$  позволяет

культиватору уклониться от

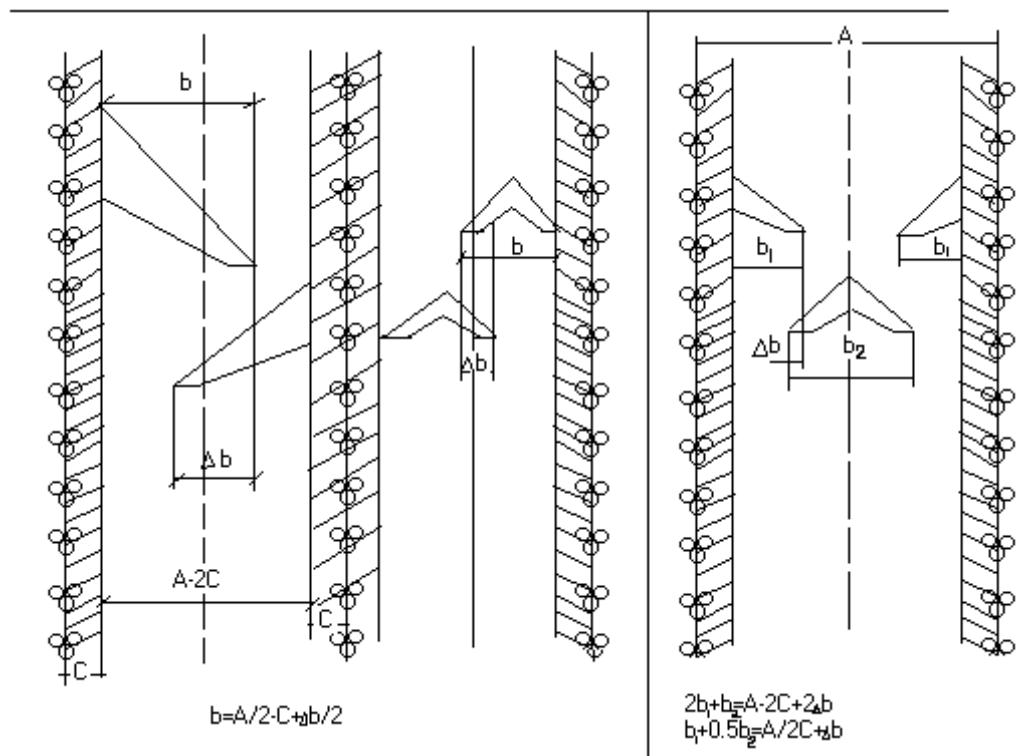
прямолинейного хода на угол  $\psi = 5^{\circ} 45'$

Определенный из соотношения

$$\operatorname{tg} \psi = \Delta b / L = 50 / 500 = 0,1$$



Ходовое размещение полольных лап



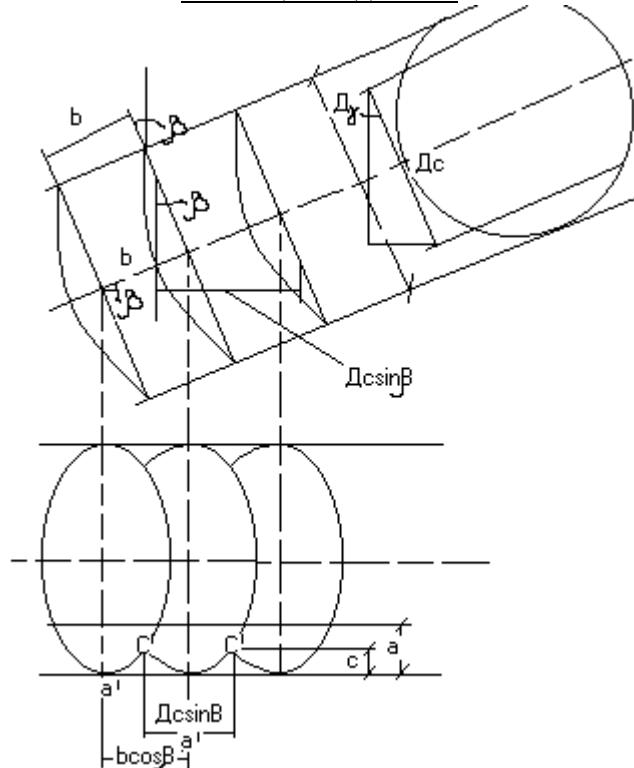
A - междурядье

C - защитная зона

$\Delta b$ - перекрытие

при использовании готовых лап отсюда можно определить перекрытие  
 $\Delta b=2(b+c)-A=2(350+50)-700=100\text{мм.}$

Размещение дисков.



Диски размещены на расстоянии  $b$  диаметров  $D$

$\beta$ -угол атаки

а- глубина обработки

С- высота гребней

$$a'a' = c'c' - c'c' = Dc \sin \beta - a'a' = b \cos \beta \text{ отсюда}$$

$Dc \sin \beta = b \cos \beta \rightarrow b = Dc \operatorname{tg} \beta \rightarrow Dc - \text{хорда погружения диска на глубину } C$

$Dc = 2\sqrt{(D - C)} \text{ тогда}$

$$b = 2 \operatorname{tg} \beta \sqrt{C(D - C)}$$

очевидно, что для определения  $b$  нужно задаваться  $C$

В существующих конструкциях  $b=170$ -бороны,  $b=165-250$ - лущильники, рекомендуется для легких почв  $25 < \beta < 30$  при  $C=50$

Для тяжелых  $30 < \beta < 35$  при  $C=35\text{мм.}$

### 1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Основы теории и расчета машин для посева»

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Технологические свойства семян
2. Определение рабочего объема катушки

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

## **1. Технологические свойства семян**

На проектирование и расчет рабочих органов большое влияние оказывают размер и масса семян, их форма, способность сопротивляться некоторым видам деформации (сжатию, срезанию) фрикционные свойства семян.

Размер продольный размер (длина) семян колеблется от 4мм (пшеница яровая) до 18,6 овес

Масса абсолютной массой семян называется масса 1000 зерен в граммах, что соответствует средней массе 1 семени в миллиграммах зерновые 20-42 г, кукурузы 150-300г.

Объемная масса семян (натура) вес 1 литра семян в граммах 750-880г/л. пшеница 700-865 – кукуруза.

Фрикционные свойства основной вид трения семян это трение скольжения. Динамический коэффициент внешнего трения для семян пшеницы, ячменя составляет  $f_d=0,3\dots0,5$

Определение рабочего объема катушки

a) Технологические определители расчета аппарата

Технологические основания расчета высевающего аппарата – ширина междуурядий, норма высева и технологические свойства семян.

- 1) Ширина междуурядий – определяет расстановку высевающих аппаратов под семенным ящиком, следовательно наибольшую длину рабочей и холостой части катушек, и наибольший поперечный размер семенной коробки.
- 2) Коэффициент трения, размером и массой семян определяется. Расположение центра рабочей катушки в семенной коробке, сечения прохода поздний диаметр семенной коробки, профиль её дна. Норма высева определяется режимом высевающего аппарата . Технологический принцип работы аппарата . Катушечный аппарат работает по смешанному принципу в нем сочетается 1.) самопроизвольное перемещение зернового материала с принудительным его движением 2.) движение «активного слоя» семян находящегося под катушкой. Зерно из отверстия семенного ящика под действием силы тяжести поступает в семенную коробку. Заполняя одновременно желобки катушки. Сужение прохода семенной коробки приводит к тому, что в сечении прохода  $h$  равным критическому самопроизвольное движение зерна прекращается . Зерно заполняющее желобки катушки при её вращении перемещается принудительно и одновременно ребра катушки передавая свой импульс слою зерна лежащему под ними приводят в движение всю толщину активного слоя зерна посредством трения.

## **2.Определение рабочего объема катушки**

Обозначив  $m_1$ - количество семян в гр. выбрасываемых на каждый погонный метр бороздки при заданной норме  $N$  кг/га и междуурядье  $a$  см можно определить, что  $m_1=N*a*1m/1000$  га/м = кг\*см\*m/га\*1000=г/м

Т.е величина  $m_1$  возрастает не только с увеличением  $N$ , но и с увеличение междуурядий, если обозначить  $\delta$  -вес 1000 зерен в г. т.е. г/1000

$$\text{To } \mu_1 = \frac{N * a}{\delta} \frac{\text{шт\_зерен}}{\text{на\_1м}} = \frac{\text{шт}}{\text{м}}$$

Отсюда видно, чем щуплее зерна тем при одной и той же норме нужно высевать больше семян.

Количество семян высеваемых за 1 оборот ходового колеса  $M_0$

$$n_{pri\_i} = n_{\text{валика}} / n_{\text{кол}}$$

$$L_{3a\_1o\delta\_ny\mu b} = \pi D \text{ - тогда}$$

$$M_0 = L^* m_1 = \pi D \frac{Na}{1000} \text{ - об колеса}$$

а при полном обороте катушки

$$m_0 = \frac{\pi D}{i} \frac{Na}{1000} \text{ - об катушки}$$

$$\mu_0 = \frac{\pi D}{i} \frac{Na}{\delta} \text{ - об катушки}$$

или за один оборот колеса

$$m_0 i = \pi D m_1 = M_0 \text{ - об колеса}$$

$$\mu_0 i = \mu_1 \pi D = M'_0 \text{ - об колеса}$$

Рассмотрим более подробно величины входящие в эти равенства  $D=1.2-1.6$  т.е. можно говорить, что  $D$  заданно  $M_0$ -тоже. Исходные величины  $i$  и  $m_0$  ( $\mu_0$ )

Если  $\gamma$  - объемный вес семян, то  $\text{г}/\text{см}^3$

$$\frac{M_0}{\gamma} = V_0 \text{ - объем высеваемый за 1 об. колеса}$$

$$m_0 i = M_0, m_0 = V_0 \gamma$$

$$m_0 = V_0 \gamma / i = \vartheta_0 \text{ - об кат.}$$

$$\vartheta_0 = \frac{V_0}{i} \text{ - рабочий объем катушки см}^3$$

следовательно  $m_0 i = M_0$  приводится к виду  $\vartheta_0 i = V_0$

$\vartheta_0$  - объем выброшенный за 1 об. катушки. Для перехода к расчету объема катушки необходимо также соблюсти условие определяющее величину  $i$ . Это условие определяется оптимальной линейной скоростью катушки  $W_{\text{кат}}$ , отнесенной к наружному её диаметру. Практически устанавливают пределы скоростей, когда процесс истечения семян происходит удовлетворительно и создается более менее равнозначная струя, обеспечивающая достаточное постоянство высева при установленном процессе. Связь между  $\vartheta_0$  и  $i$  может быть установлена следующим образом.

$$W_{\text{кат}} = \varpi r = \frac{\pi n r}{30} = \frac{\pi d n_e}{60} \text{ или } n_e = \frac{60 \varpi_{\text{кат}}}{\pi d}$$

$$n_{\text{кол}} = \frac{60 \varpi_{\text{селя}}}{\pi D} : i = n_e / n_k = \frac{60 W_k \pi D}{\pi d 60 W_c} = \frac{W_k D}{W_c d}$$

$W_c$  – поступательная скорость сеялки.

$W_{\text{кат}}/W_{\text{селя}} = A$  соотношение от 0,017 до 0,05

Тогда  $i = (0,017 \dots 0,05) D/d$

Если учесть, что  $D = 120\text{см}$ , а  $d$  в большинстве случаев  $d=5\text{см}$ , то  $i=0,4-1,6$ , а отношение длины рабочей части катушки  $L_k d L/d = 0,5 \dots 0,7$

Если  $d=5\text{см}$ , то  $L=3,5\text{см}$ .

## 1.4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Определение параметров высевающего аппарата»

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1.Активный слой семян и его свойства

2.Определение размеров катушки, Определение параметров желобка

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов

#### 1.Активный слой и его свойства.

Наблюдения показали, что при вращении желобчатой катушки перемещаются не только семена попавшие в желобки, но также некоторый слой семян толщиной  $C_0$ , так называемый активный слой. Если промежуток между катушкой и донышком больше, чем толщина активного слоя, то за последним располагается неподвижный – мертвый слой семян. Применительно к семенам различных культур толщину  $C_0$  активного слоя получающуюся при катушках разного размера и с желобками отличающимися числом и формой удобнее изучать в условном её выражении  $C_0$ , а именно такой какой могла получиться, если бы все семена перемешались в активном слое со скоростью, равной линейной скорости катушки  $\omega_{kam}$ , если  $L$  – длина катушки, то секундный объем проходящий через сечение  $C_0$ ,  $V = C_0 L W_{cp}$ , но тот же объем проходит через сечение активного слоя приведенной толщины  $V = C L W_{kat}$ .

Тогда  $C_0 W_{cp} L = C W_{kat} L = V$  отсюда  $C_0 / C = W_{cp} / W_{kat}$ . Изучать на  $C_0$  влияние каких либо факторов можно по  $C$ .  $W=f(x)$  о функции  $f(x)$  известно, что она убывающая при  $x=0$ ;  $W=W_{kat}$ .

При  $x = C_0 W = 0$

$$W_{cp} = \frac{1}{C_0} \int_0^{C_0} f(x) dx$$

за функцию можно взять параболу как наиболее подходящую функцию.

$$W_{cp} = W_{kam} \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m = f(x)$$

$m$  – показатель, порядок параболы

т.е. выражает характер распределение скоростей

$$\text{тогда } W_{cp} = \frac{W_{kam}}{C_0} \int_0^{C_0} \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m dx = \frac{W_{kam}}{1+m}$$

$$\text{тогда } \frac{W_{cp}}{W_{kam}} = \frac{1}{1+m} = \frac{C_0}{C} \text{ – м.е. – соотношение} \frac{C_0}{C} \text{ – постоянно}$$

$$\text{если } V_0 = \frac{CLW_{kam}}{\sqrt{n/60}} \text{ – объемный вес за 1об.}$$

$$ac = \frac{V_0 n}{LW_{kam} 60}$$

величины  $L$ ,  $W_{kat}$ ,  $n$  – можно определить путем измерений.

2.Определение размеров катушки, Определение параметров желобка

#### Определение размеров катушки.

$$V_o = V_{ж} + V_{ак}$$

Если  $f$ - площадь сечения одного желобка и  $z$  число желобков катушки, то  
 $V_{ж}=z*f*L$

При условной скорости семян  $W=W_{кат}$  объем за 1сек. будет  $V_1=CLW_{кат}$ .  
 Объем за 1 оборот катушки

$$V_{акт}=C*L*W_{кат}*60/n$$

Т.к.  $W_{кат}=\pi dn/60$  получим

$$V_{акт}=CL\pi dn60/60n=\pi dCL, \text{ то}$$

$$Vo=zfL+\pi dCL=(zf+\pi dC)L$$

Или  $Vo=f_oL$ , где  $f_o$  – рабочее сечение катушки

Зная из предыдущих расчетов  $Vo=Na\pi D/1000i\gamma$

Можно определить  $L=Vo/f_o$

Для отечественных сеялок  $i=0,41$   $D=1.22$  при этом формула  $Vo=Na\pi D/1000i\gamma$   
 будет равна  $Vo=0,94*10^{-2}Na/\gamma$  при межурядий  $a=15\text{см}$

$$Vo=0,14N/\gamma$$

При проектировании высевающего аппарата следует предусматривать возможность высевать с max. нормой и малым объемным весом.

### Объемный вес семян зерновых культур

Культура	Объемный вес кг/л
Пшеница озимая	0,753-0,808
Пшеница яровая	0,700-0,815
Рожь	0,700-0,760
Ячмень	0,534-0,678
овес	0,404-0,565

Чтобы избежать громоздких размеров аппарата нужно взять расчетный объем  $Vo$  по  $\gamma_{min}=0.534$  ячменя при  $N_{max}=130 \text{ кг/га}$   $Vo=0.14*130/0.534=34\text{см}^3$

Для овса передаточное отношение будет из условия сохранения объема катушки

$$\frac{N'_{max}}{i'\gamma'_{min}} = \frac{N_{max}}{i\gamma_{min}}$$

$N'_{max}$  – наибольшая\_норма\_высева

$$\text{отсюда } i' = \frac{N'_{max}i\gamma_{min}}{N_{max}\gamma'_{min}} = \frac{200*0.534}{130*0.404} - 0.41 = 0.86$$

Для определения параметров желобка и  $f$  отметим размеры которые определяют профиль желобка  $\alpha$  под которым пересекаются две прямые проведенные из т  $O'$ , т.  $O'$  смещена вниз от центра  $O$  на расстояние  $a$ ,  $r$  радиус замыкающей дуги профиля желобка с центром  $O''$  расположенной на осевой линии  $OF$  этого профиля. Таким образом для катушки диаметром  $d$  профиль желобка определяется параметрами  $a$ ,  $\alpha$ ,  $r$  и толщиной перемычки  $\Delta b$ .

Центральный угол соответствующий ширине желобка  $b$  вместе с перемычкой  $\Delta b$ ,  
 будет равен  $\alpha' + \Delta\alpha'$ , тогда очевидно, что число желобков равно  $z = \frac{2\pi}{\alpha' + \Delta\alpha'}$  для  
 определения  $z$  нужно знать  $\alpha'$

**Определим ОК**

$$OK = \frac{d}{2} \sin \beta = a \sin \frac{1}{2} \alpha$$

$$\text{отсюда } a \sin \beta = \frac{2a}{d} \sin \frac{\alpha}{2}$$

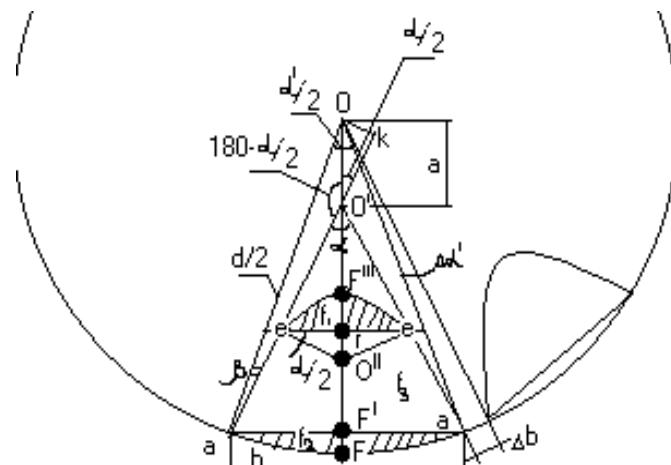
$$\text{кроме того из } \Delta aOO' \text{ угол } \beta = \frac{1}{2}(\alpha - \alpha')$$

$$\text{тогда получим } \sin \frac{1}{2}(\alpha - \alpha') = 2 \frac{a}{d} \frac{1}{2} \alpha$$

$$\text{отсюда } \alpha' = \alpha - 2 \arcsin(2 \frac{a}{d} \sin \frac{\alpha}{2})$$

ширина желобка измеренная по хорде aa будем равна

$$b = d \sin \frac{1}{2} \alpha'$$



Площадь  $f$  сечения каждого желобка составляется из трех частей  $f_1, f_2, f_3$ ,  $f_1, f_2$  вычисляются по известным формулам для сегментов пл.  $f_3 = (aa+ee)h/2$

$$aa=b, ee=2r\cos \frac{\alpha}{2} \text{ высота } h \text{ трапеции, } h=OF - OF''$$

$$OF = a + O'F = a + b / 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; OF'' = a + r \cos \frac{\alpha}{2} / \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Отсюда } h = b - 2r \cos \frac{\alpha}{2} / 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$f_3 = \frac{(b + 2r \cos \frac{\alpha}{2})}{2} \left( \frac{b - 2r \cos \frac{\alpha}{2}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{b^2 - 4r^2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

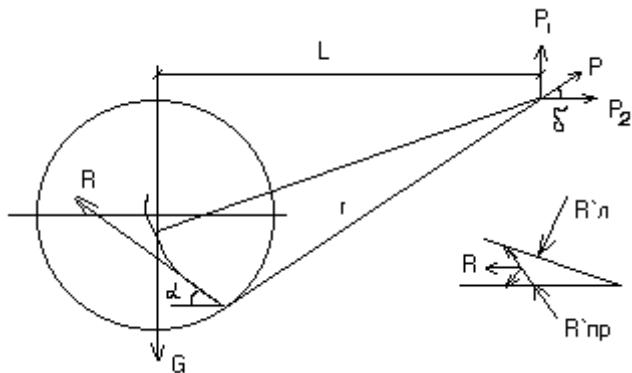
$$f_1 = \frac{r^2}{2} [\pi - \alpha - \sin(\pi - \alpha)]$$

$$f_2 = \frac{d^2}{8} (\alpha' - \sin \alpha')$$

Например катушка по ГОСТу  $d=51\text{мм}$ ,  $\alpha=37^\circ$ ,  $a=8\text{мм}$ ,  $r=5,5\text{мм}$ , условие чтобы  $\Delta b \geq 1,5\text{мм}$   
 По формуле  $\alpha'=37-2\arcsin(2*8/51*\sin 18^\circ 30')=25^\circ 401$   
 $B=51\sin(12^\circ 50')=11,3$   
 По формулам  $f_1=4,9\text{мм}^2$ ,  $f_2=28,6\text{мм}$ ,  $f_3=14\text{ мм}^2$  следовательно  $f=4.9+28.6+14.0=47,5$   
 $\alpha'=0,059$ ,  $\alpha'+\Delta\alpha'=0,448+0,059=0,507$

$z=6,283/0.507=12,3$ , т.е. число желобков =12, тогда  $\Delta b$  будет чуть больше вся площадь  
 $f_{ж}=z*f=12*47,5=570\text{ мм}^2$   
 установлено с=2,5мм факт= $\pi dC=\pi *51*2.5=400\text{мм}^2$

$$L = \frac{V_0}{f_{жc} + fa} = \frac{34}{5.7 + 4.0} = 3.5\text{см}$$



проекции сил по горизонтали

$R$  – сила сопротивления почвы

$$R\cos\alpha=P\cos\delta \quad (1)$$

$$\text{По вертикали } P\sin\delta=G-\sin\alpha \quad (2)$$

Где  $\alpha$  угол между горизонталью и направление  $R$

$\delta$  -угол наклона к горизонту силы влечения

Для моментов сил  $GL=Rr$  (3)

