

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.07 Основы проектирования машин и оборудования
в сельском хозяйстве**

Направление подготовки (специальность) 35.04.06 Агроинженерия

**Профиль подготовки (специализация) «Технологии и средства механизации
сельского хозяйства»**

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ.....	3
1.1 Лекция №1 «Теория и расчет машин и орудий для дополнительной обработки почвы»	3
1.2 Лекция №2 «Теория и расчет машин и орудий для дополнительной обработки почвы».....	9
1.3 Лекция №3 «Проектирование высевающего аппарата».....	28
1.4 Лекция №4 «Проектирование туковысевающего аппарата».....	35
1.5 Лекция №5 «Теория режущего аппарата»	39
1.6 Лекция №6 «Проектирование мотовила».....	47
1.7 Лекция №7 «Проектирование молотильного аппарата»	57
1.8 Лекция №8 «Проектирование соломотряса».....	60
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	67
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	68
3.1 Практическое занятие №1, 2, 3 «Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга»	68
3.4 Практическое занятие №4, 5 «Проектирование бороны»	77
3.6 Практическое занятие №6, 7, 8 «Определение приведенной толщины активного слоя высевающего аппарата».....	81
3.9 Практическое занятие №9 «Типы режущих аппаратов».....	84
3.10 Практическое занятие №10, 11, 12 «Проектирование режущего аппарата»	88
3.13 Практическое занятие №13, 14 «Проектирование мотовила».....	90
3.15 Практическое занятие №15, 16 «Расчет барабана зерноуборочного комбайна».....	92

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Лекция №1 (2 часа).

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

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Типы борон и особенности взаимодействия рабочих органов с почвой.
2. Основы проектирования зубовых борон.
3. Расчет их основных параметров и рабочего сопротивления.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

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

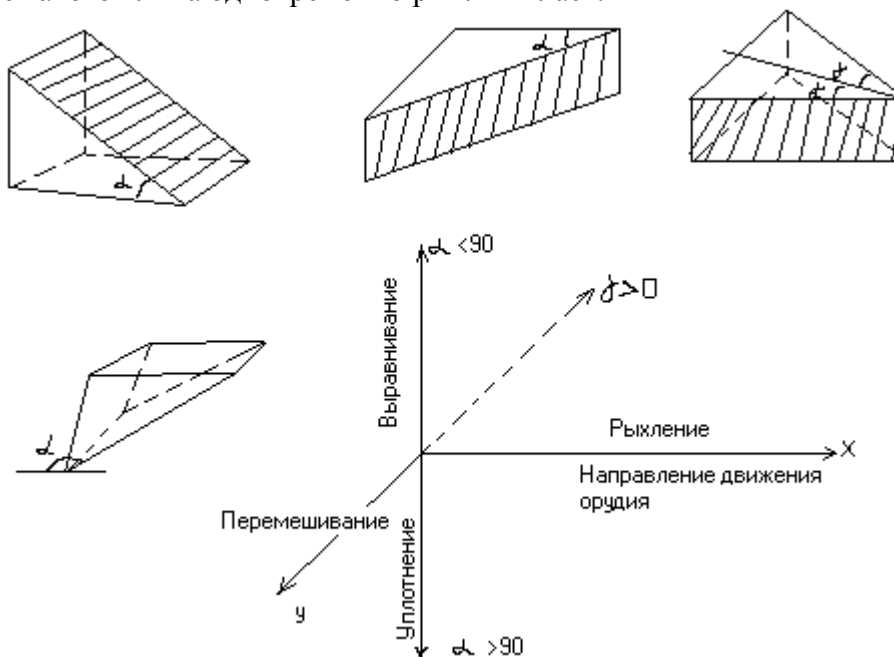
Бороны, культиваторы снабжаются безотвальными рабочими органами – зубьями, лапами. Назначение указанных рабочих органов определяется агротехническими требованиями применительно к предпосевной обработке почвы.