$L, r$  плечи сил  $G, r$ , из выражения 1 и 2 путем исключения  $\alpha$  можно получить значение  $R$

$$\cos\alpha = \frac{P}{R} \cos\delta \quad (4)$$

$$W_3(2) = \sin\alpha \frac{G - P \sin\delta}{R} \quad (5) \quad \cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1 \quad (6) \quad \text{тогда}$$

$$\frac{P^2}{R^2} \cos^2\delta + \frac{(G - P \sin\delta)^2}{R^2} = 1 \quad (7)$$

$$R = \sqrt{P^2 \cos^2\delta + (G - P \sin\delta)^2}$$

направление этой силы определяется углом  $\alpha$

$$\text{т.е. } \frac{R \sin\alpha}{R \cos\alpha} = \tan\alpha$$

$$\tan\alpha = \frac{G - P \sin\delta}{P \cos\delta}$$

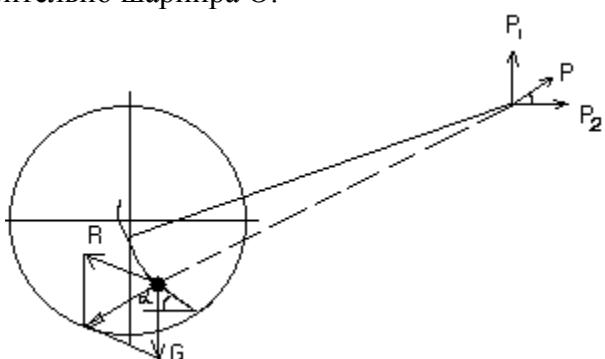
Расстояние от носка сошника до точки подвеса из (3)

$$r = \frac{GL}{R} = \frac{GL}{\sqrt{P^2 \cos^2\delta + (G - P \sin\delta)^2}}$$

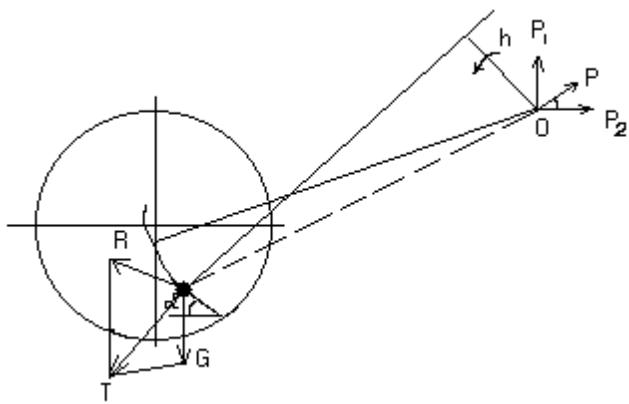
Таким образом равновесие сошника зависит от значения и направления силы  $R$  – силы сопротивления почвы. Исследования устойчивости дисковых сошников привели к следующим выводам

1. Устойчивость хода сошников по глубине при постоянной поступательной скорости сеялки улучшается с удлинением поводка, увеличением веса сошника, уменьшением угла  $\delta$  наклона поводка
2. Устойчивость хода сошников по глубине не зависит от скорости поступательного движения сеялки, но колебания скорости ухудшают устойчивость, в особенности тяжелых сошников.

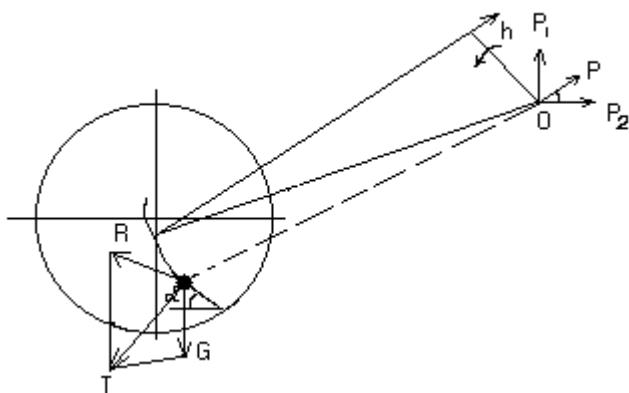
При установившемся движении сошника, когда действующие на него силы находятся в равновесии равнодействующей силы  $R$  и  $G$  будет сила  $T$  равная по абсолютному значению силе  $P$  и направленная противоположно ей т. к. силы  $T$  и  $P$  находятся на одной прямой, то плечо силы  $T=0$ . относительно шарнира  $O$ .



Равновесие



увеличение силы, веса приводит к нарушению равновесия образуется плечо силы Т равная  $h$  и тогда момент  $Th$  заставляет поводок вращаясь вокруг точки О погружая сошник в почву, до восстановления равновесия

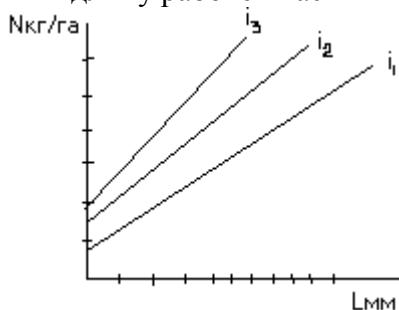


укорочен поводок

Момент  $Th$  выглубляет сошник, изменена точка прицепа идет выглубление.

Последовательность установки нормы высева зерновых сеялок

1. По заданной норме высева и по диаграмме определяется передаточное отношение и длину рабочей части



2. установить шестерни согласно передаточному отношению
3. Установить рабочую длину катушки
4. Определить число оборотов ходового колеса для засева  $1/100$  га  
 $F=BL; L=\pi dn; F=B \pi dn; n=F/B \pi d=100m^2/3,6*3,14*1,22=7,25$  об.
5. Прокрутить 7 оборотов и взвесить семена под каждым семяпроводом – общий вес должен соответствовать  $1/100$  N нормы, если не соответствует регулируем

6. Определить неравномерность высева каждым аппаратом для этого а)

Определяем средний высев  $Q_{cp} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n / n$ ;

б) Определяем отклонение каждым аппаратом  $\Delta Q_i = Q_{cp} - Q_i$

в) Определяем процент неравномерности  $\eta_i = \frac{\Delta Q_i}{Q_{cp}} \cdot 100\% \text{ если } > \varphi^0 \text{ смеющая коробку.}$

### 1.5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: «Расчет машин для внесения органических удобрений»

#### 1.5.1 Вопросы лекции:

1. Расчет дисковых тарельчатых дозирующих аппаратов

2.1 Определение толщины слоя удобрений на диске

2.2 Расчет пассивных сбрасывателей

2.3 Расчет активных сбрасывателей

2.4 Транспортерные аппараты и их расчет.

#### 1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Расчет дисковых тарельчатых дозирующих аппаратов

Теория тарельчатого туковысыевающего аппарата.

Технологический процесс тарельчатых туковысыевающих аппаратов две основные фазы:

вынос слоя туков через регулируемое окно и сбрасывание их с тарелки

Вынос слоя туков происходит за счет сил трения которые должны быть такими, чтобы обеспечить частицам движение вместе с тарелками.

На частицу  $m$  действует

центробежная сила  $mV^2/r$  и сила

тяжести  $mg$  разлагая эти силы вдоль

борта получим вдоль борта вверх

$mV^2/r \cos \beta$  Для определения

пределальной частоты вращения

тарелки, при которой удобрений

начинают сбрасываться с неё

представим частицу  $m$  находящуюся на

Вниз вдоль борта  $mgsin \beta$  по

нормали  $mV^2/rsin \beta + mgcos \beta$

Которая вызывает силу трения

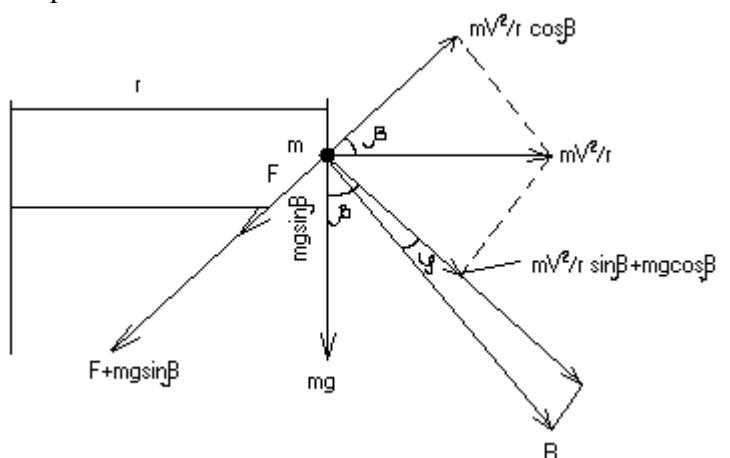
$F = (mV^2/2sin \beta + mgcos \beta) \tan \varphi$

Частица будет двигаться вверх если  $mV^2/2cos \beta > F + mgsin \beta$

Или  $mV^2/r \cos \beta > mgsin \beta + mV^2/r \sin \beta \tan \varphi + mgcos \beta \tan \varphi$

$V^2/r \cos \beta - gsin \beta > \tan \varphi (V^2/r \sin \beta + gcos \beta)$

Умножим на  $r/\cos \beta$  обе части



$$V^2 - grtg\beta > \operatorname{tg}\varphi \frac{V^2 \sin \beta}{\cos \beta} + \operatorname{tg}\varphi gr$$

$$V^2 - grtg\beta > \operatorname{tg}\varphi V^2 fg\beta + \operatorname{tg}\varphi gr$$

$$V^2 - \operatorname{tg}\varphi V^2 fg\beta > grtg\beta + \operatorname{tg}\varphi gr$$

$$V^2(1 - \operatorname{tg}\varphi fg\beta) > gr(\operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\varphi)$$

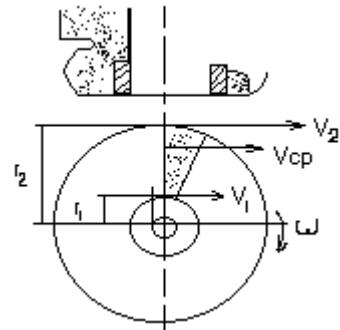
$$V \geq \sqrt{\frac{gr(\operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\varphi)}{(1 - \operatorname{tg}\varphi fg\beta)}}$$

$$\text{тогда } \omega = \sqrt{\frac{g}{r} \operatorname{tg}(\beta + \varphi)}$$

где  $\beta$  - наружный угол наклона бортика тарелки

$\varphi$  - угол внешнего трения

$r$  - радиус тарелки



## 2. Транспортерные аппараты и их расчет.

### 1. Определение толщины слоя удобрений на диске

Из равенства объемов удобрений направленных к левому и правому сбрасывателям.  $V_{л}h(e-r_1)=V_{п}h(r_2-e)$

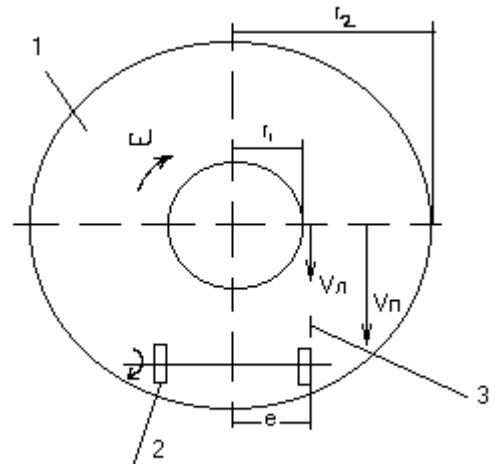
$V_{л}, V_{п}$ , средние скорости подачи туков по правый и левый сбрасыватели.

$$\text{но } V_{л} = \omega \frac{(r_1 + e)}{2} - V_n = \omega \frac{(r_2 + e)}{2}$$

$$\text{тогда } e = \sqrt{\frac{r_2^2 + r_1^2}{2}} - m.e$$

Вывод установка делителя на расстояние  $e$

От оси тарелки обеспечит вынос одинакового количества туков каждым сбрасывателем.



Обоснование оборотов дискового центробежного разбрасывателя

1-диск 2-сбрасыватель 3-делитель

где  $r_i$  - расстояние частицы от центра (оси) вращения диска

$\omega$  - угловая скорость диска

$f_2, f_1$  -коэффициенты трения о диск и лопатку

$\psi$  - угол отклонения лопатки от радиуса ( $\psi \neq \text{const}$ ), если лопатка прямолинейная

$\psi = \text{const}$ , если лопатка очерчена по логарифмической спирали с полюсом на оси вращения.

Силы  $F_1, F_2$  суммируются в силу  $F$  направленную вдоль лопатки, поэтому скорость частицы вдоль лопатки мала. В момент схода частицы с диска т.е.  $r_i=r$ , абсолютная скорость равна геометрической сумме скоростей переносной  $V_e$  и относительной  $V_r$ ;  $V_e >> V_r$ , поэтому в момент схода принимают  $V_a \approx V_e$ . Тогда падение туков брошенных дисков со скоростью  $V_e$  будет осуществляться при действии на них силы тяжести  $mg$  и сопротивление воздуха  $R_{xy} = m k_n V_a^2$

$k_n$  - коэффициент парусности частиц. Без учета сопротивления воздуха движение частиц может быть приблизительно выражено параболическим уравнением.  $x = V_a t$  —  $y = \frac{gt^2}{2}$   
где  $t$  – время падения  
если принять  $y=h$  и решив уравнение относительно  $t$  и подставив в первое получим

$$h = \frac{gt^2}{2} ; t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$x = Lx = V_a \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

где  $Lx$  – дальность полета

$h$  – высота диска над землей, м

Ширина рассева двухдискового аппарата

$$Bp = 2V_a \sqrt{\frac{2h}{g}} + La$$

где  $La$  – расстояние между центрами дисков в существующих машинах

$h=0.45\dots 0.65$        $\psi=0,\pm 15$

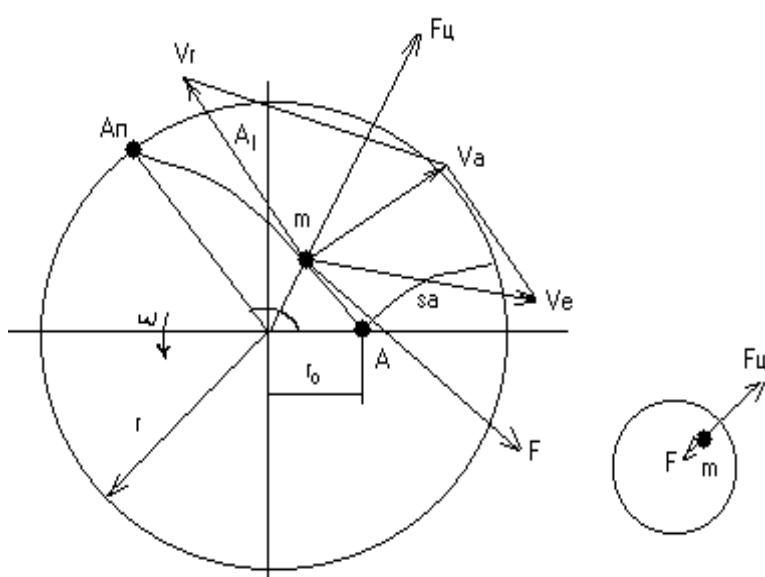
$V_e=V_a=V=6\text{-}14\text{ м/с}$        $V=(3\dots 4)V_m$

$V_m$  – поступательная скорость агрегата.

## 2. Расчет пассивных сбрасывателей

### Расчет туковысыевающих аппаратов с пассивными сбрасывателями

Перед пассивными сбрасывателями туки не сгруживаются (т.е. не уплотняются) только тогда, когда они непрерывно движутся вдоль него к выходному отверстию



1. Равномерно вращающейся плоский диск без лопаток.

На частицу действует сила трения  $F=fmg$  и центробежная сила переносного движения  $F_{ц}=m\omega^2 r_0$

Совместное движение частицы с диском при условии  $F \geq F_{ц}$

И скольжение частицы по диску при  $F < F_{ц}$

Тогда условие равновесия

$$m\omega^2 r_0 - fmg = 0$$

отсюда можно определить угловую скорость

$$\omega = \sqrt{\frac{fg}{r_0}} - no - \omega = \frac{\pi n}{30}$$

тогда минимальное число оборотов диска

$$n_{min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{fg}{r_0}}$$

где  $f$  - коэффициент трения

$r_0$  - расстояние от места подачи частицы до центра вращения диска, м.

### 3. Расчет активных сбрасывателей

Секундный вынос удобрений  $Q`c$  с тарелкой из банки будет зависеть от площади отверстия  $S$  и средней скорости туков  $V_{cp}$ .

$$Q`c = \rho S V_{cp}$$

где  $\rho$  - плотность удобрения  $\text{кг}/\text{м}^3$

$S$  - площадь поперечного сечения окна

$$no\_S = h(r_2 - r_1) \_ a \_ V_{cp} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \omega(r_2 - r_1)/2$$

где  $h$  - высота тогда

$$Q`c = 1/2 \beta \omega h(r^2_2 - r^2_1)$$

$c$  - другой стороны

$$Q`c = \frac{10^{-4} Q b_p V_m}{z}$$

$Q$  - норма внесения туков кг/га

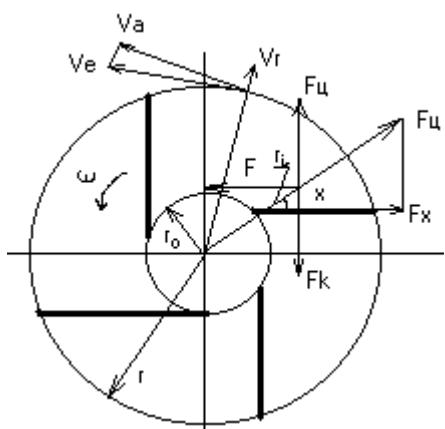
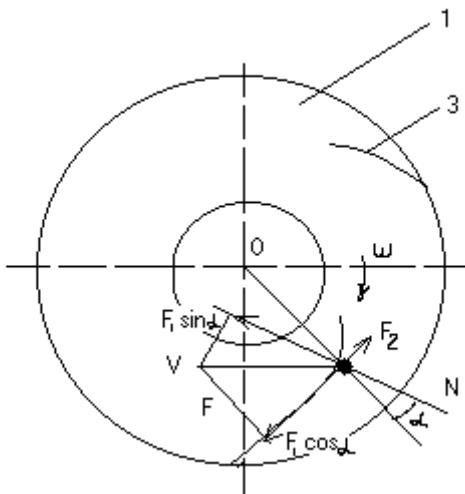
$b_p$  - ширина машины

$V_m$  - поступательная скорость м/с

$z$  - число аппаратов

$$h = \frac{2 * 10^{-4} Q b_p V_m}{z \rho \omega (r^2_2 - r^2_1)}$$

Расчет дискового аппарата с лопатками



На частицу действуют силы  $F\psi = m\omega^2 r_i$  с компонентами

$$F_x = m\omega^2 r_i \cos \psi \text{ и } F_y = m\omega^2 r_i \sin \psi$$

и кориолисова сила  $F_k = 2m\omega^2 r_i$

силы трения о диск  $F_1 = f_1 mg$  и о

лопатку  $F_2 = f_2(F_k - F_y) = f_2(2m\omega^2 r_i - m\omega^2 r_i \sin \psi) = f_2 m(2\omega^2 r_i - \omega^2 r_i \sin \psi)$

Активные сбрасыватели должны вносить одинаковое количество удобрений. От этого зависит равномерность распределение удобрений по рядкам. Для выполнения этого требования необходимо правильно

Пусть частица  $m$  движется по поверхности вращающейся тарелки 1. Сила  $F_1$  сообщая ей движение есть сила трения равная  $mgtg\varphi$

Направление силы  $F_1$  совпадает с направлением скорости  $V$  т.е. разложим силу  $F_1$  на силу направленную по касательной к нормали поверхности сбрасывателя в точке контакта с ней  $m$ .

Нормальная составляющая  $F_1 \sin \alpha$  возбудит нормальную реакцию  $N$  приложенную к частице со стороны сбрасывателя, а касательная составляющая  $F_1 \cos \alpha$  будет стремиться вызвать скольжение частицы по поверхности сбрасывателя которому будет сопротивляться сила трения частицы по сбрасывателю  $F_2 = N \operatorname{tg} \varphi = F_1 \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi$ . Частица

будет двигаться к выходной щели если  $F_1 \cos \alpha \geq F_1 \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi$  или  $\operatorname{ctg} \alpha > \operatorname{tg} \varphi$  поскольку  $\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi)$ , то условие скольжение будет  $\alpha \leq 90^\circ - \varphi$ .

Чтобы поверхность сбрасывателя на всем своем протяжении удовлетворяла этому условию, угол  $\alpha$  по мере удаления от центра должен оставаться при криволинейном сбрасывании выполненным, например по логарифмической спирали ( $\alpha = \text{const}$ )

#### 4. Транспортерные аппараты и их расчет.

##### Органические удобрения

Навоз, торф, торфо-навозные и навозно – минеральные компости.

Плотность – зависит от влажности, удельного давления и других факторов. Прилипание – от содержания гумусных частиц.

Наибольшая липкость при влажности 80-85%

Сопротивление сдвигу в значительной мере определяется количеством соломистых компостов в навозе.

##### Распределение удобрений по площади поля

1. Сплошной способ используют как при основном внесении так и при подкормке растений (озимых культур, многолетних трав).
2. Рядовой для корневого и внекорневого питания сплошным рядком вместе с семенами при посеве.

##### Аппараты для дозирования и внесения удобрений

Как известно удобрения могут находиться в различных физических состояниях : твердом крупночастичном, твердом пылевидным и жидким.

Для внесения первых применяются – механические устройства, вторых – пневматических. Третьих – гидравлические.

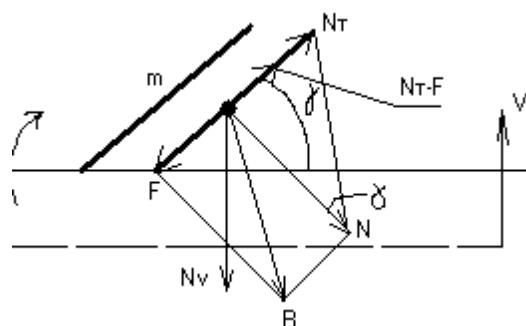
Наибольшее распространение получили механические аппараты – тарельчатые , дисковые шнековые, катушечно – штифтовые , транспортерные. Для подготовки удобрений АИР-20.

Барабанный разбрасывающий аппарата с горизонтальной осью вращения.

Применяются барабанные аппараты двух типов лопастные и шнековые.

Необходимо определить при каком положении деталей барабана в наилучшей степени происходит разбрасывание удобрений и наименьшее их уплотнение. Лопастные и шнековые барабаны можно объединить в одну группу с точки зрения их тех. процесса т.к. поперечные лопатки можно рассматривать как спиральную ленту шнека разрезанную на отдельные части с промежутками между ними.

Плоскость лопатки действует на слой удобрений нормальной силой  $N$ . Эта сила составляющая  $N_v$  – направленную назад, противоположно направлению движения машины и составляющую  $N_t$  , направляющую по касательной к плоскости лопатки, повернутой на угол  $\gamma$  . Проекция силы  $R$  отклонена на угол трения  $\varphi$  на плоскость лопатки дает силу трения  $F$  направленную противоположно  $N_t$ .



$$N_t = N \operatorname{tg} \gamma$$

Противодействующая ей сила трения

$$F = N \operatorname{tg} \varphi$$

Тогда сила, вынуждающая частицу  $m$  перемещаться по плоскости лопатки  $(N_t - F) = N(\operatorname{tg} \gamma - \operatorname{tg} \varphi)$

С другой стороны на частицу  $m$  действует сила  $N_v$  которая отбрасывает её назад по ходу машины, результирующей этих двух сил будет сила  $R$  по направлению которой и происходит реальное движение частицы удобрения  $m$ .

#### Условие нормальной работы лопатки барабана.

1. Отсутствие скольжения удобрений по лопатке при их захвате из слоя находящегося в кузове машины и наоборот
2. Скольжение удобрений по лопатке при сбрасывании их на поверхность поля.

Первое условие будет соблюдаться в том случае, если когда  $N_t \leq F_{\max}$

$$\text{T.e. } N \operatorname{tg} \gamma \leq N \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{T.e. } \gamma < \varphi$$

Второе условие соблюдается в том случае, если  $N_t > F_{\max}$  т.e.  $\operatorname{tg} \gamma > \operatorname{tg} \varphi$  т.e.  $\gamma > \varphi$  эти два условия совместимы только в случае  $\gamma = \varphi$ . Вот для чего мы определяли коэффициент трения, если правильно определить угол  $\varphi$ , то будет нормально работать.

Отсюда вывод угол установки лопаток должен быть равен углу внешнего трения удобрений по рабочей детали машины. Тогда результирующая  $R$  будет направлена вдоль вектора  $N_v$  т.e единственная действующая сила  $N_t = F$  и удобрения будут выбрасываться назад по ходу движения. Этим и ограничивается захват машины. Попытки увеличить захват машины неизбежно связаны с изменением направлением результирующей  $R$  т.e. увеличение угла  $\gamma$ , что ведет к проскальзыванию удобрений по лопаткам и вызывает уменьшение их номы внесения.

Для ориентировочного определения угловой скорости барабана принимаем, что начальная скорость частиц удобрений выбираемых лопаткой равна скорости конца лопатки  $V = \omega r$ . Составляющие скорости  $V$

$$V_x = \omega r \sin \alpha$$

$$V_y = \omega r \cos \alpha$$

Вершина параболы определяется абсциссой  $x = a = V_x t$

можно определить из выражения проекций  $V_y$  и  $gt$  на ось  $y$

$$\omega r \cos \alpha - gt = 0 \quad \text{тогда } a = \frac{(\omega r)^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

$$\text{отсюда } t = \frac{\omega r \cos \alpha}{g} = \frac{(\omega r)^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

если полагать, что поток удобрений должен выпадать на расстояние  $2a$  от задней стенки машины то, искомая угловая скорость барабана определяется

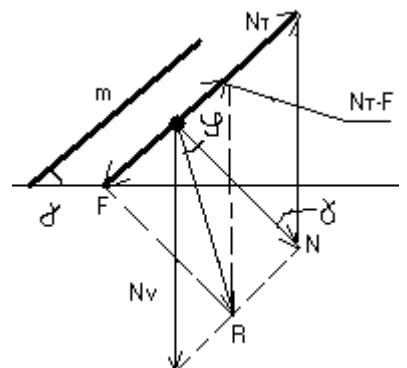
$$\omega = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2ag}{\sin 2\alpha}} \quad \text{анализ формулы.}$$

Условие нормальной работы разбрасывающего аппарата необходимо, чтобы

$Q_{\text{трансп}} < Q_{\text{ротора}}$  – производительность ротора

$$h v_{tp} V_{tp} < v_p h_p V_a$$

где  $v_p, h_p$  – ширина и высота захвата ротора  
 $h$  – толщина слоя подаваемая транспортера



масса лопатки ротора  $V_{tp} = v_p h_p V_a / h v_{tp}$

Формула связывает воедино режимные и конструктивные оптимальные параметры роторных (битерных, барабанных) разбрасывателей органических удобрений.

Определение режимов работы транспортерного аппарата.

Количество  $Q$ 'с кг/с минеральных и органических удобрений подаваемых транспортером в единицу времени подсчитывают

$$Q_{cek} = \rho V_{mp} b_{mp} h \text{ кг/с}$$

где  $\rho$  - плотность кг/м<sup>3</sup>

$V_{mp}$  - скорость транспортера, м/с

$b_{mp}$  - ширина транспортера, м

$h$  - приведенная толщина удобрений подаваемых транспортером, м

С другой стороны подачу  $Q$ 'с можно подсчитать по формуле

$$Q'c = 10^{-4} Q_{nh} V_m \text{ кг/с}$$

где  $Q_{nh}$  - норма внесения удобрений кг/га,

$b_p$  - ширина их разбрасывания, м

$V_m$  - скорость движения машины, м/с.

приравняв правые части приведенных формул и решив их относительно  $V_{mp}$  получим

$$V_{mp} = \frac{10^{-4} Q_{nh} b_p V_m}{\rho b_{mp} h}$$

формула позволяет определить необходимую скорость транспортера в зависимости от скорости машины, нормы внесения  $Q_{nh}$  и толщины слоя в кузове  $h$ .

## 1. 6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Проектирование режущего аппарата»

### 1.6.1 Вопросы лекции:

1. Площадь нагрузки на лезвие
2. Скорость начала и конца резания
3. Определение оптимальной скорости
4. Мощность на привод ножа

### 1.6.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Площадь нагрузки на лезвие

На диаграмме резания выделить площадь нагрузки. Это площадь поля, с которой скашиваются стебли каждым лезвием за один ход ножа.

На рис.6 и 7 площадь нагрузки выделена штриховкой по контуру.

Сверху и снизу площадь нагрузки ограничена траекториями крайних точек лезвий (синусоиды), боковые границы совпадают с осями пальцев. Отрезки прямых, ограничивающих площадь нагрузки в зонах действия

пальцев, проводятся под углом  $\beta + \varphi_2$  к горизонтали (см. точки а, е, с и др. на рис. 6).

Доказано, что

$$F_H = S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

У двухпробежных аппаратов на первом пальце скашивается 64 % всей площади, на втором 36 %.

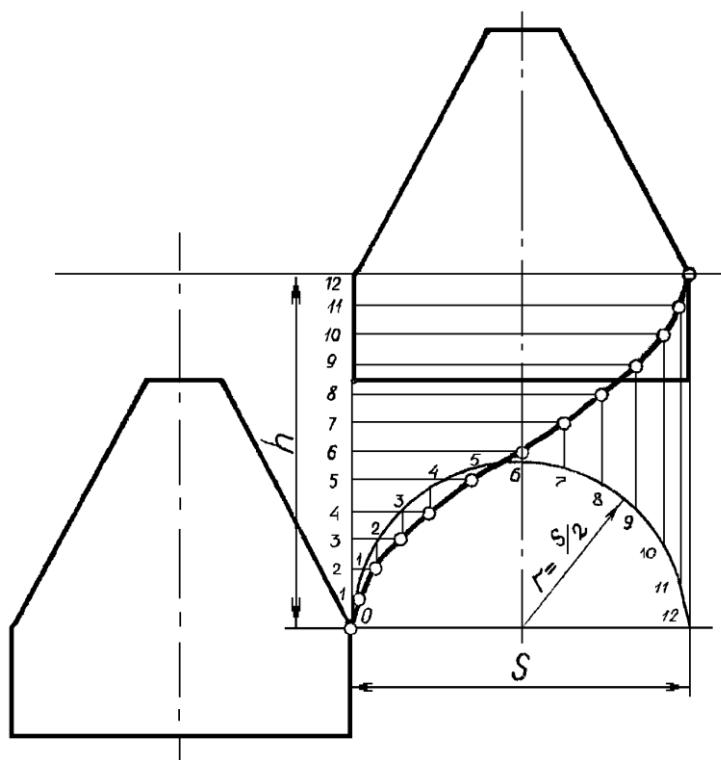


Рис.5. Построение траектории движения нижней точки лезвия (аппарат центрированный однопробежный)

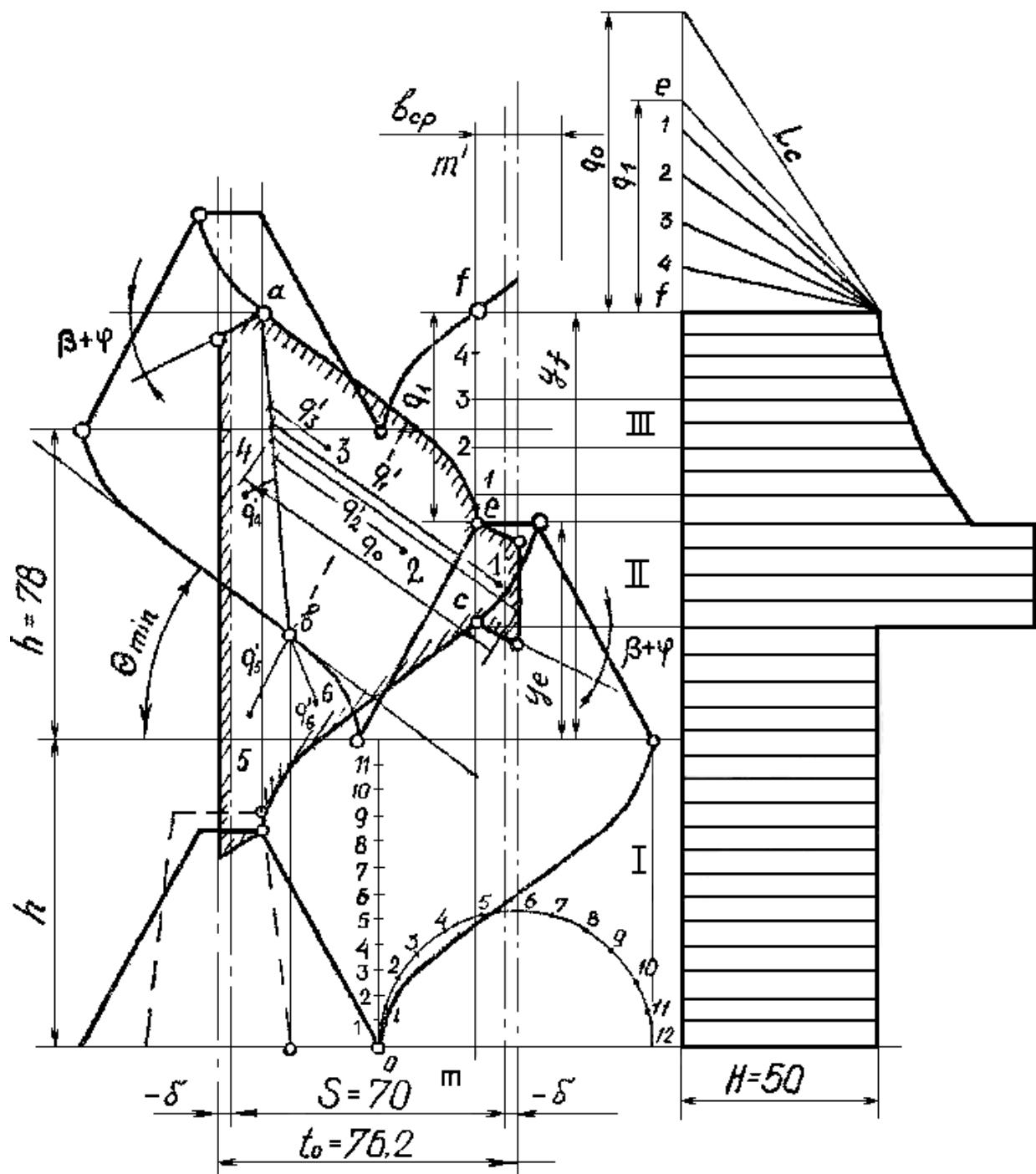


Рис. 6. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат однопробежный с недобегом ножа)

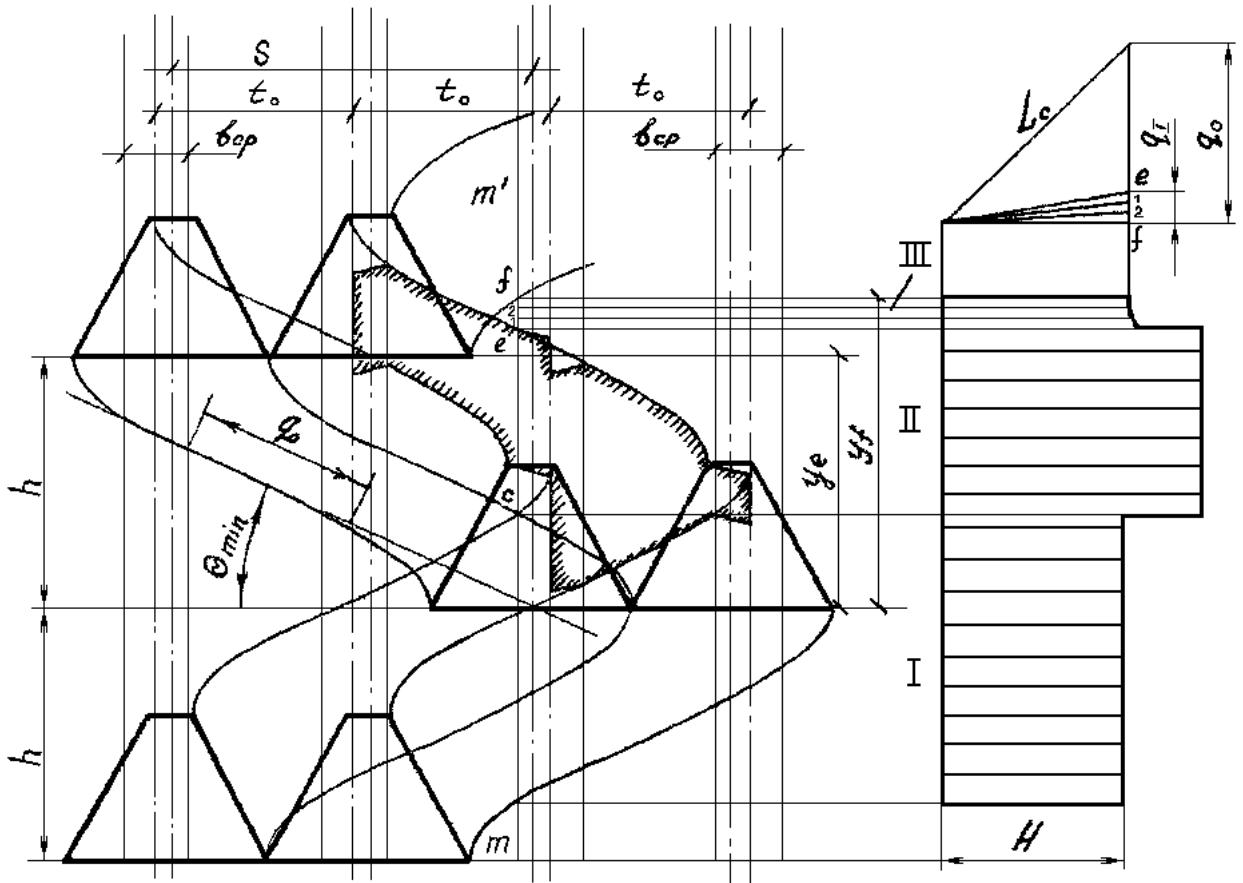


Рис. 7. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат двухпробежный с недобегом ножа)

Определить количество стеблей, срезаемых лезвием за один ход ножа:

Однопробежный аппарат:  $v=Shk$

Двухпробежный аппарат:  $v=0,64Shk$

Количество стеблей на кв. метре можно принять: для косилок  $k=10\dots12$  тыс. шт.; для жаток  $k=300\dots350$  шт.; для грубостебельных жаток  $k=8\dots12$  шт..

### ВЫСОТА СТЕРНИ

График изменения высоты стерни строится (М 1:1) для одного продольного рядка стеблей  $mm^1$  (рис.6, 7), расположенного вдоль кромки пальца.

Справа от диаграммы резания проведем вертикальную линию, она изображает поверхность поля. Параллельно ей на расстоянии  $H$  (высота среза) покажем линию движения режущего аппарата. Очевидно, что стебли рядка  $mm^1$  на участке от  $m$  до  $s$

резаются без отгиба и их стерня будет равна высоте установки режущего аппарата Н, покажем это горизонтальной штриховкой в зоне 1.

На участке се стебли испытывают максимальный поперечный отгиб  $-q_0$ . Для определения высоты их стерневых остатков строим треугольник с катетами Н и  $q_0$ , гипотенуза дает высоту стерни (зона П).

На участке ef стебли испытывают продольный отгиб. Чтобы определить высоту стерни этой группы стеблей, разделим отрезок ef соответствующий наибольшему отгибу  $q_1$ , на произвольное число равных частей. Количество частей берется тем больше, чем длиннее отрезок ef. Затем строим треугольник с катетами Н и  $q_1$ . Катет  $q_1$  разделим на то же число частей. Через точки деления (1, 2, 3 и т.д.) и вершину треугольника проводим лучи, затем каждый луч переносим на график (зона 3) против соответствующей точки отрезка ef на диаграмме. Соединив концы перенесенных лучей плавной кривой, завершаем построение графика.

Построенный график показывает стерню одного продольного ряда стеблей.

#### Средняя высота среза

Для определения средней высоты среза, площадь нагрузки разделим на фигуры. В пределах каждой фигуры стебли должны иметь однотипный отгиб (поперечный - сегментом, поперечный - пальцем или продольный). Желательно, чтобы фигуры имели правильную форму (параллелограмм, пирамида, треугольник и т. п.) или близкую к ней.

На рис.6. например, площадь нагрузки разделена на 6 фигур.

Расчетом или любым другим способом (планиметрирование, наложение миллиметровой кальки) определяем площадь каждой фигуры  $-f'_1, f'_2, f'_3$  и т. д. Затем находим центр каждой фигуры и отгиб стебля, расположенного в центре  $q'_1, q'_2, q'_3$  и т.д. Зная отгибы, можно подсчитать высоту стерни каждого стебля по формуле:

$$e'_i = \sqrt{q'^2_i + H^2}$$

или графически, как показано на рис. 8.

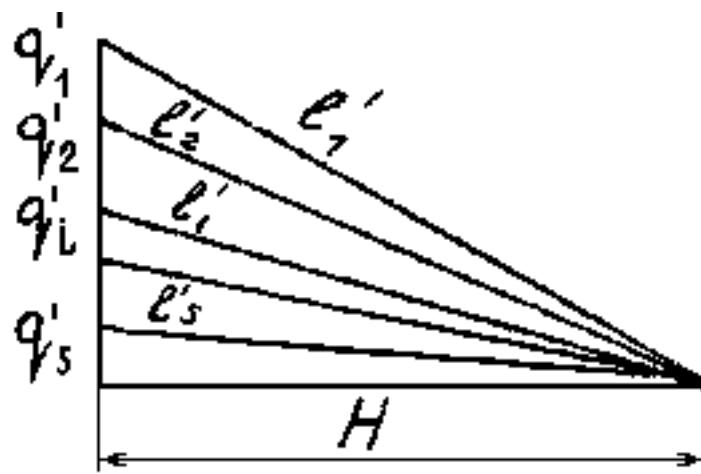


Рис. 8. Определение средней высоты стерни в пределах фигур 1, 2, 3 и т.д.

Средняя высота среза рассчитывается по формуле:

$$L_{cp} = \frac{e_1' \cdot f_1' + e_2' \cdot f_2' + \dots + e_n' \cdot f_n'}{f_1' + f_2' + \dots + f_n'}$$

Дать заключение о влиянии отгиба на высоту среза стеблей и потери.