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 подрезания корней сорных растений используется простой клин с горизонтальным ребром и рабочим углом α перемещение такого клина одновременно рыхлит пласт.



1. Для рыхления и выравнивания применяется простой клин с горизонтальным ребром и

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

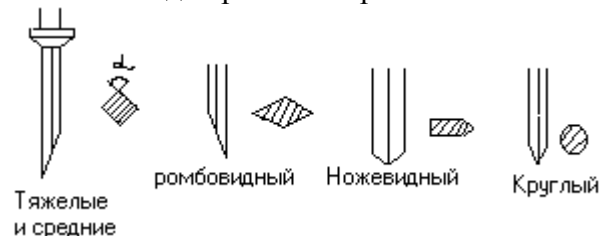
2. Для перемешивания частиц применяется простой клин в вертикальным ребром с углом γ или клин двухсторонний с симметрично расположенным рабочими гранями.
3. Для уплотнения применяется простой клин с горизонтальным ребром и тупым углом α .
4. Движение клиньев по оси x вызывает рыхление, при этом перемещение клина с углом $\alpha < 90$ сопровождается подъемом частиц почвы и выдергиванием растительности. Если угол $\alpha > 90$, то имеет место опускание частиц (уплотнение). Наличие клина с углом γ 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

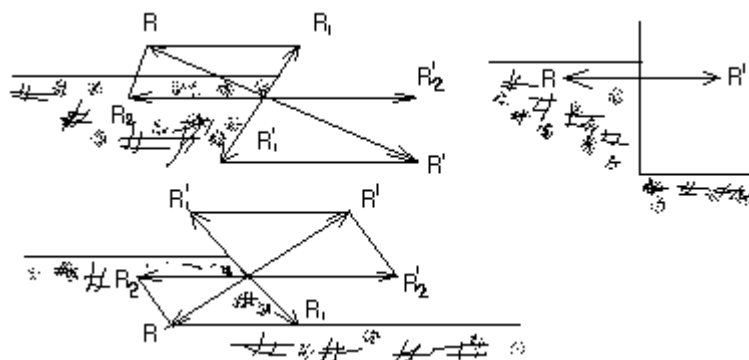
Если пренебречь трением и считать, что сопротивление R' со стороны почвы или корешка растения попавшего на пути зуба нормальным к рабочей грани или ребру последнего, то слагающая R_1' вдоль зуба будет действовать вниз. Стремясь заглубить зуб если $\alpha < \frac{\pi}{2}$ и

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.

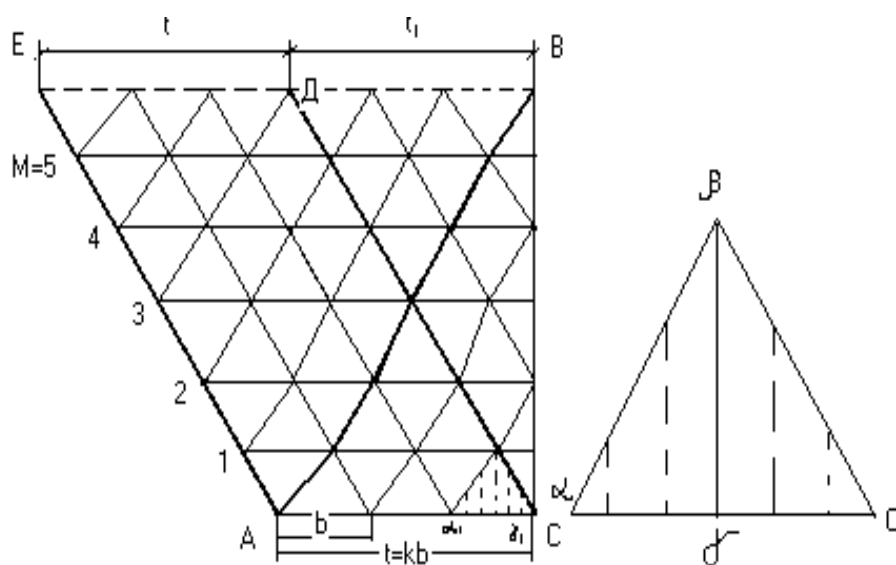
Размещение зубьев на раме бороны.

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. $BE = t + t_1 = kb + k_1b = (k + k_1)b$
2. Из подобия треугольников ABC , $\alpha\beta\gamma$, $ВДС$ и $\beta\gamma C$ следует
3. Если размещение зубьев таково, что по одной бороздке проходит μ зубьев то очевидно, что на отрезке $\alpha c = b$ 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 междурядий будет равно M на отрезке тогда $b=Ma$ и в то же время $b=t/k$,
 $t/k=Ma$, $t=kMa$.

Таким образом число междурядий на шаге винта t равно kM . Выводы из анализа. Т. е. Чем больше k тем больше междурядья, чем больше M тем больше междурядий. Развернув винт неограниченной 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 AB и параллельных ей линий основного винта с шагом t и ходов k и CD 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.

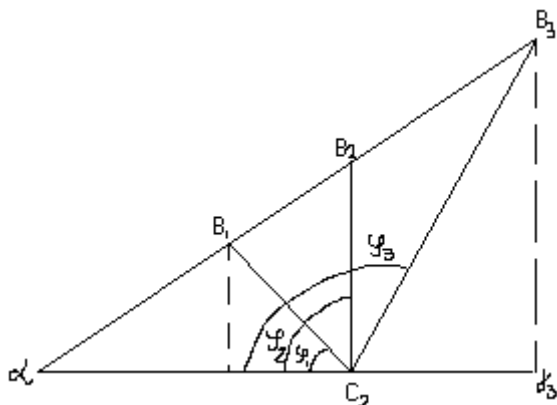
Построим зубовое поле $k=3$, $k_1=2$, $M=5$

Пользуясь 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 $\alpha\beta C$ выделив его отдельно.



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

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

Сторона βC определяет направление дополнительной развертки. Отметим это направление углом φ

следовательно для 1-го случая ($k_1 > 0$) будем иметь $\cos \varphi_1 > 0$ т.е. $0 < \varphi_1 < \frac{\pi}{2}$ и угол φ_1 острый. Для второго $k_1 = 0$ $\cos \varphi = 0$ $\varphi = 90^\circ$ треугольник $\alpha\beta_2C$ прямоугольный и зубья расположенные в вершинах β_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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\frac{\alpha\gamma + \gamma c}{\alpha\gamma} &= \frac{k + k_1}{k} \cdot \frac{b}{\alpha\gamma} = \frac{M}{k} \\ \alpha\gamma &= \frac{kb}{M} = ka \\ \gamma c &= b - \alpha\gamma = b - \frac{kb}{M} = b - ka = Ma - ka = (M - k)a = k_1 a \quad (1)\end{aligned}$$

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

3. Расчет их основных параметров и рабочего сопротивления.

1. При выборе M и k следует избегать

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

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

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

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

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

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

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

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 αc и γc прилежащих к основной и дополнительным разверткам равны соответственно числам k и k_1 .

Лекция №2 (2 часа).

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

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Механические и технологические свойства почвы.
2. Анализ рабочего процесса вспашки. Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга.
3. Анализ технологических свойств ЛОП.
4. Тяговое сопротивление плуга. Рациональная формула академика В.П. Горячкина.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Механические и технологические свойства почвы.

Различают физические и технологические свойства почвы.

Физические – это свойства которые характеризуют состояние и строение почвы (материалов).

Физические свойства почвы: структура, механический состав, влажность, пористость (скважность) и плотность.

Технологические – это свойства, которые проявляются при механической обработки почвы и влияют на протекания данного процесса.

К технологическим свойствам относятся: твердость почвы, коэффициент объемного смятия, вязкость, липкость, абразивность.