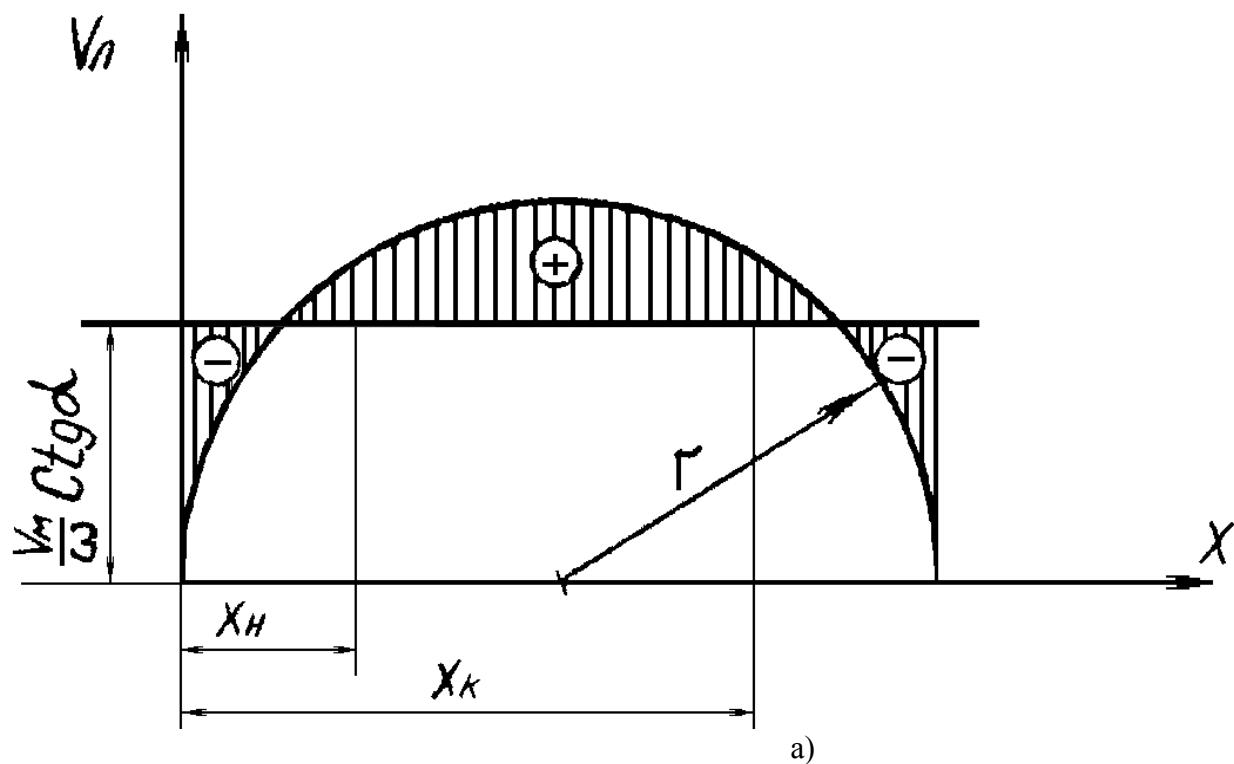
## 2. Скорость начала и конца резания

В зависимости от соотношения скоростей машины  $V_m$  и ножа в пальцевом брусе  $V_x = \omega r$  стебли проскальзывают по лезвию сегмента. Чтобы проанализировать этот процесс, строится график изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия (см. рис. 9).

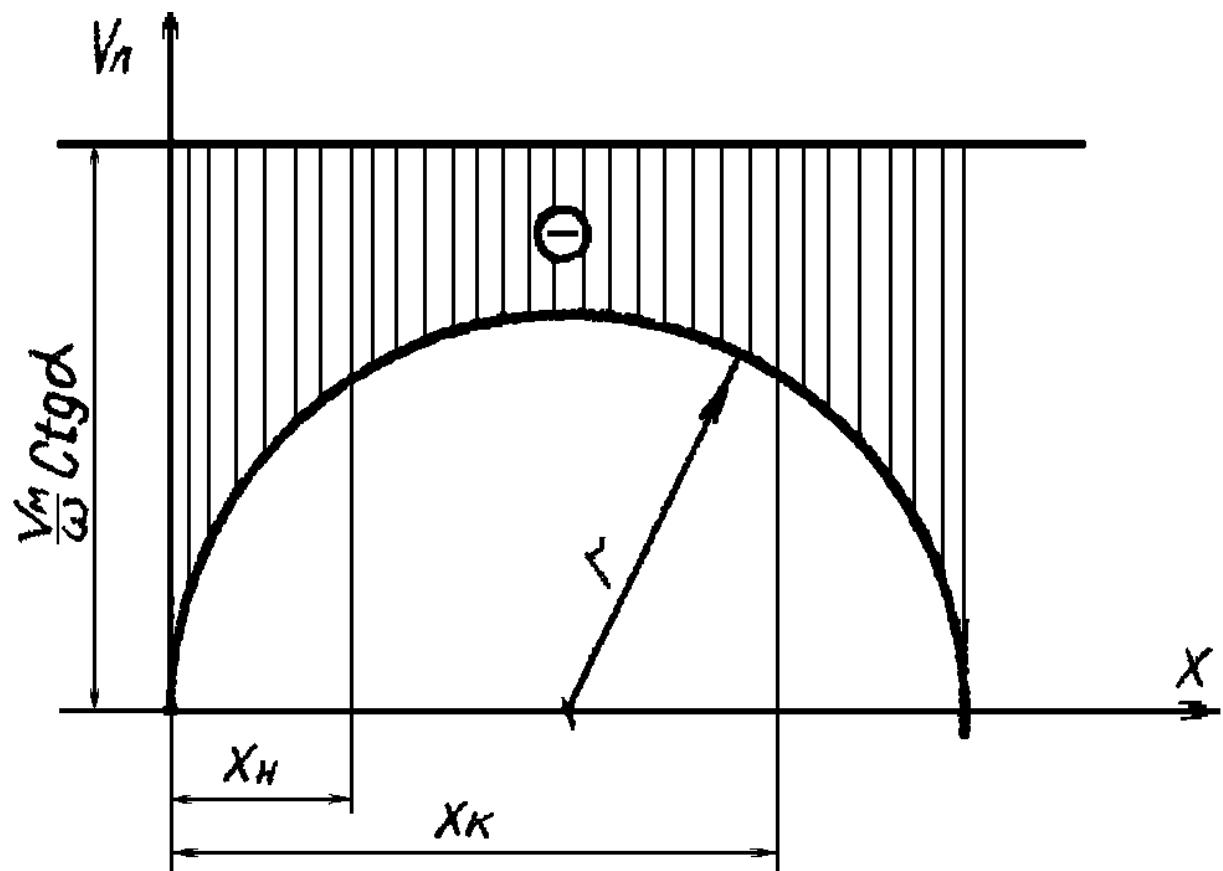
В координатах  $x-V_L$  чертим полуокружность радиусом кривошипа  $r$ . На расстоянии  $\frac{V_m}{\omega} \cdot \operatorname{ctg} \alpha$  от  $x$  проводим горизонталь.

Пример.  $V_m = 2,2$  м/с;  $\omega = 68,75$  с<sup>-1</sup>;  $\alpha = 29^\circ$ .

Тогда  $\frac{V_m}{\omega} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2200}{68,75} \cdot \operatorname{ctg} 29^\circ = 57,7$  (мм)



a)



б)

Рис. 9. График изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия

Слагаемая скорости представлена на графике разностью ординат окружности и прямой. Масштаб скорости  $\lambda_v = \omega \cdot \sin\alpha$

Когда  $V_v$  положительна, происходит проскальзывание стеблей по лезвию сегмента вперед от большего основания к меньшему, возможно и соскальзывание стеблей с лезвия. Если  $V_v$  отрицательна, стебли проскальзывают к заднему основанию и собираются в пучок.

Для косилок предпочтительнее вариант, показанный на рис. 9-а, когда стебли, проскальзывая то назад, то вперед по лезвию, равномерно распределяются вдоль него.

Для жаток вполне допустим вариант, показанный на рис. 9-б, так как количество стеблей, срезаемых лезвием, невелико и пучок, как таковой, не образуется. Это относится и к жаткам для грубостебельных культур.

Для уменьшения проскальзывания стеблей на лезвиях делают насечку. Если стебли проскальзывают вперед, насечку располагают параллельно основанию сегмента, если назад - перпендикулярно лезвию. Шаг насечки в 2-3 раза меньше, чем диаметр стебля. Для зерновых жаток его берут равным 1,0...1,2 мм., для косилок – 0,2 мм..

Отсутствие выскальзывания стеблей можно проверить аналитически:

$$V_m \geq \frac{r\omega \cdot (g\alpha - f_1)}{1 + f_1 \cdot \tan \alpha}$$

### **3. Определение оптимальной скорости**

Стебли, подведенные сегментом к противорежущей пластине, должны защемляться в растворе режущей пары, в противном случае резания происходит не будет.

Проверить условие защемления стеблей:  $\alpha + \beta \leq \varphi_1 + \varphi_2$ . Для лезвий с остротой 120 мкм при влажности стеблей 14...22% сумма  $\varphi_1 + \varphi_2 = 25...35^\circ$ ; при 55...70% влажности  $\varphi_1 + \varphi_2 = 40...60^\circ$ . Для лезвий с остротой 30 мкм сумма углов возрастает на 15..40 %. Насечка лезвий увеличивает углы на 30..50%.

Общее сопротивление, действующее на спинку ножа, может быть представлено суммой сил:

$$T = U + Q + F_1 + F_2$$

Определение силы Т выполним расчетно-графическим путем. Для этого в масштабе (1:1) или (1:2) построим схему кривошипно-шатунного привода ножа (рис.10). От горизонтальной линии, показывающей направление движения ножа,

отложим вверх дезаксиал  $h_g$  и радиусом  $r$  опишем окружность-траекторию движения кривошипа. Из центра окружности радиусами равными  $R_0 = \ell_{ш} - r$  и  $R_7 = \ell_{ш} + r$  на линии движения ножа сделаем засечки (на рис.10 точки 0 и 7). Отрезок между засечками представляет собой ход ножа с учетом дезаксиала. Разделим его на несколько равных частей и пронумеруем точки. Покажем также начало и конец резания  $x_n$ ,  $x_k$ . Из полученных точек радиусом, равным длине шатуна  $R = \ell_{ш}$  делаем засечки на окружности. Соединив одноименные точки отрезка  $S$  и окружности, получим положения шатуна при различных положениях ножа в пальцевом брусе. Для каждого положения ножа можно легко определить тангенс угла, наклона шатуна к линии движения ножа. Например,  $\operatorname{tg}\gamma_3$  для положения ножа в точке 3 находим следующим образом. Из точки 3 влево откладываем отрезок 100 мм и восстанавливаем перпендикуляр до пересечении с соответствующим положением шатуна.

Очевидно:  $\operatorname{tg}\gamma = \frac{a}{100}$ ; где  $a$  – отрезок в мм. Теперь приступаем к построению графика сил (рис.11). По горизонтальной оси откладываем  $S$  – ход ножа. Если аппарат однопробежный, то  $S$  – удобней отложить в масштабе увеличения 2:1. Ход ножа делим на то же число частей, что и на предыдущем графике (рис. 10). Показываем также начало  $x_n$  и конец  $x_k$  резания.

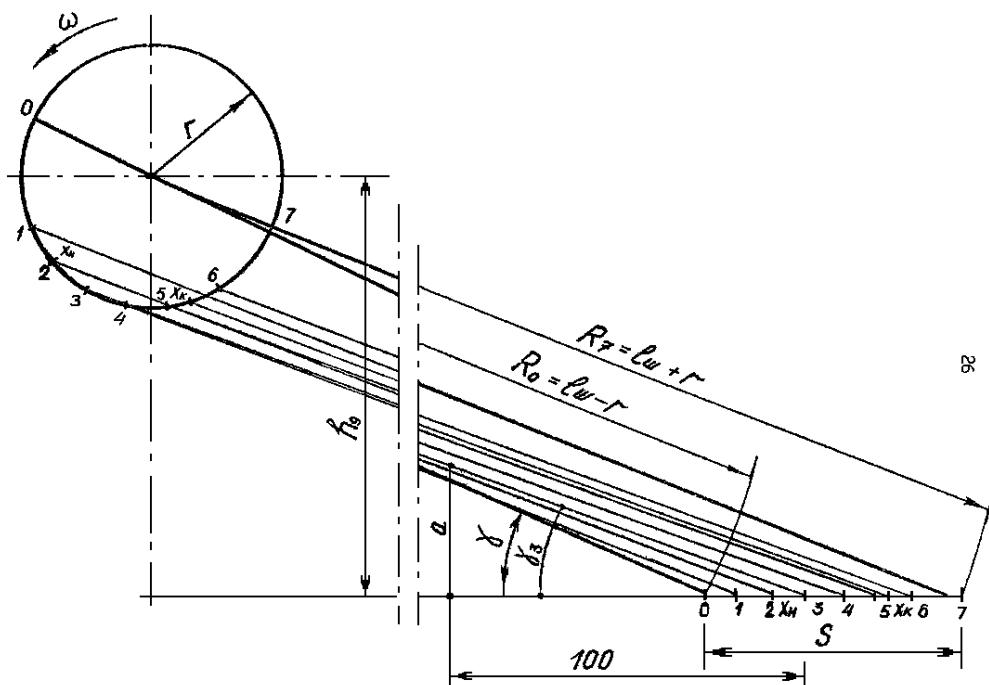


Схема кривошипно-шатунного механизма

Определим максимальную силу инерции.

$$U_{MAX} = m\ell_n \omega^2 r, (\text{H})$$

где  $m = 2 \dots 2,2$  кг - масса погонного метра ножа;

$\ell_n$ - длина ножа, равная ширине захвата бруса косилки или секции жатки.  
Отложим  $U_{max}$  на оси ординат. Через полученную точку и средину хода ножа  $S$  проведем прямую  $U$ , которая в принятом масштабе показывает изменение силы инерции в зависимости от хода ножа  $X$ .

#### Рассчитаем силу сопротивления стеблей резанию

$$Q = \frac{\varepsilon \cdot F_H \cdot z}{x_p}$$

где  $\varepsilon$  - работа, затрачиваемая на срез растений с 1 м<sup>2</sup>; для трав –  $\varepsilon = 200 \dots 300$  Дж; для зерновых культур 100...200 Дж.

Для однопробежных аппаратов площадь нагрузки определяется по формуле;

$$F_H = S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

Для двухпробежных рассчитывается площадь, скашиваемая на первом пальце (зона резания  $x_{h1} - x_{k1}$ ):

$$F_{H_1} = 0,64 \cdot S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

и на втором ( зона резания  $x_{h2} - x_{k2}$  ):

$$F_{H_2} = 0,36 \cdot S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

Число сегментов  $Z$ , осуществляющих срез, найдем, разделив ширину захвата бруса (секции) на шаг сегментов.

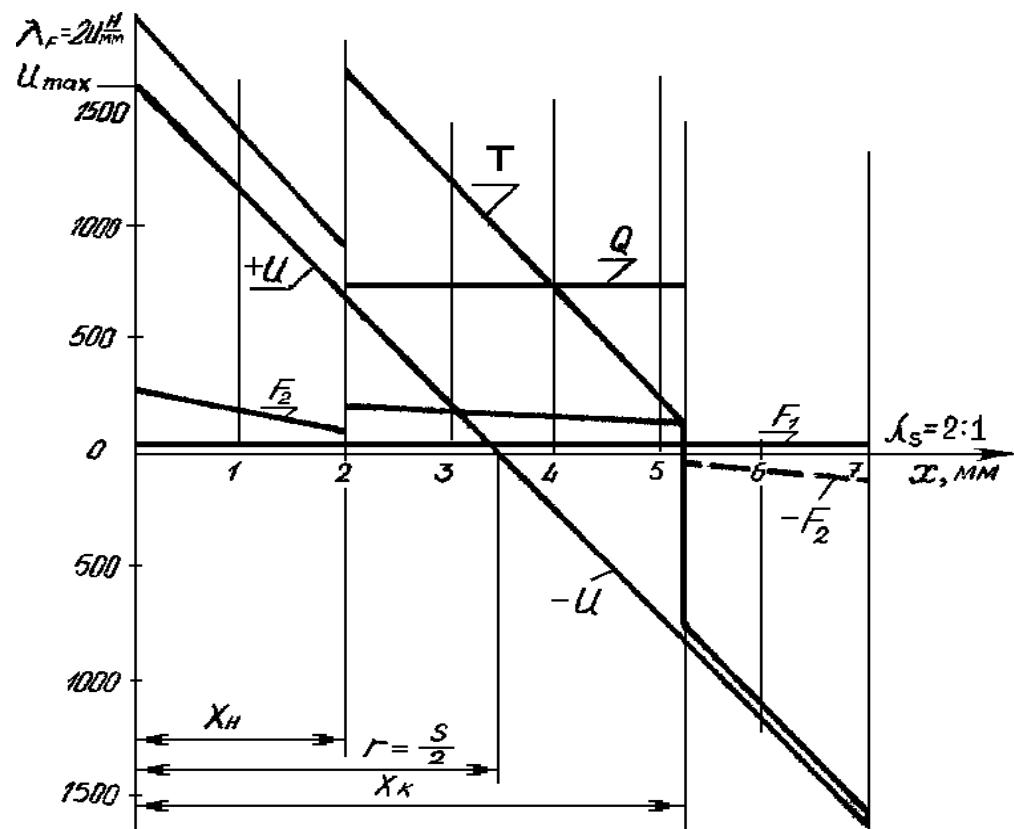


Рис. 11. График сил, действующих на нож

Перемещение ножа от начала до конца резания –  $x_p$  взять с графика скоростей резания. У двухпробежного аппарата получим два значения  $x_{p1}, x_{p2}$ .

Рассчитав силу  $Q$ , наносим ее на график. Она имеет положительное значение, постоянна по величине т.е. прямая параллельна оси абсцисс и действует только во время резания  $x_h - x_k$ .

У двухпробежных аппаратов за один ход сила появляется дважды, сначала  $Q_1$  от  $x_{h1}$  до  $x_{k1}$ , затем  $Q_2$  от  $x_{h1}$  до  $x_{k1}$ .

Сила трения  $F_1$  от веса ножа равна:

$$F_1 = mg\ell_H f$$

Учитывая, что нож работает в абразивной среде, коэффициент трения взять равным

$$f = 0,25 \dots 0,30.$$

На графике  $F_1$  показать в виде прямой, параллельной оси абсцисс.

Сила трения  $F_2$  возникает в результате давления шатуна на головку ножа.

Для расчета  $F_2$  составим таблицу.

## 2. Расчет силы трения $F_2$ и общего сопротивления ножа $T$ (Н)

№ Точки	$\operatorname{tg}\gamma$	Силы			Сумма сил $U+Q+F_1$	Сила трения $F_2$	Общее сопротив- ление $T$
		$U$	$Q$	$F_1$			
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
$x_H$							
$x'_H$							
3							
.							
.							
.							

В первой колонке указываются номера точек - 0, 1, 2,  $x_{H1}$ ,  $x_{k1}$ , 3, 4, 5,  $x_{H2}$ ,  $x_{k2}$  и т.д.

Во вторую колонку записываются значения  $\operatorname{tg}\gamma$ , определенные с помощью схемы (рис.10). Значения сил  $U$ ,  $Q$ ,  $F_1$  (колонки 3,4,5) берутся для каждой точки с графика сил (рис. 11). При этом учитывается знак силы инерции.

Для начала резания в таблице 2 заполняется две строчки, сначала  $Q$  берется равной нулю (точка  $x_H$  -резание еще не началось), затем рассчитанное  $Q$  (точка  $x'_H$  - резание уже началось). Такая запись показывает мгновенное появление силы сопротивления  $Q$ .

В конце резания сопротивление  $Q$  мгновенно исчезает. В таблице 2 это отражается двумя строчками:  $x_k^1$  – резание еще продолжается,  $x_k$  – резание прекратилось. На графике, на оси абсцисс обе точки  $x_k^1$  и  $x_k$  сливаются в одну –  $x_k$ .

Заполнив в таблице колонки 3, 4, 5, проведем построчное сложение сил, учитывая их знаки. Результаты записываем в колонку 6.

Рассчитаем для каждой точки силу  $F_2$ :

$$F_2 = \frac{U + Q + F_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \gamma} \cdot f$$

В конце хода ножа сила  $F_2$  получает отрицательные значения, это свидетельствует о том, что давление шатуна на головку прекратилось, трение отсутствует, возможно даже появление зазора между опорной поверхностью головки и направляющей пластиной.

Силу  $F_2$  нанести на график, отрицательные значения, как действующие на верхние направляющие показать пунктиром.

В таблице и на графике произвести сложение сил  $U$ ,  $Q$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ . В результате получим общее сопротивление  $T$ , действующее на спинку ножа.

Наибольшее значение  $T$  используется при расчетах деталей на прочность.

#### **4. Мощность на привод ножа**

Мощность определить по формуле академика В.П. Горячина.

$$N = \frac{1,1 \cdot m \ell_H \omega^3 r^2}{2} \text{ (кВт)}$$

По мощности подбирается энергоноситель (трактор, самоходное шасси, комбайн, специальное энергетическое устройство).

#### **1.7 Лекция №7 (2 часа).**

**Тема: «Проектирование мотовила»**

##### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Траектория планки мотовила.
2. Соотношение скоростей планки и машины.
3. Предельно допустимая скорость планки.
4. Высота установки мотовила. Радиус мотовила.

##### **1.7.2 Краткое содержание вопросов**

**1. Траектория планки мотовила.**

**Принятые обозначения**

А- вспомогательный угол;

В- ширина захвата жатки;

$B_{\max}$ -максимальная ширина петли траектории;

$H$ -высота установки мотовила;

$h$ -высота среза растений;

$k$ -вынос мотовила;

$l$ -высота растений;

$M$ -момент сопротивления;

$m_1, m_1', m_1''$ -первый срезанный стебель пучка без выноса мотовила, с выносом мотовила, с учетом взаимодействия стеблей, соответственно;

$m, m', m''$ -последний срезанный стебель пучка без выноса мотовила, с выносом , с учетом взаимодействия стеблей, соответственно;  
 N-мощность;  
 $n$ -частота вращения, мин<sup>-1</sup>;  
 P-усиление, действующее на планку;  
 $p$  -удельное давление на планку;  
 R-радиус мотовила;  
 S-перемещение машины за один оборот мотовила;  
 $S_z$ -шаг мотовила;  
 U-окружная (относительная) скорость планки;  
 $V_m$ -скорость жатки(агрегата);  
 Z-количество планок мотовила;  
 $\theta$ -вспомогательная расчетная величина;  
 $\Delta X_\mu$ -прибавка к активным фазам за счет взаимодействия стеблей;  
 $\Delta X_k$ -прибавка к активным фазам за счет выноса мотовила;  
 $\Delta\phi$ -угол поворота планки из вертикального положения до момента среза последнего стебля пучка;  
 $\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3$ ,коэффициенты полезности, резания, холостого хода, пропусков, соответственно;  
 $\mu$ -показатель густоты хлебостоя;  
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ,фазы резания, холостого хода, пропусков, соответственно;  
 $\omega$ -частота вращения, рад/с;  $\omega t_1$ -фаза вхождения планки в хлеб.