Твердая фаза почвы и ее влияние на удельное сопротивление при пахоте

Твердая фаза представлена *Каменистыми включениями* - это частицы больше 1 мм и *Мелкоземом* - частицы меньше 1 мм.

Каменистость Почвы – это отношение массы каменистых включений к массе мелкозема в процентах.

Почва считается не каменистой, если содержание камней в ней не превышает 0,5%;

- слабокаменистой – 0,5...5,0% камней;
- среднекаменистой – 5,0...10% камней;
- сильнокаменистой – более 10% камней.

Два последних типа почв требуют специальной системы обработки.

Механический состав почвы определяется по результатам анализа мелкозема, который делится на “физический песок” (размер частиц более 0,01 мм) и “физическую глину” – (размер частиц менее 0,01 мм). В зависимости от содержания “физической глины” почвы делят на:

- песчаные (песок) – содержание “физической глины” до 10%;
- супесчаные (супесь) – 10...20% “физической глины”;
- суглинистые (суглинок) – 20...50% “физической глины”;
- глинистые (глины) более 50% “физической глины”.

В глинистых частицах содержатся цементирующие включения, благодаря которым обеспечивается скрепление почвы.

Встречаются тяжелые и легкие почвы.

Тяжелые – Это почвы, которые содержат много глины.

Их свойства: во влажном состоянии налипают на рабочие органы машин, а в сухом образуют глыбы. Эти почвы плохо поглощают влагу, но хорошо ее удерживают.

Легкие – Это почвы, которые содержат много песчаных частиц. Свойства: они не липкие и не пластичные, т. к. не содержат скрепляющих включений. Песчаные почвы хорошо поглощают влагу, но плохо ее удерживают.

Супесчаные и суглинистые почвы по своим свойствам занимают промежуточное положение в сравнении с глинистыми и песчаными почвами. Получается “золотая середина”, поэтому эти почвы характеризуются высокой урожайностью.

Механический состав почв оказывает непосредственное влияние на обрабатываемость почв, которая характеризуется удельным сопротивлением почвы *К_{уд}*. Коэффициент удельного сопротивления почвы определяется только при пахоте. Это отношение силы сопротивления плуга к площади сечения пласта.

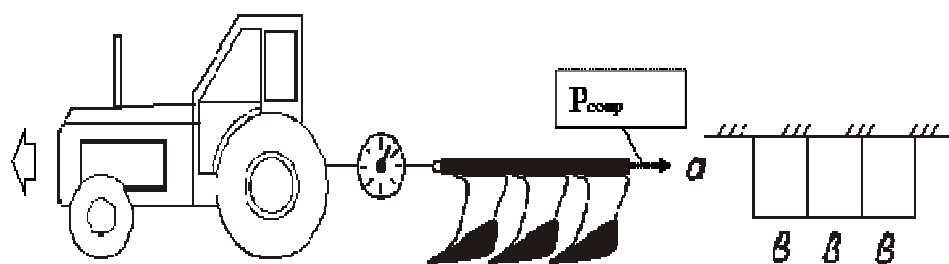


Рис. 2. К расчету удельного сопротивления почвы.

$$K_{уд} = \frac{P_{сопр}}{a \cdot b \cdot n} \left(\frac{H}{\text{см}^2} \right)$$

Где $P_{сопр}$. – сила сопротивления плуга, Н;

A – глубина вспашки, см;

B – ширина захвата корпуса, см;

N – количество корпусов.

Зависимость удельного сопротивления почвы от ее механического состава можно выразить графически:

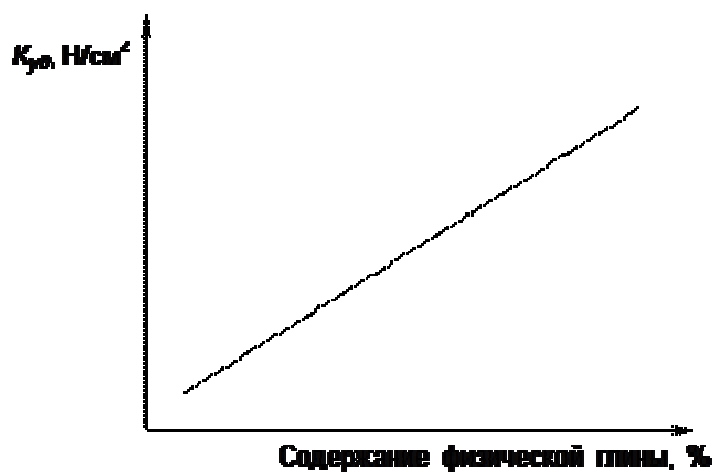


Рис. 3. График зависимости удельного сопротивления почвы

(частиц размером менее 0,01 мм).

По удельному сопротивлению почвы делятся на пять групп см. табл. 1

Тип почвы	Удельное сопротивление почвы $K_{уд}$, Н/см ²
Легкие (50% песчаных, 50% супесчаных)	До 3 Н/см ²
Средние (50% супесчаных, 50% суглинистых)	3...5 Н/см ²
Средне-тяжелые (суглинистые)	5...7 Н/см ²
Тяжелые (глинистые)	7...12 Н/см ²
Очень тяжелые (глинистые)	12 Н/см ² и выше

Твердая фаза почвы может быть **Структурной** и **Бесструктурной**.

Структуру почвы определяет совокупность агрегатов разной величины, формы, плотности, водоемкости и пористости. Агрегаты состоят из отдельных механических частиц скрепленных глиной и гумусом.

Бесструктурные почвы состоят из твердых элементов залегающих сплошной массой.

По структуре почва может быть:

- глыбистой (агрегаты размером более 10 мм);
- комковатой (3...10 мм) макроагрегат;
- зернистой (0,25...3 мм) макроагрегат;
- пылеватой (менее 0,25 мм) – микроагрегаты.

С агрономичной точки зрения, ценными считают агрегаты размерами 0,25...10 мм, их называют **Макроагрегатами**. Агрегаты менее 0,25 мм называют **Микроагрегатами**.

Наиболее стойкими к размывающему воздействию воды являются агрегаты от 1 до 10 мм.

Агрегаты размерами менее 1 мм являются эрозионно-опасными. Если в верхнем слое почвы (0...5 см) таких частиц содержится более 50%, и отсутствует живая и неживая растительность то при скорости ветра более чем 12 м/с имеет место ветровая эрозия (образуются пыльные бури). Для юга Украины наиболее опасным периодом в этом отношении является январь – апрель.

На структурных почвах получают больший урожай, чем на бесструктурных. Частые обработки почвы, а так же уплотнение ее ходовыми колесами машин, приводит к разрушению структуры почвы.

Оценка содержания в структурной почве агрегатов разных размеров производится путем определения агрегатного состава почвы (рис. 4).

Рис. 4. Схема определения агрегатного состава почвы.

Жидкая и газообразная фазы

Жидкая фаза Представлена в почве водой и растворами различных веществ.

Вода разделяется на **Гравитационную** И **Капиллярную**.

Гравитационная влага содержится в больших пустотах. Особенность: она свободно перемещается из верхних слоев почвы в нижние под действием силы тяжести. При малой влажности почвы гравитационная вода может впитываться капиллярами верхних слоев почвы.

Капиллярная влага, Содержится в мелких капиллярных пустотах. Особенность: в капиллярных пустотах эта влага перемещается в любых направлениях и распространяется

от более влажных слоев к менее влажным. Эта вода доступна всем растениям и составляет основной запас почвенной влаги.

О количестве воды, что помещается в почве, судят по абсолютной влажности (W_a , %):

$$W_a = \frac{M_{\epsilon} - M_{\epsilon}}{M_{\epsilon}} \times 100\% \quad , (1)$$

Где M_B и M_c – масса влажной и сухой почвы соответственно.