Обзор существующих конструкций и режимов работы мотовила

Назначение, устройство и работа мотовила. Агротехнические требования. Типы мотовил (планчатое, грабельное, параллелограммное, копирующее). Вспомогательные рабочие органы(механизмы подъема и опускания, изменения выноса и частоты вращения, приспособления для уборки низкорослых и длиностебельных хлебов и т.д.). Недостатки существующих конструкций.

Физико-механические свойства растений, влияющие на работу мотовила  
Привести литературные и справочные данные.

### 1 • Траектория планки мотовила.

Известно, чем выше показатель режима работы мотовила

$$\lambda = \frac{U}{V_m}; \quad (1)$$

тем шире петли трахойд и тем больший участок стеблей будет скашиваться при содействии каждой планки, этому способствует увеличение окружной скорости планок  $U$ . Но окружная скорость не должна превышать определенного значения, в противном случае будет происходить вымолот зерна из колосьев планками мотовила.

### 3. Соотношение скоростей планки и машины.

При скашивании хлеба в восковой и полной спелости зерна комбайновыми жатками напрямую (однофазная уборка) максимальная скорость планок не должна превышать  $U_{max}=2,7$  м/с, при скашивании в молочно-восковой спелости в валки (двухфазная уборка) допустима скорость  $U_{max}=3,2$  м/с.

Из теории мотовила известно, что коэффициент полезности мотовила- $\eta$  приближается к 1, если ширина петли  $B_{max}$  равна шагу мотовила  $S_z$ . Расчеты показывают, что это условие выполняется, если показатель кинематического режима имеет значения:

$$\lambda_{min} = \frac{U_{max}}{V_{max}} = 1,8 \dots 1,9 \quad (2)$$

Принимая в расчет максимальную скорость планки и указанное значение  $\lambda_{min}$ , определите максимальную скорость машины

$$V_{m\ max} = \frac{U_{max}}{\lambda_{min}} \quad (3)$$

В сложных условиях уборки скорость жатки снижают до  $V_{m\ min}=0,8 \dots 1,0$  м/с (конкретное значение задано в варианте). Тогда средняя скорость будет равна:

$$V_{m\ cp} = \frac{V_{m\ min} + V_{m\ max}}{2} \quad (4)$$

### Расчет режимов работы

Показатель кинематического режима увеличивают при уменьшении рабочей скорости агрегата и наоборот. Для расчета показателя режима воспользуемся эмпирической зависимостью:

$$\lambda \approx 1,8 + (1,5 - V_m); \quad (5)$$

где  $V_m$ -скорость жатки в м/с, если она меньше 1,5 м/с ( $V_m < 1,5$  м/с)

### 1. Режимы работы мотовила

Показатели	Номер режима		
	1	2	3
Скорость жатки - $V_m$ , м/с	$V_{m\ max} =$	$V_{m\ cp} =$	$V_{m\ min} =$
Показатель режима работы, $\lambda$	$\lambda_{min} =$	$\lambda_{cp} =$	$\lambda_{max} =$
Окружная скорость планки – $U$ , м/с	$U_{max} =$	$U_{cp} =$	$U_{min} =$

### Число планок (граблин)

Число планок рассчитать для режима №1( $\lambda_{min}$ ):

$$Z = \frac{\pi}{arcSin \frac{V_m}{U} + \sqrt{\left(\frac{1}{\left(\frac{V_m}{U}\right)^2} - 1\right) - \frac{\pi^2}{4}}} \quad (6)$$

Полученное значение  $Z$  округлить до ближайшего целого, для последующих расчетов и построений использовать это количество планок.

### 3. Предельно допустимая скорость планки.

Для того, чтобы оценить рассчитанное мотовило необходимо выполнить графо-аналитический анализ его работы при средней высоте стеблей на трех основных режимах, указанных в таблице 4.

4. Режимы работы мотовила

№ режима	Показатель режима работы	Показатель густоты стеблестоя
1	$\lambda_{\min} =$	$\mu_{\max} =$
2	$\lambda_{\text{ср}} =$	$\mu_{\text{ср}} =$
3	$\lambda_{\max} =$	$\mu_{\min} =$

В каждом указанном в табл.4 режиме необходимо проанализировать три варианта работы:

- 1 вариант: мотовило установлено без выноса ( $k=0$ ), взаимодействие стеблей отсутствует - ( $\mu=0$ );
- 2 вариант: мотовило установлено с максимальным выносом ( $k_{\max}$ ), взаимодействие стеблей отсутствует – ( $\mu=0$ );
- 3 вариант: мотовило установлено с максимальным выносом ( $k_{\max}$ ), взаимодействие стеблей оценивается показателем, указанным в таблице 4 ( $\mu>0$ ).

При анализе необходимо определить фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ; подсчитать соответствующие им коэффициенты- $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta$  и дать оценку каждого режима и варианта работы.

#### Построение траектории планки мотовила

В левом верхнем углу первого листа графической части (рис.4) в масштабе 1:10 или 1:7,5 радиусом мотовила  $R$  описать окружность (траектория относительно движения планки) и разделить ее на 12 частей. Полученные точки пронумеровать по часовой стрелке, как показано на рис. 1.

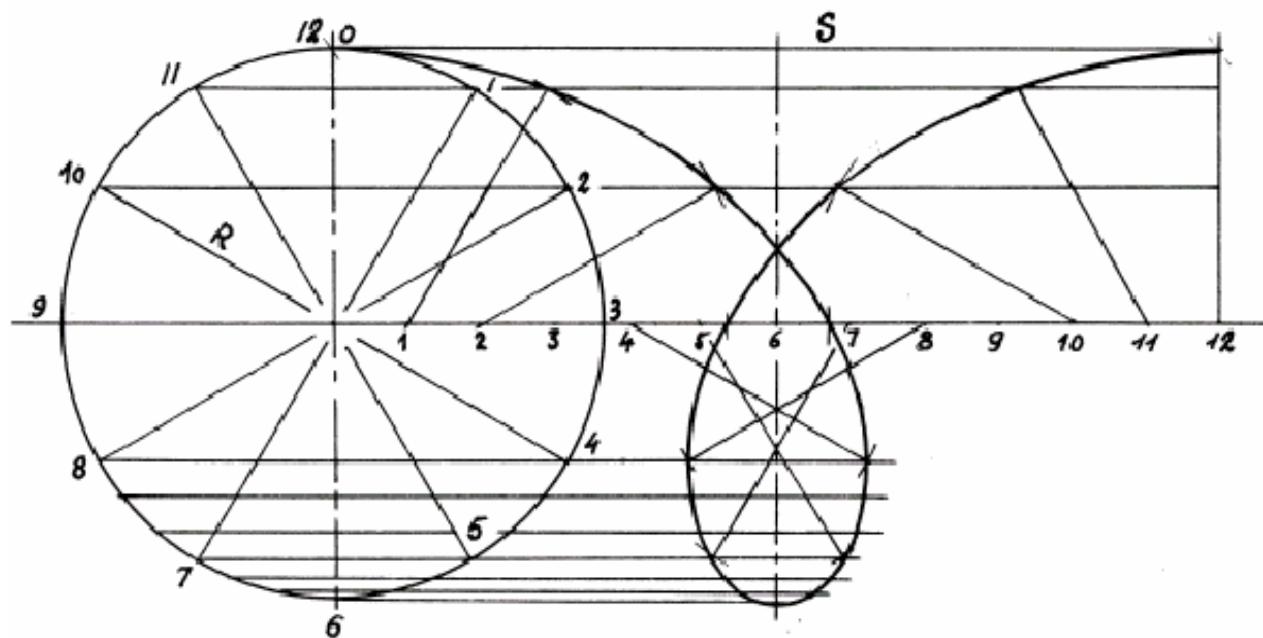
От центра окружности вправо отложить путь  $S$  (таблица 2, режим 1), разделить его на 12 частей, точки пронумеровать.

Через точки окружности провести горизонтали: 1-12; 11-1; 10-2; 9-3; 8-4; 7-5;6.

Из точек отрезка  $S$  радиусом  $R$  сделать засечки на горизонталях, имеющих соответствующие номера. Через засечки провести трахойду (абсолютную траекторию планки).

Для получения точной траектории в рабочей зоне петли, дуги окружности между точками: 4-5;5-6;6-7;7-8 разделить на три равные части и через полученные точки провести дополнительно 4 горизонтальные линии. Затем, также на три части разделить каждый отрезок между точками 4-5-6-7-8 на линии  $S$ . Используя радиус мотовила, получить дополнительные точки в нижней части петли.

Все линии, кроме окружности и трахоиды, наносить на чертеж твердым острым карандашом так чтобы они не затеняли рисунок, на котором предстоит еще много построений.



**Рис.1 построение траектории планки мотовила**

Построение траекторий трех смежных планок

Построенную траекторию считаем первой. Поставить ее номер на окружности римской цифрой I. Разделить окружность на  $Z$  равных частей (формула 6). Пронумеровать полученные точки против часовой стрелки римскими цифрами I, II...Z (на рис.2  $Z=5$ ).

Через последнюю планку  $V(Z)$  провести горизонталь до пересечения с нисходящей ветвью траектории I. Расстояние по горизонтали от точки  $V(Z)$  окружности до траектории I это шаг мотовила  $S_z$ . Обозначить его на чертеже и сравнить значение с расчетным (ф.6) .

Траектории планок II и V(Z) будут располагаться справа и слева от траектории I на расстоянии  $S_z$ . Перенося точки траектории I вправо и влево на расстояние  $S_z$ , получим точки, через которые пройдут еще две траектории: вторая-II и последняя V(Z).

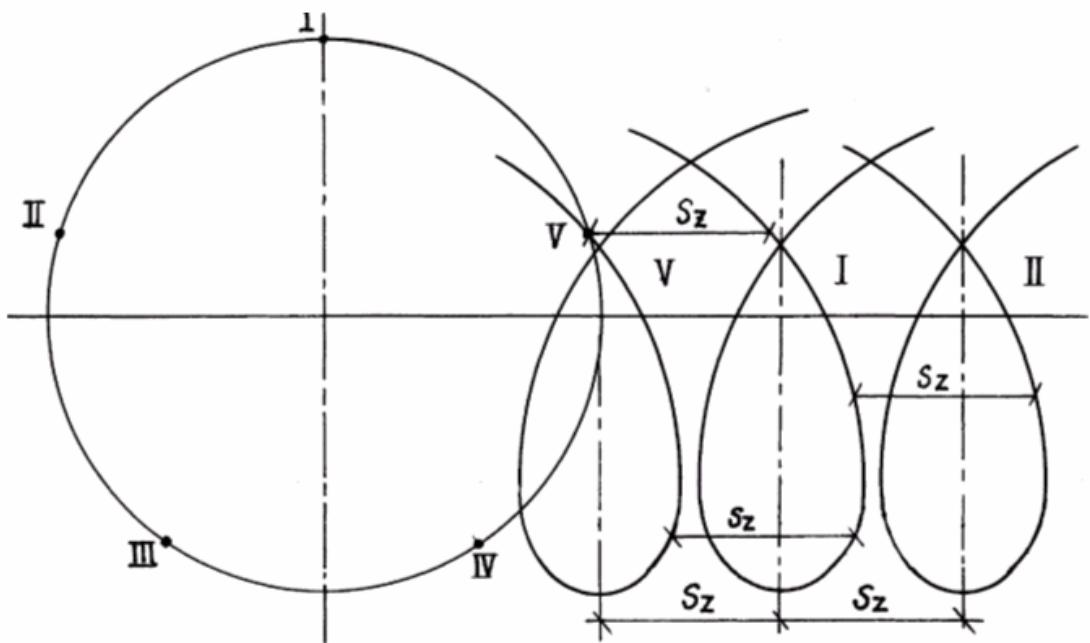


Рис. 2 Построение траектории трех смежных планок

Схема совместной работы мотовила и режущего аппарата при отсутствии выноса мотовила

Под осью мотовила на расстоянии  $H_{cp}$  (рис.3) провести горизонтальную линию, показывающую траекторию режущего аппарата. Ниже ее на расстоянии  $h_{cp}$  (таблица 3) провести поверхность поля.

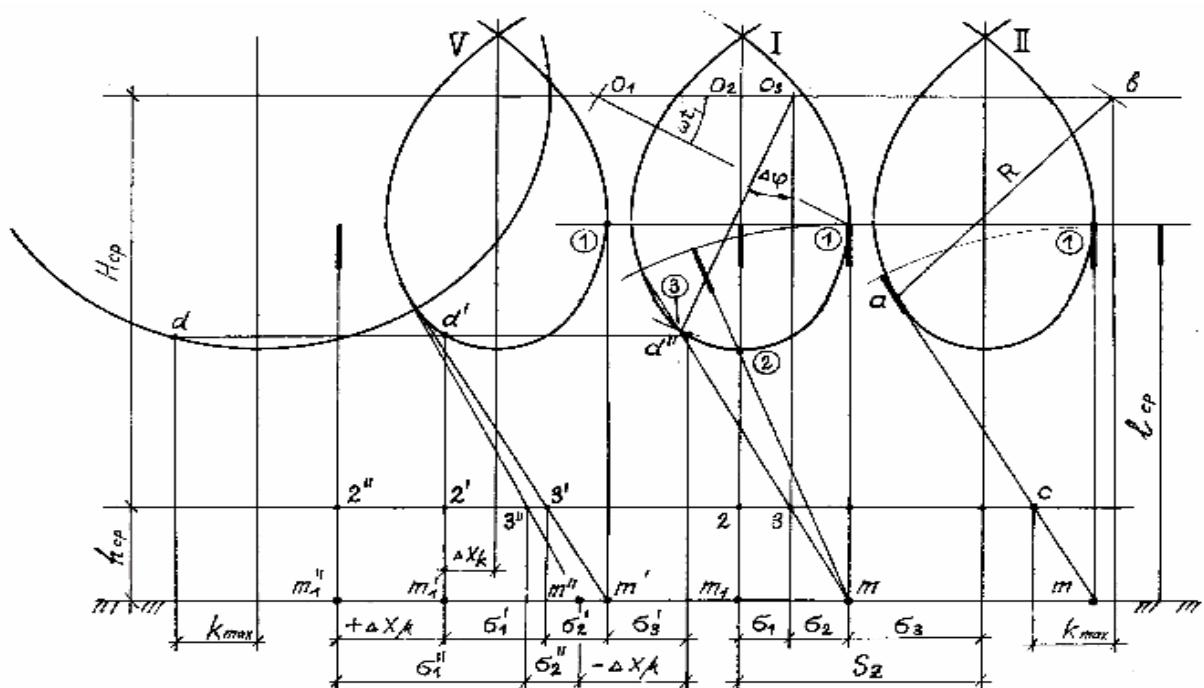


Рис. 3 Фаза совместной работы мотовила и режущего аппарата

От поверхности поля отложить вверх длину стеблей  $l_{cp}$  и провести горизонталь, показывающую высоту хлебостоя. Отметить пересечение этой горизонтали с траекториями планок точками 1. Точки 1 соответствуют моментам вхождения планок в хлеб.

Из точки 1 средней траектории радиусом мотовила R сделать засечку на оси мотовила O<sub>1</sub> и обозначить фазу вхождения планки в хлеб от t<sub>1</sub>. Далее определить фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата для трёх вариантов, указанных в пункте 5.

Определение моментов начала и конца резания пучка стеблей, подаваемого планкой мотовила

Выполним построение на траектории планки I. Точкой т на поверхности поля обозначить первый стебель, захватываемый планкой в точке 1. В этот момент режущий аппарат располагается под осью мотовила O<sub>1</sub>, совместной работы планки с режущим аппаратом нет.

В последующие моменты планка наклоняет стебли навстречу режущему аппарату, формируя пучок. Когда планка окажется в т.2, ось мотовила будет располагаться в т.O<sub>2</sub>, режущий аппарат под осью в т.2. Вертикально стоящий стебель т<sub>1</sub> – первый стебель пучка, срезаемого режущим аппаратом при содействии планки I. Последним в пучке будет срезан наклонённый стебель т. Момент его среза определим методом последовательных перемещений: оси мотовила – режущего аппарата – планки – стебля т. Следует помнить, что режущий аппарат в любой момент будет располагаться под осью мотовила, так как вынос мотовила отсутствует.

Задавшись небольшим перемещением оси по ходу машины, одновременно перемещаем на такую же величину режущий аппарат. Затем из нового положения оси мотовила радиусом R делаем засечку на петле и через полученную точку проводим луч т. И так до тех пор, пока не определится положение оси O<sub>3</sub>, режущего аппарата 3, планки 3, при которых отрезок т3 пройдёт через т.3. Планка мотовила при этом повернётся из вертикального положения на угол Δφ.

Правильность построения необходимо проверить, определив угол Δφ расчетным путём, для этого рассчитать последовательно два уравнения:

$$\sin(\Delta\phi + A) = \frac{H}{R} \cdot \sin A; \quad (15)$$

$$\tan A = \frac{R}{\lambda \cdot h} (\theta - \Delta\phi); \quad (16)$$

$$\text{где } \theta = \arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2}; \quad (16')$$

θ- вспомогательная расчётная величина;

A – вспомогательный угол, рад.

Δφ - угол поворота планки из вертикального положения до момента среза последнего стебля пучка, рад.

*Порядок решения:*

1. Рассчитать величину θ.
2. По формуле 16 определить угол A, примерное значение угла Δφ взять с чертежа.
3. Подставить значение A и Δφ в равенство 15 и проверить его. Если левая и правая части равны, значит угол Δφ взят с чертежа верно. Если равенства не получается, необходимо откорректировать значение Δφ, вновь определить вспомогательный угол A и добиться равенства двух частей уравнения 15.

Фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата при отсутствии выноса  
Убедившись в правильности построения определить по чертежу фазы:

σ<sub>1</sub> – фаза резания, - расстояние по горизонтали между точками 2-3;

σ<sub>2</sub> – фаза холостого хода, - между точками 3-1;

σ<sub>3</sub> – фаза пропусков, - расстояние между вертикалью 1 и осью следующей петли.

Учитывая масштаб изображения M 1:10,(M 1:7,5), записать значения фаз в таблицу 5.

Проверить полученные значения расчётом:

$$\sigma_1 = \frac{R}{\lambda} \cdot \Delta\varphi; \quad (17)$$

$$\sigma_2 = \frac{B_{max}}{2} - \sigma_1; \quad (18)$$

$$\sigma_3 = \frac{R}{\lambda} \left( \frac{2\pi}{Z} - \theta \right). \quad (19)$$

Результаты записать в таблицу 5, расхождение между графическими и расчетными значениями не должно превышать 3%.

Коэффициенты, характеризующие работу мотовила  
Подсчитать и записать в таблицу 5 коэффициенты:

резания:  $\eta_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}; \quad (20)$

холостого хода:  $\eta_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}; \quad (21)$

пропусков:  $\eta_3 = \frac{\sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}; \quad (22)$

полезности:  $\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}. \quad (23)$

5. Показатели работы мотовила в первом режиме ( $\lambda_{min}=$ ), 1-й вариант ( $k=0; \mu=0$ )

Способ определения	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sum \sigma$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta$
Графический								
Расчетный								

Схема совместной работы мотовила и режущего аппарата при максимальном выносе мотовила

Максимальный вынос мотовила  $k_{max}$ .

Максимальный вынос определить по методу проф. М.Н.Летошнева, построение выполнить на правой (планке Z) петле. Из точки т провести касательную т-а к траектории планки. Из точки касания а радиусом мотовила сделать засечку в на траектории оси. Обозначить точку с пересечения траектории режущего аппарата с касательной т-а. Расстояние по горизонтали между точками в и с есть вынос  $k_{max}$ .

Фазы совместной работы при максимальном выносе мотовила.

Определить только графическим методом.

Под начальной окружностью отложить влево от вертикальной оси максимальный вынос  $k_{max}$  и провести вертикаль d. Через точку d провести горизонталь, на левой и средней петлях отложить точки d' и d''; через эти точки провести вертикали. На вертикали d' располагается первый стебель т' пучка, срезаемого при выносе мотовила. Повторив на левой петле построение т-с-а, проставьте фазы σ<sub>1</sub>;σ<sub>2</sub>;σ<sub>3</sub>. Отрезок ΔX<sub>k</sub> показывает прибавку к активным фазам, полученную в результате выноса мотовила. Очевидно, что фаза

пропусков  $\sigma_3$  уменьшилась на такую же величину и стала равной  $\sigma'_3$ . Значения фаз, учитывая масштаб изображения, записать в таблицу 6, посчитать и записать значения коэффициентов  $\eta_1; \eta_2; \eta_3; \eta$ ; проанализировать полученные результаты.

#### 6. Показатели работы мотовила в 1-м режиме

( $\lambda_{\min} = \dots$ ), 2-й вариант ( $k = k_{\max}; \mu = 0$ )

Условия	Величины							
	$\sigma_1^1$	$\sigma_2^1$	$\sigma_3^1$	$\sum \sigma^1$	$\eta_1^1$	$\eta_2^1$	$\eta_3^1$	$\eta^1$
$\lambda_{\max} = \dots$ $k_{\max} = \dots$ $\mu = 0$								

Расчет параметров траектории планки

Расчет выполнить для трех режимов работы, показать подстановку в формулы числовых значений. Результаты расчетов свести в таблицу 2.