Абсолютно сухой называется почва, высушенная при температуре 105оС до постоянной массы.

При сопоставлении степени увлажнения почв различного механического состава определяют значением **Относительной влажности** (W_o , %):

$$W_o = \frac{W_{\text{з}}}{W_{\text{н}}} \times 100\% \quad , (2)$$

где W_n – полевая влагоемкость почвы; %.

Полевая влагоемкость почвы – это максимальное количество влаги в процентах, которое способна удержать в себе почва (влажность почвы в момент ее полного насыщения).

Полевая влагоемкость различных почв изменяется в широких пределах: 100г сухой глинистой почвы может удержать в себе 50 г воды, в то время, как 100 г песчаной почвы – только 5...20 г. Если эти почвы при абсолютной влажности 15% попробовать на ощупь, то песчаная почва будет производить впечатление мокрой т. к. $W_o = 75\%$, а глинистая почти сухой т. к. $W_o = 30\%$.

$$W_{n(\text{песок})} = \frac{100 - 80}{100} \times 100 = 20\% \quad ;$$

$$W_{o(\text{песок})} = \frac{15}{20} \times 100 = 75\% \quad ;$$

$$W_{n(\text{глина})} = \frac{100 - 50}{100} \times 100 = 50\% \quad ;$$

$$W_{o(\text{глин})} = \frac{15}{50} \times 100 = 30\%$$

Влажность почвы оказывает большее влияние на качество и энергоемкость ее обработки (рис. 5).