Перемещение машины за один оборот мотовила:

$$S = 2\pi R \frac{V_m}{U} = \frac{2\pi R}{\lambda} \quad (8)$$

Ширина петли:

$$B_{\max} = \frac{2R}{\lambda} \left( \arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \right) \quad (9)$$

Шаг мотовила:

$$S_z = \frac{S}{Z} \quad (10)$$

2. Расчетные параметры траекторий планок мотовила для трех режимов работы

№ режима	Показатель Режима	S, м	B <sub>max</sub> , м		S <sub>z</sub> , м	
			расч.	граф.	расч.	граф.
1	$\lambda_{\min} = \frac{U_{\max}}{V M_{\max}} =$					
2	$\lambda_{cp} = \frac{U_{cp}}{V M_{\max}} =$					
3	$\lambda_{\max} = \frac{U_{\min}}{V M_{\min}} =$					

#### 4. Высота установки мотовила. Радиус мотовила.

Рассчитать высоту установки мотовила для работы на высоком, среднем и низком хлебостое.

Максимальная высота:

$$H_{\max} = l_{\max} + \frac{R}{\lambda_{\min}} - h_{\max} \quad (11)$$

Средняя:

$$H_{cp} = l_{cp} + \frac{R}{\lambda_{cp}} - h_{cp}; \quad (12)$$

$$l_{cp} = \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2} \quad (12^a)$$

где

Минимальная:

$$H_{\min} = l_{\min} + \frac{R}{\lambda_{\max}} - h_{\min} \quad (13)$$

Высота среза  $h$  выбирается по таблице 3.

### 3. Зависимость высоты среза растений от способа уборки

Способ уборки	Высота среза, мм		
	$h_{\max}$	$h_{cp}$	$h_{\min}$
Прямое комбайнирование	120	80	50
Раздельная уборка	240	150	100

Диапазон регулировки мотовила по высоте:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} \quad (14)$$

### Радиус мотовила

$$R \leq \frac{l_{cp} \cdot U_{\max}}{3(U_{\max} - V_{\max})} \quad (7)$$

$$\text{где } l_{cp} = \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2} \quad (7^a)$$

Полученное значение  $R$  округлить до нормального размера, оканчивающегося на 0 или 5 мм. Во всех дальнейших расчетах и построениях использовать этот радиус мотовила

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Определение коэффициента трения сельскохозяйственных материалов»

**2.1.1 Цель работы:** Освоить методику и определить значения коэффициентов трения различных сельскохозяйственных материалов.

#### 2.1.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с конструкцией прибора академика В.А. Желиговского.
2. Определить коэффициенты трения различных сельскохозяйственных материалов

#### 2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. прибор академика В.А. Желиговского.
2. образцы с наклеенной соломой, зерном и почвой.

#### 2.1.4 Описание (ход) работы:

##### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Ознакомление с конструкцией прибора проводится под руководством преподавателя.
2. Принцип работы прибора академика Желиговского В.А. (рис. 1) состоит в том, что на горизонтальной плоскости устанавливается (под произвольным углом  $\alpha$  к направляющей)

линейка. При этом между направлением движения  $V$  и нормалью  $N$  к линейке образуется угол  $\epsilon$ , который приобретает строго определенное значение в зависимости от значения угла  $\alpha$ , поскольку

$$\epsilon + \alpha = 90^\circ.$$

Если на этой же горизонтальной плоскости ввести в контакт с линейкой какое-либо тело и начать перемещать линейку так, чтобы она оставалась параллельна своему первоначальному положению (к направляющей), то со стороны линейки на тело возникает нормальное давление  $N$ . При значениях угла  $90^\circ > \alpha > 0^\circ$  сила  $N$  дает составляющие  $T$  и  $P$

$$(N=T+P)$$

Касательная составляющая стремится вызвать относительное перемещение тела по линейке. Этому перемещению будет препятствовать сила трения  $F$ , возникающая в плоскости контакта тела с линейкой. Величина касательной составляющей

$$T = N * \operatorname{tg} \epsilon,$$

а предельное значение силы трения

$$F_{\text{пр}} = N * \operatorname{tg} \varphi.$$

Поэтому при значениях  $\epsilon \leq \varphi$  и  $T \leq F_{\text{пр}}$  относительного перемещения тела по линейке не наступит, тело и линейка будут перемещаться как одно целое вместе с линейкой по направлению скорости  $V$ . Такой случай ( $\epsilon \leq \varphi$ ) для определения коэффициента трения непригоден.

В том случае, когда  $\epsilon > \varphi$ ;  $T > F_{\text{пр}}$  поэтому наступит относительное движение тела по линейке. Абсолютная траектория движения тела на плоскости определяется направлением действия результирующей силы  $R$  (рис. 2), которая складывается из сил  $N$  и  $F_{\text{пр}}$  т.е.

$$R = N + F_{\text{пр}}$$

Из треугольника ORN имеем

$$NR/ON = \operatorname{tg} \angle NOR.$$

Но так как

$$NR/ON = F_{\text{пр}}/N = \operatorname{tg} \varphi,$$

значит

$$\angle NOR = \varphi$$

Рис.2. Силовая схема прибора

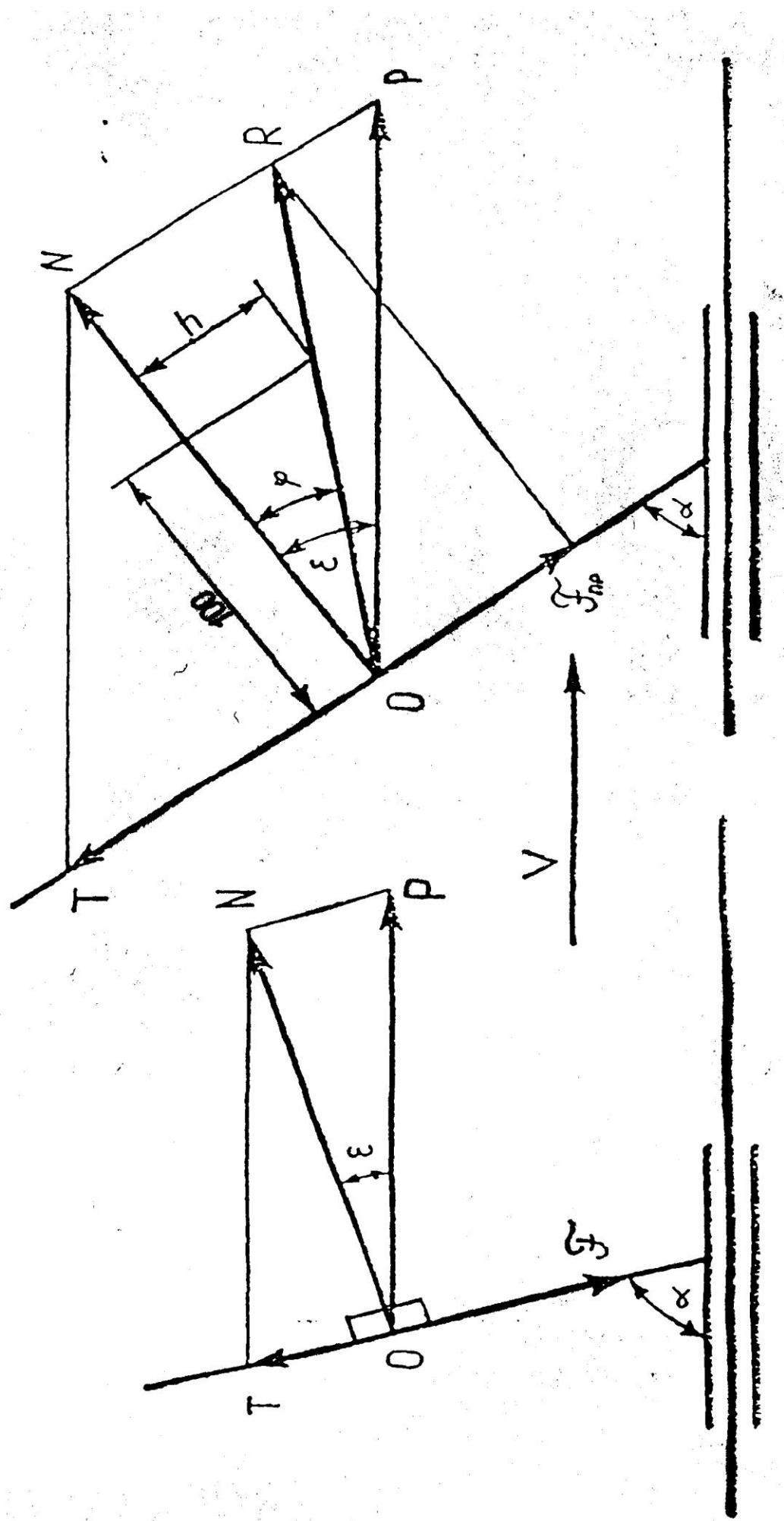


Рис.1. Принципиальная схема прибора

Следовательно, при  $\epsilon > \phi$  тело будет перемещаться по направлению R, отклоненному от нормали в сторону скорости V на угол  $\phi$ , где  $\phi$  - угол трения тела по линейке.

Таким образом, если на горизонтальной плоскости закрепить лист бумаги, а тело снабдить карандашом, то на бумаге будет оставаться след, т.е. линия действия результирующей силы. Восстановив нормаль к линейке так, чтобы она пересекала линию действия равнодействующей силы, между ними получим угол  $\phi$ . Если, например, на нормали отложить 100 мм и восстановить перпендикуляр до пересечения с результирующей R, то катет h, разделенный на 100, даст значение коэффициента трения данной трущаяся пары (тело-линейка), а именно

$$h/100 = \tan \phi$$

Для определения коэффициента трения в каждом случае необходимо один из испытуемой пары материалов прикрепить к линейке (обычно струбцинами), а другой к каретке.

3. Результаты экспериментов занести в таблицу 1

ТАБЛИЦА 1

Испытуемая пара материалов	Значения коэффициента трения							Диспер- сия, $S_x^2$	Ср квадр. откло- нение. $S_x$	Коэф. вариа- ции, $V, \%$			
	Номер опыта												
	1	2	3	4	5	6	7						

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  - среднее арифметическое значение, где n - число опытов, i - номер опыта, x - значение коэффициента трения в опыте.

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$S_x = \sqrt{S_x^2} - \text{дисперсия}$$

$$V = S_x / \bar{x} * 100\% - \text{коэффициент вариации.}$$

## 2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

## **Тема: «Профилирование лемешно – отвальной поверхности (ЛОП) корпуса плуга»**

**2.2.1 Цель работы:** Освоить методику профилирования рабочей поверхности корпуса плуга, построения ее поперечно- и продольно-вертикальных и горизонтальной проекций, а также определения ее основных характеристик (ширины захвата, глубины обработки, высоты рабочей поверхности углов  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \Delta$ ).

### **2.2.2 Задачи работы:**

1. Снять координаты рабочей поверхности корпуса.
2. Вычертить три ее проекции: поперечно-вертикальную, горизонтальную и продольно-вертикальную.
3. Определить основные характеристики исследуемой рабочей поверхности корпуса плуга.

### **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Профиломер
2. корпус плуга
3. транспортир, чертежные принадлежности

### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

#### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ**

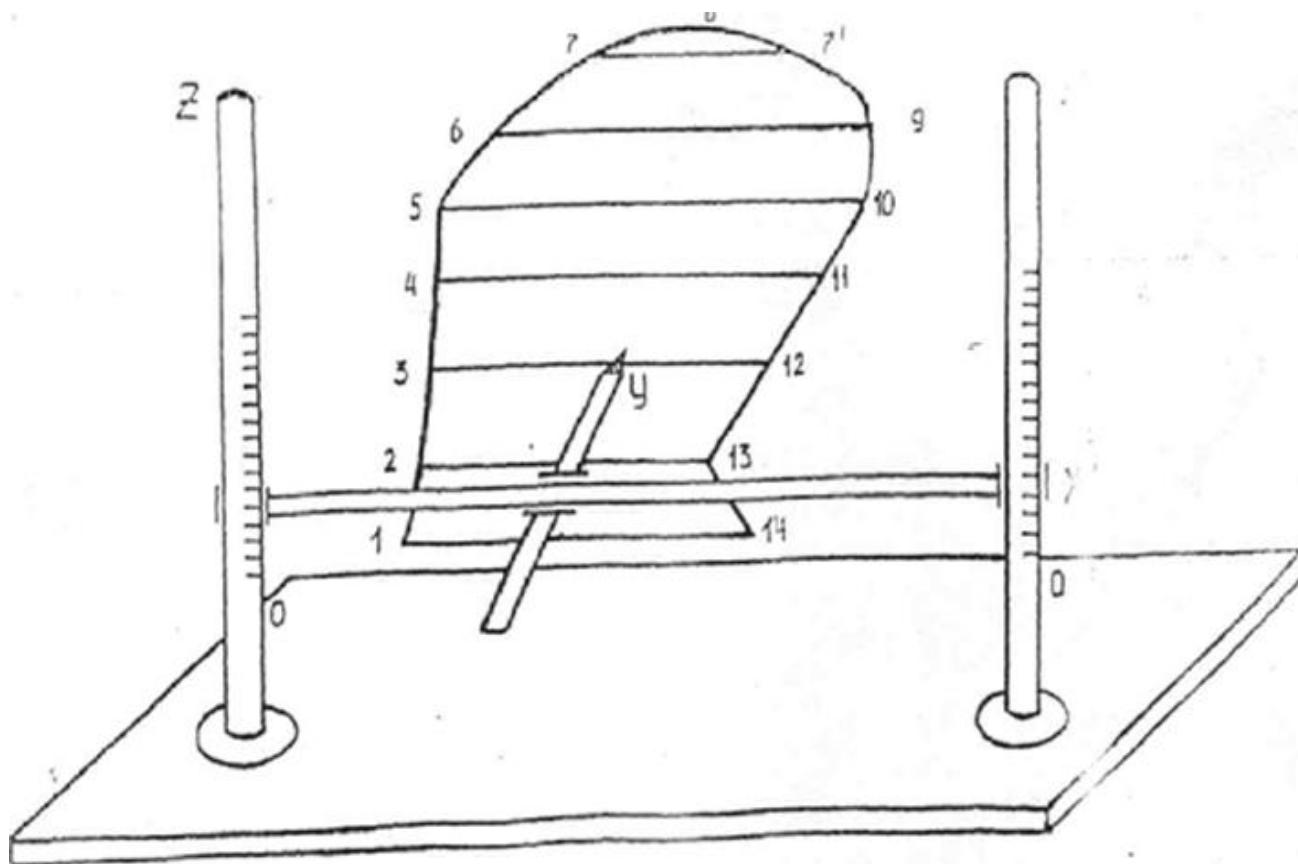
На платформу установить исследуемый корпус плуга (рис. 1) так, чтобы линия лезвия лемеха 1-14 находилась выше нулевой отметки по шкале Z, либо совпадала с ней, а линия полевого обреза 1-5 должна располагаться в вертикальной плоскости, параллельной оси X.

Корпус плуга должен быть расположен на платформе профиломера таким образом, чтобы крыло отвала 9-13 не пересекало ось X и находилось бы от нее на некотором удалении.

На рабочей поверхности корпуса плуга отмечаем характерные точки (точки стыка и точки перегиба):

- Т. 1 - носок лемеха (стык линии лезвия лемеха 1-14 и полевого обреза корпуса 1-5);
- Т.2 - стык лемеха с отвалом по линии полевого обреза корпуса 1-5;
- Т.5 - стык линий полевого 1-5 и верхнего 5-10 обрезов корпуса;
- Т.8 - самую верхнюю точку верхнего обреза корпуса 5-10;
- Т.9 - стык верхнего 5-9 и бороздового 9-13 обрезов отвала;
- Т. 13 - стык отвала с лемехом по линии бороздового обреза корпуса 11-13-14;
- Т. 14 - пятка лемеха.

Для точности профилирования рабочей поверхности между указанными точками выделяем дополнительные точки таким образом, чтобы линия полевого обреза корпуса 1-5 была равномерно разделена примерно на равные отрезки. Через дополнительные точки 3,4... строим образующие, параллельные линии лезвия лемеха 1-14. Противоположные концы образующих нумеруем. Таким образом рабочая поверхность корпуса плуга подготовлена нами к профилированию. Далее с помощью профиломера снимаем координаты отмеченных на рабочей поверхности точек по осям X, Y и Z и записываем их в таблицу 1



КООРДИНАТЫ ТОЧЕК РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА ПЛУГА

ТАБЛИЦА 1

N точки координаты	1	2	3	4	5	6	7	7'	8	9	10	11	12	13	14
X, мм															
Y, мм															
Z, мм															

По координатам точек, представленных в таблице 1, строим три проекции рабочей поверхности корпуса плуга на отдельном листе в масштабе 1:5 (Рис.2), приняв координаты первой точки за 0. Значения координат других точек определяются по разности координаты точки в таблице 1 и координаты первой точки по данной шкале, принятой за 0.

Из построения на горизонтальной проекции (IV квадрант) определяем координаты левых (1,2,7) и правых (14,13,7') точек соответствующих образующих, указанных в табл 1, а также начальное уо, минимальное  $y_{min}$  и максимальное

*ymas*

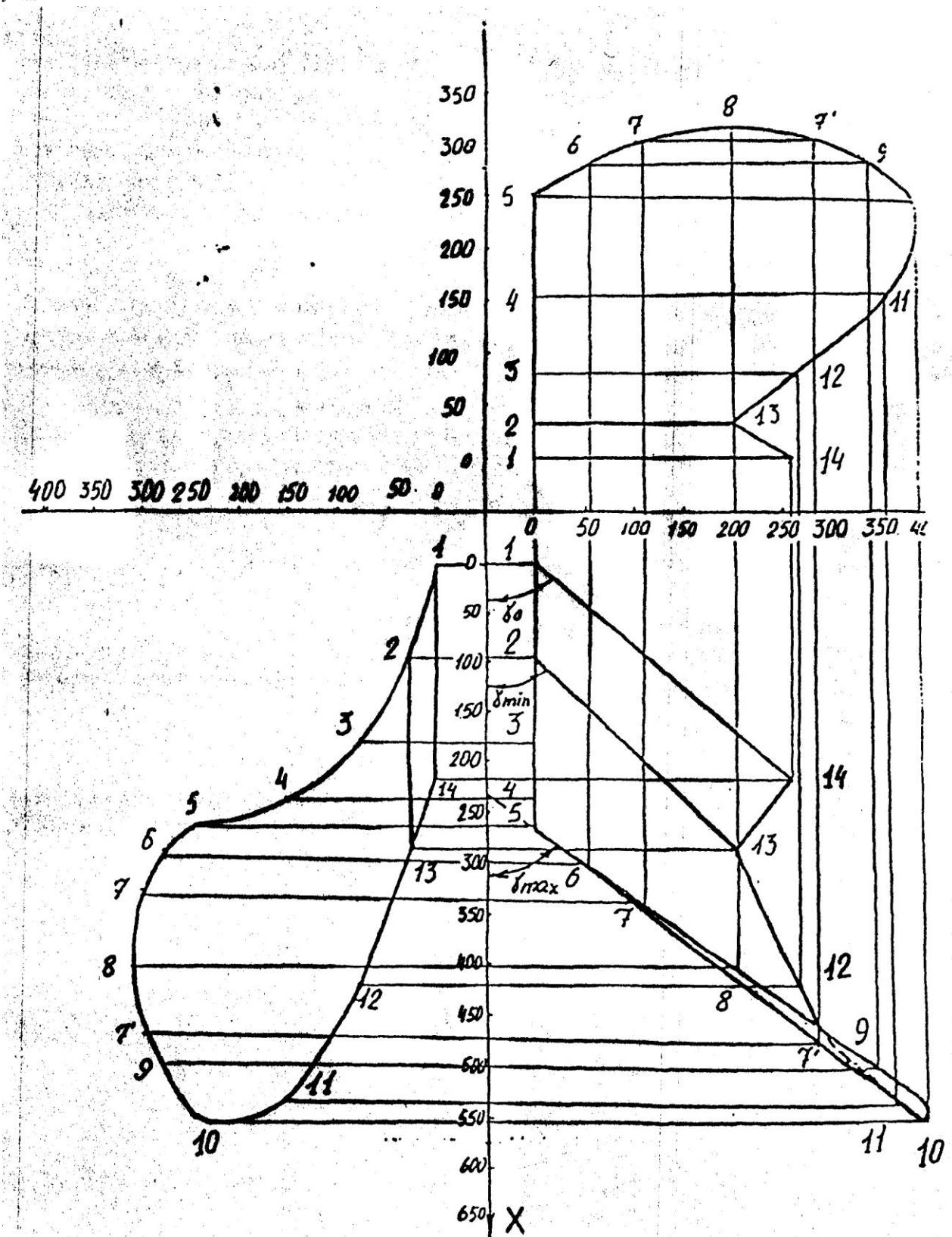


Рис.2. Проекции рабочей поверхности корпуса плуга

значения угла образующей со стенкой борозды (осью x). Найденные значения записываем в таблицу 2.

### КООРДИНАТЫ КРАЙНИХ ТОЧЕК РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ ПРЯМОЙ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

ТАБЛИЦА 2

Положения образующей прямой	Координаты					Угол $\gamma$ , град.	
	левая			правая			
	X, мм	Y, мм	Z, мм	X, мм	Y, мм		
1 Нулевое положение (совпадает с линией лезвия лемеха 1-14)						$\gamma_0 =$	
2. В стыке лемеха с отвалом 2-13						$\gamma_{\min} =$	
3. Самая верхняя образующая 7-7'						$\gamma_{\max} =$	

Сравнивая полученные значения углов  $\gamma_0$ ,  $\gamma_{\min}$ ,  $\gamma_{\max}$  со стандартными (см. указанную литературу) для различных типов поверхностей, делаем заключение, что исследуемая рабочая поверхность относится к: полувинтовой, культурной, скоростной, цилиндрической (нужное подчеркнуть).