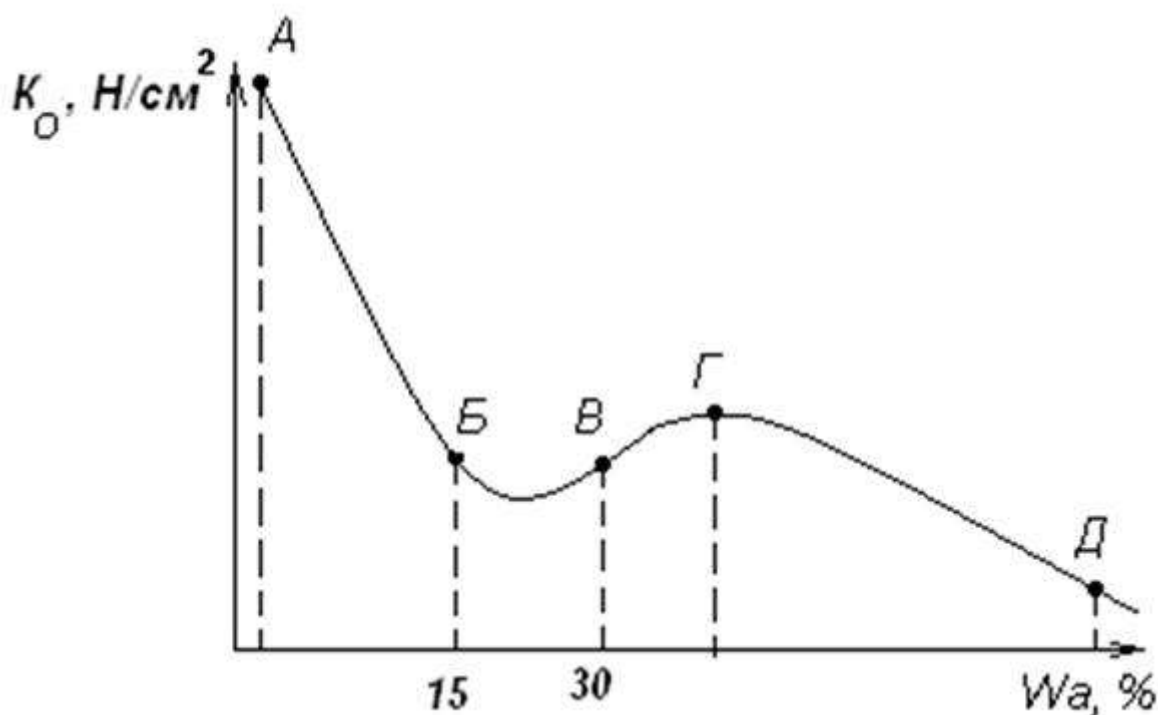


Рис. 5. График влияния влажности на сопротивление почвы

При пахоте (рис.5) пересохших почв (отрезок *АБ*) образуется глыбы диаметром до 0,5м и более. При пахоте переувлажненных почв (отрезок *ВГ*), происходит сильное залипание и сгуживания почвы впереди корпуса плуга. Это приводит к росту удельного сопротивления почвы и плохой заделки растительных остатков. При дальнейшем увеличении влажности (отрезок *ГД*) вода выполняет роль смазки и K_0 уменьшается.

Из графика (рис.5) наилучшие показатели обработки имеют место при абсолютной влажности 15...30%. Установлено, что при этом почвы не только сохраняются, а и образуются новые структурные агрегаты.

Газообразная фаза в почве представлена воздухом и газами – аммиак, метан и т. д.. Воздух находится в почве в **Свободном** и **Защемленном** Состоянии. Свободный воздух расположен в крупных пустотах, а “защемленный” в капиллярах.

“Защемленный” воздух увеличивает упругость почвы и уменьшает ее водопроницаемость.

Движение свободного воздуха приводит к потере влаги из рыхлой почвы. При обработке, почва сжимается и значительная часть свободного воздуха переходит в “защемленное” состояние. При этом накапливается потенциальная энергия, которая после прекращения сжатия нарушает связи между почвенными комочками, способствуя структуризации почвы.

2. Анализ рабочего процесса вспашки. Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга.

При вспашке корпус плуга воздействует на почву как клин

К рабочим органам плуга относятся (рис. 6): корпус, предплужник, нож, почвоуглубитель. Корпус плуга является основным рабочим органом, остальные применяют не всегда.

Корпус плуга предназначен для подрезания пласта снизу и сбоку, крошения пласта, оборота его и отвода в сторону. Корпуса фронтальных плугов пласт в сторону не отводят.

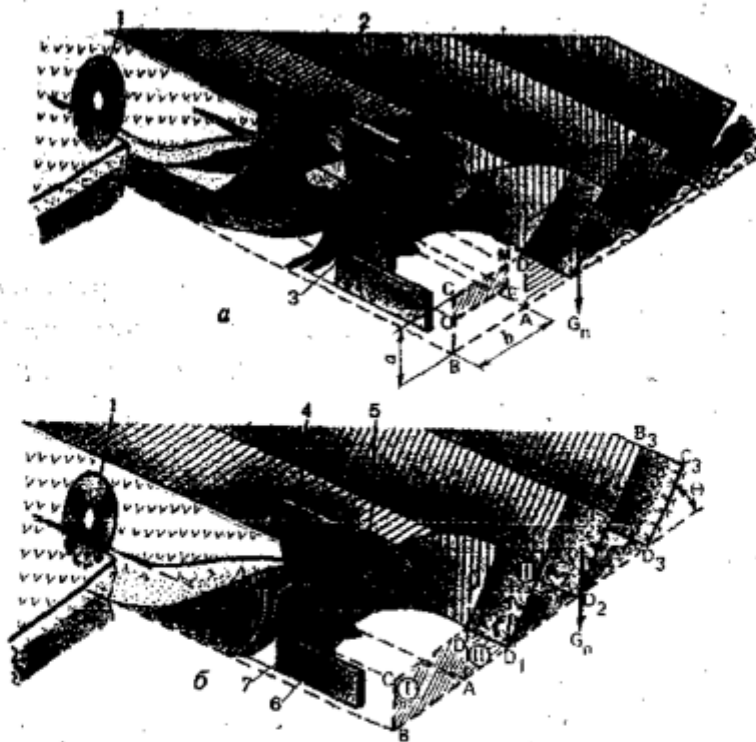


Рис. 4. Технологический процесс оборота пласта корпусом плуга:
а – с предплужником; б – без предплужника: 1 – нож; 2 – предплужник; 3 – корпус; 4 – стойка; 5 – отвал; 6 – лемех; 7 – полевая доска.