На поперечно-вертикальной проекции (1-квадрант, лобовой контур) строятся кривые для определения угла ( $\beta$  в различных сечениях рабочей поверхности. Заданное расстояние между секущими поперечно-вертикальными плоскостями

$$\Delta X = 100 \text{ мм.}$$

Во втором квадранте по найденным значениям тангенсов углов образующей со стенкой борозды ( $\gamma_0, \gamma_{\min}, \gamma_{3-12}, \gamma_{4-11}, \gamma_{5-10}, \gamma_{6-9}, \gamma_{7-7}$ ) необходимо построить кривую изменения угла  $\gamma$  в зависимости от высоты расположения образующей на рабочей поверхности Z.

На продольно-вертикальной проекции строятся кривые для определения угла  $\alpha$ . Заданное расстояние между секущими продольно-вертикальными плоскостями

$$\Delta Y = 100 \text{ мм.}$$

Из построения получаем:

1. Угол наклона отвального пласта с горизонтом  $\delta = \dots$  град.
2. Угол оборота пласта:  $\Delta = 180^\circ - \delta =$
3. Ширина захвата корпуса  $b = \dots$  мм.
4. Предельно возможная глубина пахоты  $a_{\text{пред}} = 0,8b = \dots$  мм.
5. Наибольшая разность  $\Delta \alpha = \dots$  град, в первом продольно-вертикальном сечении для определения угла  $\alpha$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Исследуемая рабочая поверхность предназначена для отвальной обработки почвы на глубину  $a = \dots$  мм с шириной захвата  $b = \dots$  мм, при, максимальной высоте поверхности  $H = \dots$  мм и производит при этом ..... крошление и ..... обрачивание.

## **2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).**

### **Тема: «Расчет параметров плуга»**

**2.3.1 Цель работы:** Освоить методику определения по заданным параметрам тягового сопротивления и КПД плуга, а также спроектировать полевую доску, обеспечивающую устойчивый ход плуга.

#### **2.3.2 Задачи работы:**

1. Определить тяговое сопротивление плуга  $P$  для заданных условий работы.
2. Определить предельное тяговое сопротивление плуга  $P_{\text{пр}}$ .
3. Определить КПД плуга для заданных условий работы  $\eta$  или для предельных  $\eta_{\text{пр}}$ .
4. Спроектировать полевую доску.
  - 4.1 Определить графически и расчетом длину полевой доски.
  - 4.2 Определить расчетом толщину полевой доски.
5. Дать краткую техническую характеристику плуга.

#### **2.3.4 Описание (ход) работы:**

##### **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:**

1. Марка плуга	
2. Глубина пахоты заданная	$a = \dots \text{ см}$
3. Глубина пахоты предельная	$a_{\text{пр}} = \dots \text{ см}$
4. Удельное сопротивление почвы заданное	$k = \dots \text{ Па}$
5. Удельное сопротивление почвы предельное	$k_{\text{пр}} = \dots \text{ Па}$
6. Вес плуга	$Q = \dots \text{ кг}$
7. Рабочая скорость агрегата	$V = \dots \text{ км/ч}$
8. Скоростной коэффициент	$\varepsilon = 200 \dots 1000 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$
9. Коэффициент протаскивания	$f = 0.2 \dots 0.4$
10. Угол лезвия лемеха со стенкой борозды	$\gamma_0 = \dots \text{ град}$
11. Угол трения почвы о сталь	$\phi = 23 \dots 28^\circ$

##### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ**

1. Тяговое сопротивление плуга для заданных условий работы агрегата определяем по рациональной формуле В.П. Горячкина

$$P = Q \times f + a \times b \times n \times k + \varepsilon \times a \times b \times n \times V^2 \quad [\text{кгс}]$$
$$P =$$

где  $Q$  - вес плуга [кгс];

$b$  - ширина захвата корпуса (определяем из марки плуга);

$n$  - число корпусов плуга;

При подстановке значений параметров в формулу соблюдаем единую размерность.

2. Предельное тяговое сопротивление плуга  $P_{\text{пр}}$  определим по аналогичной формуле, заменив в ней заданные параметры глубины пахоты и удельного сопротивления почвы предельными:

$$P_{\text{пр}} = Q \times f + a_{\text{пр}} \times b \times n \times k_{\text{пр}} + \varepsilon \times a_{\text{пр}} \times b \times n \times V^2 \quad [\text{кгс}]$$
$$P_{\text{пр}} =$$

3. КПД плуга для заданных условий определим по формуле:

$$\eta = a \times b \times n \times k / P$$

$$\eta =$$

Аналогично КПД плуга для предельных условий:

$$\eta_{\text{пр}} = a \times b \times n \times k / P$$

$$\eta_{\text{пр}} =$$

#### 4. Проектирование полевой доски

4.1 Длину полевой доски определяем графически. Для этого в масштабе отложим ширину захвата корпуса: отрезок  $b$ . Из начала отрезка  $b$  вниз, перпендикулярно к нему, опустим луч, символизирующий собой стенку борозды, затем из начала отрезка  $b$  под углом  $\gamma_0$  к стенке борозды построим линию лезвия

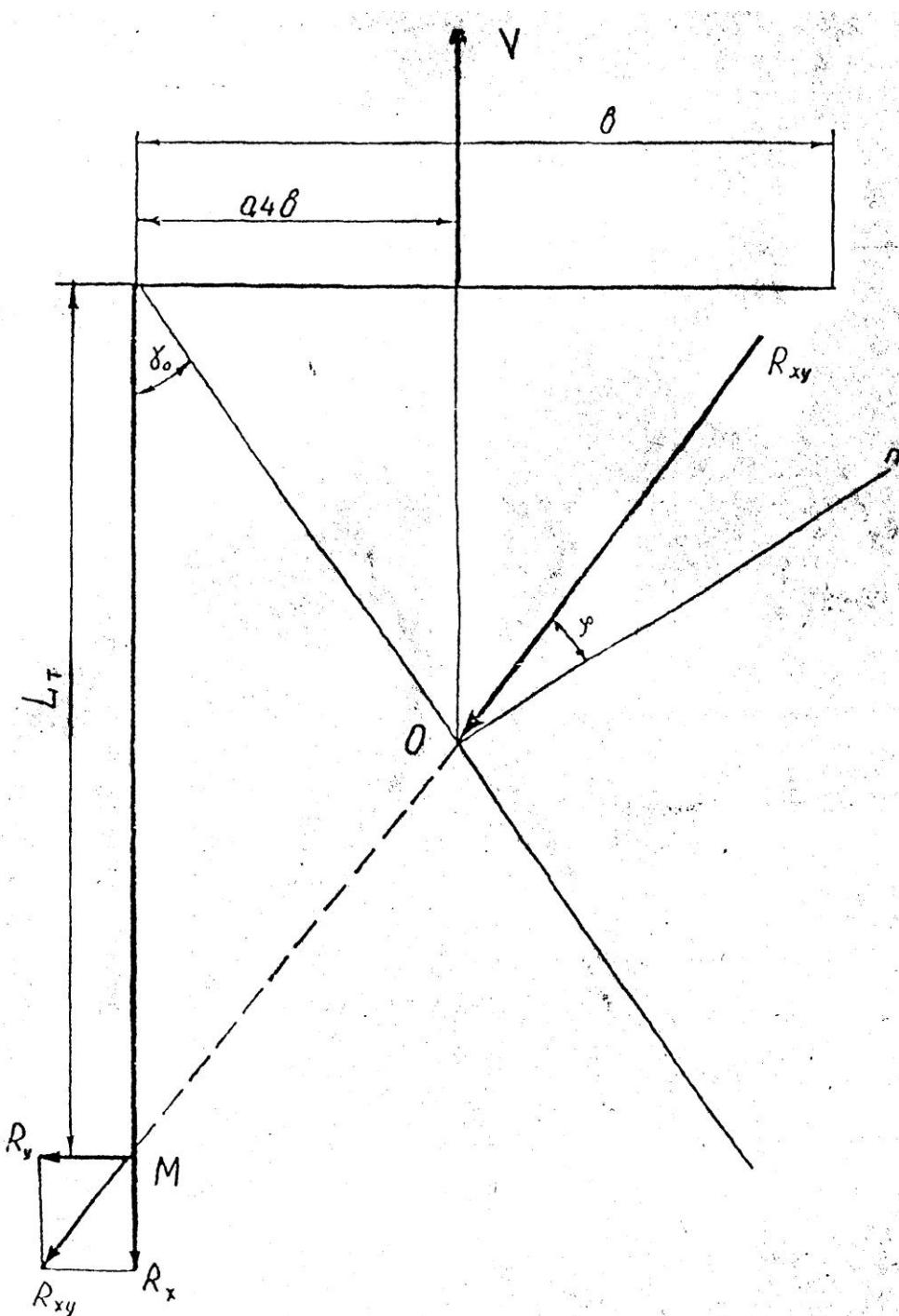


Рис. 1. Графическое определение длины полевой доски

лемеха. По данным В.П. Горячкина вектор силы сопротивления почвы резанию  $R_{xy}$  в горизонтальной плоскости приложен к лезвию лемеха на расстоянии (0,3...0,5) вот его носка - т. О. Направление линии действия силы  $R_{xy}$  отклонено от нормали к лезвию лемеха в т. О на угол трения почвы по стали  $\phi$  (см. исходные данные) в сторону направления движения корпуса.

Далее проводим линию действия силы  $R_{xy}$  до пересечения со стенкой борозды в т. М. Расстояние отточки пересечения линии действия силы  $R_{xy}$  со стенкой борозды от т. М до носка лемеха и будет являться теоретической длиной полевой доски.

Действительная длина полевой доски  $L_d$  приблизительно равна половине теоретической  $L_t$ :

$$L_d = 0,5 L_t =$$

4.2 При прочностном расчете полевой доски прежде всего необходимо определить составляющие  $R_x$  и  $R_y$  силы  $R_{xy}$ . Одна из них  $R_x$  направлена в сторону противоположную скорости движения корпуса  $V$  и определяется по формуле

$$R_x = P_{np} * \eta_{np} / n$$

$$R_x =$$

Составляющая  $R_y$  перпендикулярна направлению скорости  $V$  и именно она приводит к изгибу полевой доски. Величина ее определяется из выражения

$$R_y = (0,25...0,45) \times R_x = 0,35 \times R_x$$

$$R_y =$$

Сечение полевой доски прямоугольное с размерами  $t \times h$ ,

где  $t$  - толщина

$h$  - высота.

Высоту  $h$  для плугов общего назначения согласно [3] следует принимать 150... 180 мм, а для плугов-лущильников 60...80 мм. Задавшись высотой полевой доски  $h$ , толщину ее  $t$  определим по формуле:

$$t = \sqrt{6xR_yxL_d}/[\sigma]xh$$

$$t =$$

где  $[\sigma] = 2000$  кгс/см допустимое напряжение изгиба выбранной стали.

## 5. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛУГА.

1. Марка плуга -
2. Число корпусов -
3. Ширина захвата корпуса -
4. Ширина захвата плуга -
5. Рабочая скорость движения -
6. Удельное сопротивление -
7. Глубина пахоты -
8. КПД-
9. Производительность -  $W = 0,1 B_p V_p$  -
10. С каким трактором агрегатируется -
11. Назначение плуга -
12. Тип агрегатирования -
13. Вес плуга-
14. Конструктивные особенности -

### 2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Проектирование зубовой бороны»

**2.4.1 Цель работы:** Изучить методику проектирования зубовых борон, рассчитать необходимое количество зубьев и построить схему их размещения на раме бороны.

#### **2.4.2 Задачи работы:**

1. Определить основные параметры бороны.
2. Построить зубовое поле бороны
3. Дать заключение об условиях работы зубьев бороны (выявить неуравновешенные зубья).
4. Определить конструктивные размеры бороны и ширину ее захвата, тяговое сопротивление и минимальную массу одного звена бороны.
5. Построить схему звена бороны с разными расстояниями между средними и крайними поперечными планками ( $h > h_1$ ).

#### **2.4.4 Описание (ход) работы:**

##### **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:**

1. Расстояние между следами зубьев  $a = \dots$  мм
2. Число поперечных рядов зубьев  $m = \dots$
3. Расстояние между поперечными планками  $h = \dots$  мм
4. Число ходов развертки основного винта  $k_1 = \dots$  шт
5. Число продольных планок (число зубьев в ряду)  $N = \dots$
6. Направление средних участков продольных планок по основной А или дополнительной Б развертке

##### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И УКАЗАНИЯ**

Зубья на раме бороны размещают с учетом выполнения следующих агротехнических требований:

1. Каждый зуб должен проводить самостоятельную бороздку.
2. Все бороздки должны находиться на равных расстояниях друг от друга.
3. Расстояние между зубьями на поперечной планке должно быть таким, чтобы не было забивания их промежутков комьями почвы и растительными остатками.
4. Левая и правая грани каждого зуба должны работать в одинаковых условиях; не должно возникать реактивных сил, стремящихся повернуть борону во время движения.

С целью выполнения этих требований зубовое поле такой бороны строят по развертке на плоскость двух многоходовых (основного и дополнительного) винтов. Зубья на раме бороны размещают в точках пересечения винтовых линий с образующими цилиндра или в точках пересечения винтовых линий.

##### **1. Определение основных параметров зубового поля**

При выборе параметров зубового поля соблюдают следующие условия:

1. Сумма заходов основного  $k_1$  и дополнительного  $k_2$  винтов должна быть равной числу поперечных рядов зубьев т.е.

$$k_1 + k_2 = m$$

2. Число рядов зубьев  $m$  и число заходов  $k$  не должно иметь общего множителя.

3. Продольные планки между первой и второй, четвертой и пятой образующими должны быть направлены по винтовой линии основного винта, а от второй до четвертой по винтовой линии дополнительного винта (вариант Б) и наоборот (вариант А). Длина развертки

$$L_p = h \cdot m; \quad L_p =$$

Расстояние между зубьями в ряду

$$b = m \times a; \quad b =$$

Шаг основного винта:

$$t_1 = k_1 \times b; \quad t_1 =$$

Шаг дополнительного винта:

$$t_2 = k_2 \times b; \quad t_2 =$$

## 2. Построение зубового поля бороны

В масштабе на отдельном листе на расстоянии  $h$  друг от друга строим образующие 1-1, 2-2, и т.д. в количестве  $m + 1$ .

На образующей 1-1 отложим отрезок  $AB = t_1$

От т. А образующую 1-1 разделим на отрезки равные  $b$ .

Из т. В восстановим перпендикуляр  $BC$  и т. С соединить с т. А и с т. Д.

Линия  $AC$  - развернутая линия основного винта.

Линия  $CD$  - развернутая линия дополнительного винта. Вправо и влево от наклонных линий проводим ряд наклонных прямых, параллельных  $AC$  и  $CD$  и удаленных друг от друга на расстояние  $b$ .

Зубовое поле, построенное на  $m + 1$  образующих, представляет полную развертку винта, в которой верхняя  $m + 1$  образующая повторяет образующую 1-1. Поэтому длина бороны ограничивается образующими 1 и 5. Контуры наклонных продольных планок между образующими 2-4 варианты А выполняют по развертке основного винта, а варианты Б - дополнительного. И, соответственно, контуры продольных планок между образующими 1-2, 4-5 варианты А выполняют по развертке дополнительного винта, а варианты Б - по развертке основного винта.

## 3. Заключение о работе зубьев бороны.

Выбрав направление движения бороны, например, вверх, проводим следы от каждого зуба вниз. После этого необходимо дать заключение об условиях работы зубьев бороны. Уравновешенными зубьями считаются те, у которых силы, действующие справа и слева на грани зуба одинаковые. Это имеет место тогда, когда поле перед зубом справа и слева от него либо обработано, либо не обработано, предыдущими зубьями. Необработанным поле считается в том случае, если расстояние от исследуемого зуба до соседнего следа впереди идущего зуба составляет  $\geq 2a$ . Если это расстояние  $< 2a$ , то поле считается обработанным. Неуравновешенные зубья на чертеже следует обозначить вектором силы со стороны большего давления на зуб (под углом  $45^\circ$  к направлению движения).

## 4. Определение конструктивных размеров бороны, ширины захвата, тягового сопротивления и минимальной массы звена бороны.

По таблице I, ориентируясь по  $a$  и  $h$ , определить тип бороны и удельное давление на один зуб  $g$  кг/зуб.

ТАБЛИЦА 1

### ТИП БОРОНЫ И УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ОДИН ЗУБ

$a$ , мм	$h$ , мм	Тип бороны	Удельное давление на зуб $g$ , кг/зуб
30..45	200..250	легкая	0.6...1.0
40..55	300	средняя	1.2...1.5
55..80	400	тяжелая	1.6...2.0

Далее определяем:

1. Число зубьев бороны:

$$n=m N; \quad n=$$

2. Длина бороны:

$$Z=(m-1)h; \quad Z=$$

3. Ширина захвата звена бороны:

$$B_0 = (n \pm 1) a; \quad B_0 =$$

Знак (+) берется в том случае (см. чертеж), если на границах ширины захвата звена расстояние между следами (бороздками) зубьев равно  $2a$ . Знак (-) - если расстояние между следами по ширине звена бороны одинаковое, равное  $a$ .

4. Устойчивый ход бороны обеспечивается при условии, чтобы линия тяги проходила через точку следа центра тяжести бороны (для упрощения  $h_c = h_3$ ), где  $h_3$  длина зуба. Длина зуба выбирается в зависимости от типа бороны:

легкие -  $h_3 = 100 \dots 140$  мм;

средние -  $h_3 = 150 \dots 200$  мм;

тяжелые -  $h_3 = 220 \dots 300$  мм;

Условие устойчивости хода бороны обеспечивается при  $\alpha = \arctg(2 h_3 / Z)$ ;

$$\alpha =$$

где  $\alpha$  - угол наклона линии тяги к горизонту.

5. Тяговое сопротивление одного звена бороны:

$$R = nk'; \quad R =$$

где  $k'$  - удельное сопротивление одного зуба принимают:

1.0 ... 1.5 кгс - для легких борон;

2.0 ... 2.5 кгс - для средних борон;

4.0 ... 5.0 кгс - для тяжелых борон.

6. Минимальный вес звена бороны определяем из выражения:

$$Q_{\min} = R \tan \alpha, \quad Q_{\min} =$$

7. Фактический вес звена бороны определится исходя из условия обеспечения требуемого давления на 1 зуб;

$$Q_\phi = ng, [\text{кгс}]; Q_\phi =$$

8. Построим схему сил, действующих на борону (см. чертеж).

5. Построение схемы звена бороны с разными расстояниями между средними и крайними поперечными планками.

Так как зубья на крайних поперечных планках меньше забиваются комьями почвы и растительными остатками, то для уменьшения габаритов бороны и ее металлоемкости планки крайних образующих 1-1 и 5-5 могут быть приближены к образующим, соответственно, 2-2 и 4-4 на 100 мм для легких и средних борон и 150 мм для тяжелых.

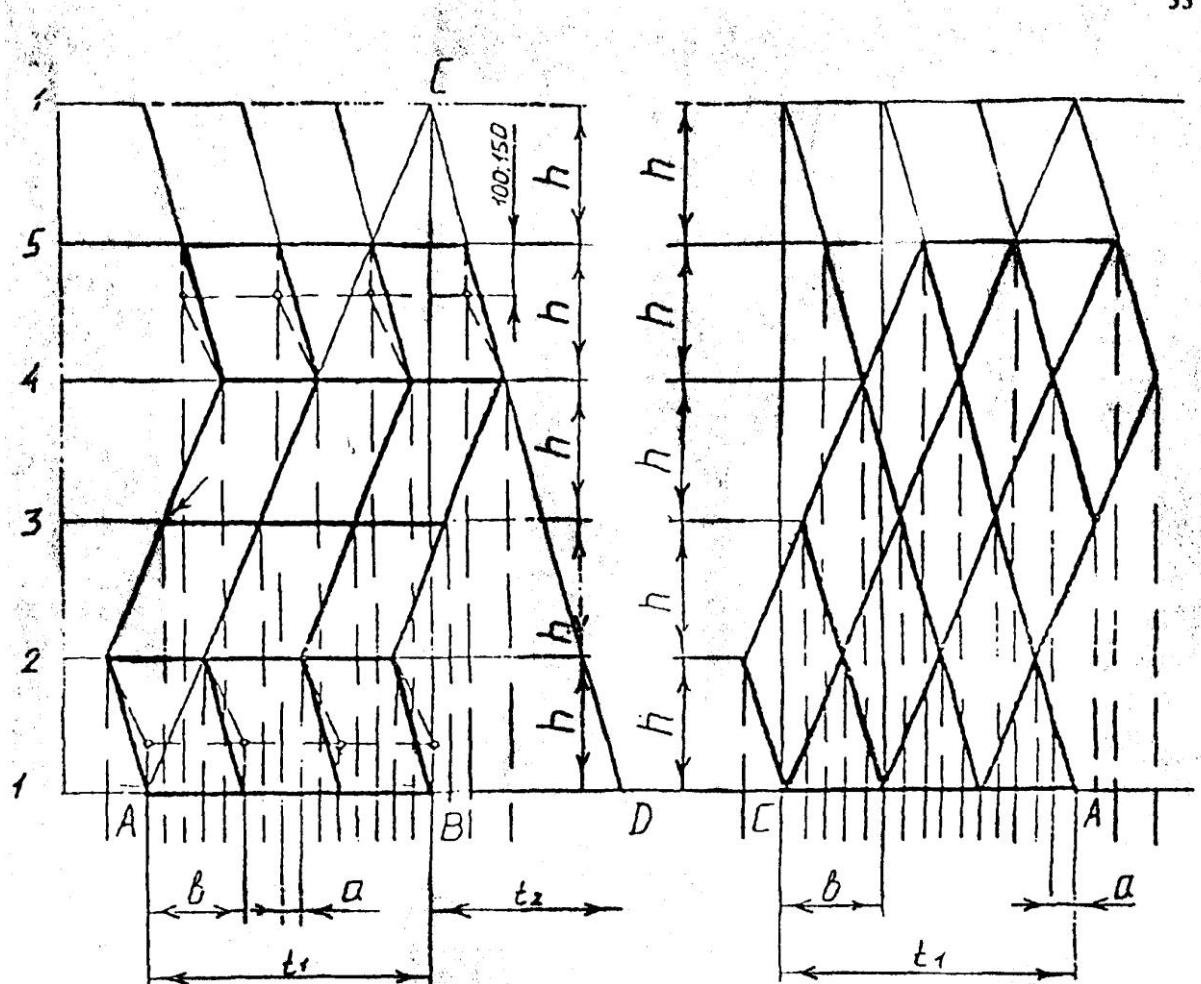


Рис. 1а. Зубовая борона  
типа “Зигзаг”

Рис. 1б. Зубовая борона с  
прямыми продольными  
планками

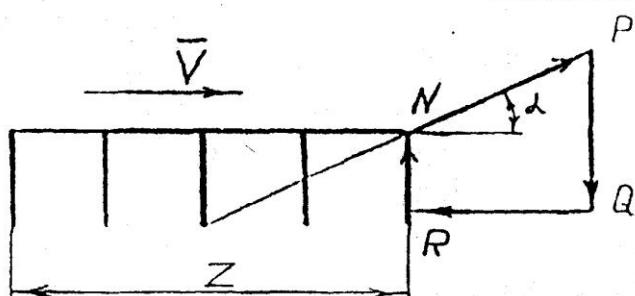


Рис.2. Силы, действующие на борону

Краткая техническая характеристика спроектированной бороны

1. Марка бороны -
2. Назначение -
3. Тип бороны -
4. Рабочая скорость -
5. Глубина обработки -
6. Вес бороны -
7. Ширина захвата -
8. Длина бороны -
9. Тяговое сопротивление -

## **2.5.Лабораторная работа №5 (2 часа).**

**Тема: «Исследование работы катушечных высевающих аппаратов»**

**2.5.1 Цель работы:** Изучить рабочий процесс высева семян катушечным высевающим аппаратом и определить приведенную толщину активного слоя семян.

### **2.5.2 Задачи работы:**

1. Определить рабочий объем семян, высеваемых катушкой  $V_0$ .
2. Определить объем семян, высеваемых желобками катушек  $V_{ж}$ .
3. Определить объем семян, высеваемых аппаратом за счет активного слоя семян  $V_a$ .
4. Определить приведенную толщину активного слоя семян  $t_{пр}$ .
5. Определить неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами  $\eta$ .

### **2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторная сеялка
2. Весы
3. Литровая емкость
4. Нутромер
5. Штангенциркуль
6. Линейка
7. Секундомер
8. Ключи гаечные

### **2.5.4 Описание (ход) работы:**

Исходные данные:

1. Марка сеялки
2. Высеваемая культура
3. Объемная масса семян
4. Передаточное число на вал высевающих аппаратов
5. Рабочая длина катушки (установить и замерить)
6. Число желобков катушки
7. Площадь поперечного сечения желобка катушки
8. Диаметр высевающей катушки
9. Число оборотов вала высевающих аппаратов

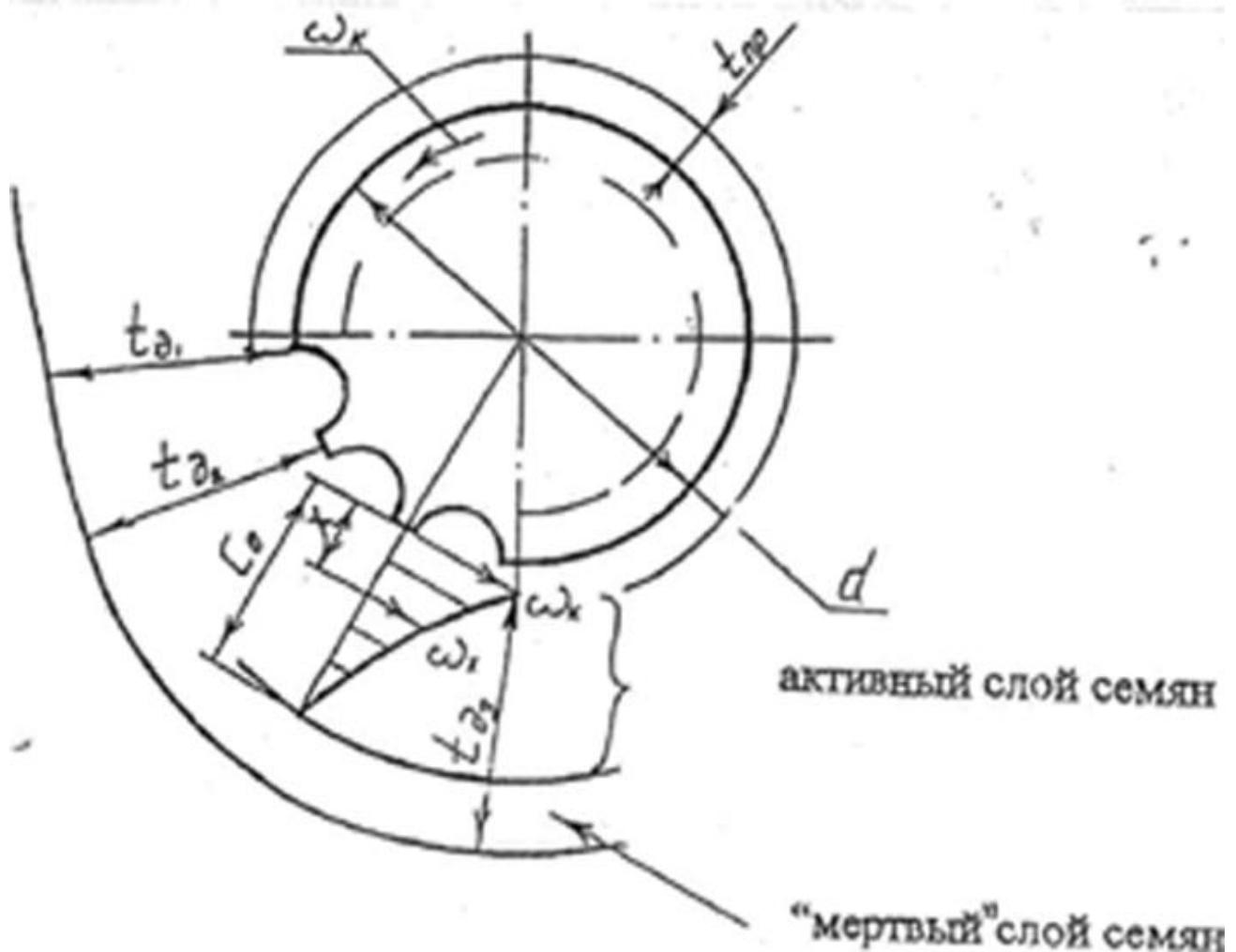
$$\begin{aligned}\gamma &= \text{г/см}^3 \\ i &= 1 \\ L &= \text{см} \\ z &= 12 \\ f &= 0.5 \text{ см}^2 \\ d &= 49.5 \text{ мм} \\ n &= 10\end{aligned}$$

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ**

Катушечный высевающий аппарат применяется на сеялках для высева семян зерновых, бобовых, крупяных, технических и овощных культур.

Рабочей частью высевающего аппарата является желобчатая катушка, устанавливаемая на валике в литом или штампованным корпусе.

Вращающаяся желобчатая катушка перемещает к выходу из высевающего аппарата не только семена, попавшие в желобки, но и слой прилегающих к ним семян, так называемый активный (движущийся) слой.



1. Определим рабочий объем семян, высеваемых катушкой высевающего аппарата за один ее оборот  $V_0$ .

С этой целью:

1.1 Объемную массу семян у подобрать в соответствии с заданной культурой.

1.2 Установить и замерить нутрометром вылет катушек  $L$  исследуемых пяти высевающих аппаратов. Аппараты пронумеровать.

1.3 Под исследуемые аппараты установить пронумерованные емкости для сбора высеваемых семян.

1.4 Сделать  $n$  оборотов вала высевающих аппаратов со скоростью равной скорости движения агрегата на посеве (6...7 км/ч)

1.5 Отдельно по номерам аппаратов взвесить зерно, попавшее в емкости за  $n$  оборотов вала  $Q_i$ . Результаты записать в таблицу.

1.6 Пользуясь выражением:

$$V_{0i} = \frac{Q_i}{n \times i \times y}$$

определить объем зерна, высеваемого катушкой за один оборот, где  $i$  в числителе -номер высевающего аппарата,  $i$  в знаменателе—передаточное число. Расчет провести для всех 5 исследуемых аппаратов. Результаты записать в таблицу.

2. Определить объем семян, высеваемых катушкой за счет заполнения желобков

$$V_k = zfL\beta V_k =$$

где  $\beta$  - коэффициент заполнения желобков  
 $\beta = 0.7 \dots 0.9$ , чем мельче семена, тем он выше.

3. Определить объем семян, высеваемых аппаратом за счет активного слоя

$$V_{aj} = V_{oj} - V_{jk}$$

4. Определить условную приведенную толщину активного слоя семян

$$t_{\text{npi}} = \frac{\pi^* d^* L}{V_{0i}}$$

Условной она названа потому, что определяется из условия, что все семена активного слоя двигаются со скоростью, равной скорости катушки. На самом же деле скорость движения семян по толщине активного слоя непостоянна, снижается по параболическому закону по мере удаления от ребер желобков катушки. Поэтому фактическая толщина  $t_{\text{факт}}$  активного слоя определяется из выражения

$$t_{\phi \pi \rho} = t_{\pi \rho} * (m + 1);$$

где  $m$ - показатель параболы, определяемый опытным путем.

5. Определить неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами.

5.1 Определить средний высев пятью высевающими аппаратами

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5}{5} =$$

5.2 Определить отклонение высева каждого аппарата от среднего значения

$$\Delta\Omega := \Omega - \bar{\Omega}$$

где  $i$  - номер высевающего аппарата.

5.3 Определить процент неравномерности высева отдельными высевающими аппаратами

$$\eta \equiv (\Delta\Omega / \Omega)^* 100\%$$

Результаты расчетов занести в таблицу

При неравномерности выше 4% аппараты регулируют смещением семенных коробок относительно катушек. Необходимо дать заключение по аппаратам: в какую сторону смещать семенную коробку, и у каких аппаратов.

## ТАБЛИЦА

3									
4									
5									

Заключение:

## 2.6Лабораторная работа №6 (2 часа)

Тема:«Расчет режущего аппарата и его анализ»

**2.6.1 Цель работы:** Овладеть методикой проектирования режущего аппарата подпорного резания, выявить достоинства и недостатки спроектированного аппарата, указать пути устранения недостатков.

### 2.6.2 Задачи работы:

- 1.Подобрать сегмент и противорежущую пластинку.
- 2.Определить подачу, площадь подачи и площадь нагрузки, усилие, действующее на спинку ножа, наибольший поперечный отгиб, продольный отгиб
3. Построить графики:
  - 1.Пробега активной части лезвия (Диаграмма резания)
  - 2.Площади нагрузки.
  - 3.Рабочих скоростей резания и ускорений ножа.
  - 4.Изменения слагающей скорости вдоль лезвия.

### 2.6.3 Описание (ход) работы:

#### Расчетная часть

Дано: (см. приложение)

Тип машин –

Ширина захвата, м – В =

Скорость агрегата, м /с – V<sub>m</sub> =

Частота вращения кривошипа, мин<sup>-1</sup> - n =

Высота резания, мм – H =

#### Порядок расчета:

1. В соответствии с назначением аппарата по ГОСТам подобрать сегмент и противорежущую пластинку. Выписать их основные размеры:

а) сегмент: В =      мм,    b =      мм,    l =      мм,    L =      мм.

определить: б) высоту лезвия    h' = L – l =

$$\text{угол наклона лезвия } \operatorname{tg}\alpha = \frac{B - b}{2h'} =$$

$$\alpha =$$

в) противорежущая пластина:

ширина переднего основания: b<sub>1</sub> =      мм,

ширина заднего основания: b<sub>2</sub> =      мм,

$$\text{средняя ширина пластины: } b_{cp} = \frac{b_1 - b_2}{2h'} =$$

$$2. \text{ Определить подачу: } h = \frac{30 \cdot V_m}{n}, \text{ м} =$$

где  $V_m$ ,  $\frac{M}{c}$ ;  $n \text{ мин}^{-1}$ .

3. Площадь подачи и площадь нагрузки:  $F = hS$ ,  $m^2 =$

где  $S$  – ход ножа, м

4. Нагрузка на лезвие:

а) по площади:  $f = Sh$ ,  $m^2 =$

б) по количеству стеблей:  $V = hf$ , ст =

где  $h$  – количество стеблей на 1  $m^2$  (см. лекции)

5. Средняя скорость ножа:  $V = \frac{Sn}{30}$  м/с =

6. Усилие, действующее на спинку ножа:

$$R = l(m \cdot \varpi^2 \cdot r + q), H =$$

$$r = \frac{s}{2}, M =$$

Где  $l$  - длина ножа, равная ширине захвата машины, м,  $l =$

$m$ -масса 1пог. м ножа,  $m = 2,3 \frac{\kappa^2}{m}$

qmax- удельное сопротивление резанию,  $q_{max} = 600 \dots 700$ , Н

7. Мощность, потребная для работы аппарата:

$$N = \frac{1,1lm\omega^3 r^2}{2 \cdot 10^3}, kW =$$

8. Угол, характеризующий направление поперечного отгиба стеблей  $\tg \theta = \frac{h}{\pi r} =$

9. Наибольший поперечный отгиб ( дальще считать в мм)

$$q_0 = (t_0 - \frac{b_{cp}}{2}) \sqrt{1 + \tg^2 \theta}, \text{мм}$$

10. Продольный отгиб:  $q = y_f - y_e$  мм =

$$y_f = \frac{h}{\pi} \left[ \arccos(1 - \frac{x_f}{r}) + \pi \right], \text{мм} =$$

$$y_e = \frac{h}{\pi} \left[ \arccos(1 - \frac{x_e}{r}) \right] + h, \text{мм} =$$

$$\text{Где } x_f = r + \frac{b_{cp}}{2} =$$

$$x_e = \frac{b_{cp} - b}{2} =$$

11.Максимальная длина стерни:

$$L_{max} = \sqrt{H^2 + q^2} =$$

Где  $H$ - высота среза, мм,  $q_{max}$ - больший отгиб из отгибов.

### Графическая часть

Построить графики:

1. Пробега активной части лезвия (Диаграмма резания)

2. Площади нагрузки.
  3. Рабочих скоростей резания и ускорений ножа.
  4. Изменения слагающей скорости вдоль лезвия.
- Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями ГОСТов , на формате А3

### ***Заключение***

1. Сопоставить результаты расчета и графических построений.
2. Оценить достоинства и недостатки спроектированного аппарата, указать пути устранения недостатков.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. В какой зависимости от перемещения ножа находится его скорость и ускорение?
2. Что такое поперечный отгиб и как он зависит от параметров и режима работы режущего аппарата?
3. Определение продольного отгиба стеблей аналитически и по диаграмме резания.
4. Как обосновывается угол наклона лезвия сегмента к направлению движения?

Работу принял:

### **2.7Лабораторная работа №7 (2 часа).**

**Тема: «Расчет и анализ мотовила»**

**2.7.1 Цель работы:** Для заданных условий рассчитать мотовило, графическим путем определить фазы его совместной работы с режущим аппаратом, выявить возможные недостатки проекта и указать пути их устранения.

**2.7.2 Задачи работы:**

1. Для заданных условий рассчитать мотовило.
2. Графическим путем определить фазы его совместной работы с режущим аппаратом
3. Выявить возможные недостатки проекта и указать пути их устранения

**2.7.3 Описание (ход) работы:**

#### **Порядок расчета**

Дано:

Скорость машины  $-v_m =$

$$\text{Отношение скоростей} - \lambda = \frac{u}{v_m}; \lambda =$$

Высота растений  $-l =$

Высота среза  $-h =$

1. Окружная скорость планки:  $u = \lambda v_{m, m/c}; v =$

$$2. \text{Радиус мотовила: } R \leq \frac{lu}{3(u - v_m)}, \text{ м} =$$

Полученное значение R округлить до одного из рекомендуемых:

R=0,65; 0,7; 0,8; 0,9;1,00 м

3. Определить частоту вращения мотовила:  $n = \frac{30u}{\pi R}$  об/мин =

4. Определить путь, который проходит машина за один оборот мотовила:

$$S = 2\pi R \frac{V_m}{u} m =$$

5. Вычислить наибольшую ширину петли:  $B_{max} = \frac{s}{n} (\arcsin \frac{V_m}{u} - \frac{\pi}{2}) + 2R \sqrt{1 - (\frac{V_m}{u})^2} m =$

6. Определить высоту установки оси мотовила над линией ножа

$$H = l - h + R \frac{V_m}{u} m =$$

7. Подобрать число планок  $z$ , учитывая, что  $z_{max} = 8$ ;  $z = \frac{S}{B_{max}} =$

### **Графическая часть (выполняется на формате А3)**

1. Построить абсолютные траектории трех смежных планок мотовила.

2. Определить графически абсолютную скорость планки для трех характерных точек.

3. Построением определить фазы  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  при отсутствии выноса мотовила и  $\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$  при максимальном выносе.

4. Расчитать прибавку  $\Delta x_\mu = (\sigma'_1 + \sigma'_2) \left( \frac{\lambda}{\lambda - \mu} - 1 \right); \Delta x_\mu =$

Где  $\mu$  - показатель густоты стеблестоя,  $\mu = 0,3 \dots 0,5$

Показать прибавку на чертеже и обозначить фазы  $\sigma''_1, \sigma''_2, \sigma''_3$

5. Расчитать для трех случаев коэффициенты: резания, холостого хода, пропусков, полезности.

$$\eta_1 = \frac{\delta_1}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3} = ; \quad \eta_2 = \frac{\delta_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3} =$$

$$\eta_3 = \frac{\delta_3}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3} = ; \quad \eta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3} =$$

Все полученные результаты записать в таблицу.

Показатели совместной работы режущего аппарата и мотовила

Вариант	Фазы			Коэффициенты			
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta$
$k=0; \mu=0$							
$k=k_{max}; \mu=0$							
$k=k_{max}; \mu=$							

### **Заключение**

1. Сопоставить результаты расчета и графических построений.

2. Оценить рассчитанное мотовило.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какими уравнениями определяется траектория движения точки, лежащей на планке мотовила?
2. Вывести формулу для определения длины пути, который пройдет машина за один оборот мотовила.
3. Как изменяется траектория планки мотовила в зависимости от соотношения ее скорости и скорости движения машины?
4. При каком угле поворота планка мотовила должна входить в хлебостой?
5. Вывести формулу, определяющую высоту установки оси мотовила над ножом.
6. Вывести формулу для определения ширины петли траектории планки мотовила.
7. Как определяется коэффициент полезности мотовила?
8. В зависимости от каких факторов производится установка мотовила по высоте?
9. Какие факторы определяют величину выноса мотовила вперед?

Работу принял:

Приложение 1

#### **Варианты задания к работе 3 “Проектирование зубовой бороны”**

№ варианта	Тип бороны	Количество поперечных рядов зубьев, m, шт	Количество продольных планок, N	Форма продольных планок	Направление средних участков планок
1	легкая	5	4	зигзаг	А
2	средняя	5	4	прямая	Б
3	тяжелая	7	5	зигзаг	А
4	легкая	5	5	прямая	А
5	средняя	7	5	зигзаг	Б
6	тяжелая	5	4	прямая	А
7	легкая	5	4	зигзаг	Б
8	средняя	5	4	прямая	А
9	тяжелая	7	5	зигзаг	Б
10	легкая	5	5	прямая	Б
11	средняя	7	5	зигзаг	А
12	тяжелая	5	4	прямая	Б
13	легкая	5	4	зигзаг	А
14	средняя	5	5	прямая	Б
15	тяжелая	7	5	зигзаг	А
16	легкая	5	5	прямая	Б
17	средняя	7	5	зигзаг	А
18	тяжелая	5	4	прямая	Б
19	легкая	5	4	зигзаг	Б
20	средняя	5	4	прямая	А
21	тяжелая	7	5	зигзаг	Б

Приложение 2

Варианты задания к работе 6

“Расчет режущего аппарата и его анализ”

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип машины	к	к	к	к	ж.к .	ж.к .	ж.к .	ж.к .	ж.в .	ж.в .	ж.в .	ж.в .	ж.г р.	ж.г р.	ж.г р.	
Ширина захвата, м	6,0	4,0	4,0	2,0	8,6	7	6	4,6	6,0	6,0	4,9	6,0	4,0	5,0	4,0	2,6
Ход ножа, мм	76,2	76,2	76,2	76,2	88	88	88	88	84	84	84	84	90	90	90	90
Скорость машины, м/с	2,0	2,4	2,6	2,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,2	2,4	2,6	2,8	2,6	2,7	2,8	2,6
Число оборотов кривошипа мин <sup>-1</sup>	660	900	1100	1200	52 5	60 0	70 0	81 0	60 0	68 5	70 9	64 6	700	850	850	720
Высота резания, мм	80	70	60	50	10 0	10 0	80	50	11 0	10 0	12 0	10 0	120	130	140	150

Условные обозначения: ж.к. – жатка комбайновая; ж.в. – жатка валковая; ж. гр. – жатка для грубостебельных культур; к – косилка.

Приложение 3

Варианты задания к работе 7  
“Расчет и анализ мотовила”

Дано	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Скорость машины, V <sub>M</sub> ·м/с	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,20	1,65	1,75	1,85	1,95	2,05	2,10	1,75	1,85
Отношение скоростей $\lambda = \frac{U}{V_M}$	2,0	1,9	1,8	2,0	1,9	1,8	2,0	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8
Высота растений – 1м.	1,20	1,10	1,00	1,30	1,20	1,10	1,15	1,05	1,10	1,25	1,20	1,10	1,05	1,10
Высота среза – h. м	0,22	0,20	0,18	0,24	0,22	0,20	0,21	0,19	0,20	0,23	0,22	0,19	0,18	0,20