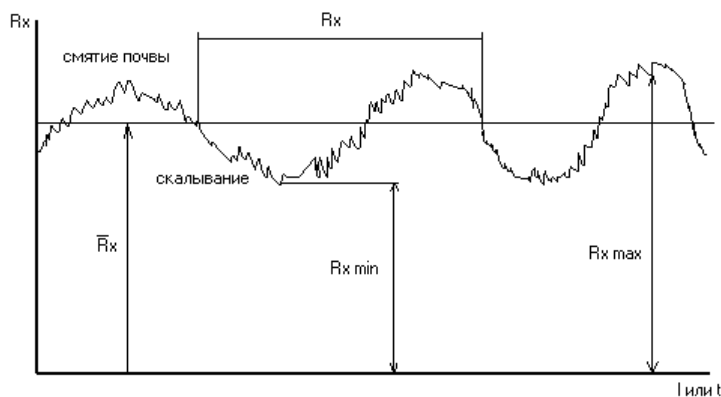
Удельное сопротивление плуга

$P = k_{пл} abn$ - тяговое сопротивление

$k_{пл} = P/abn$ - удельное сопротивление плуга определяют путем динамометрирования.

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

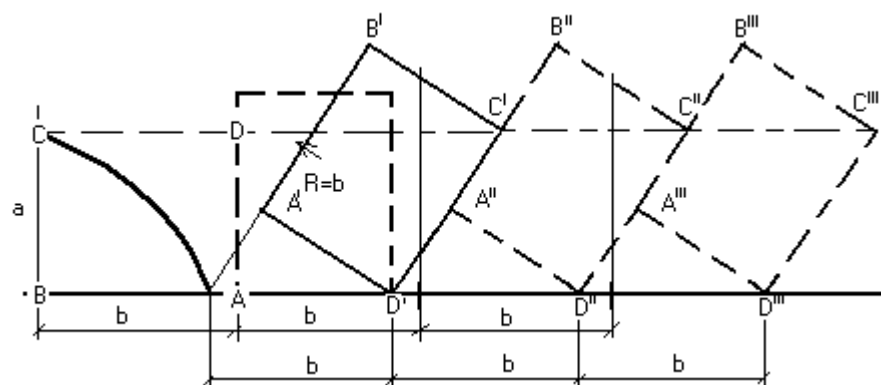
$$k_{пл} = k_{почвы} + \left(\frac{fG}{abn} + \xi V^2 \right)$$



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 обороты 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 ширина. $\frac{b}{a} = k$ отношение ширины к глубине.

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

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

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

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

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

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

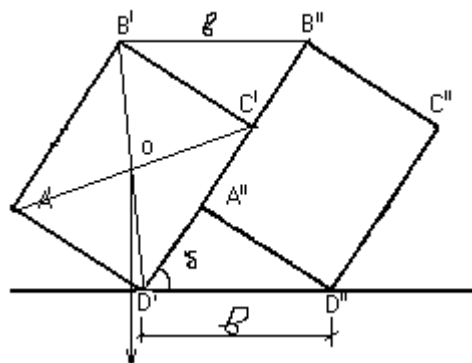
или $k^2 = \sqrt{1 + k^2}$, что приводит к биквадратному уравнению $k^4 - k^2 - 1 = 0$ действительный корень которого $k_0 = 1,27$. Воспользовавшись последней формулой можно определить

$$\text{предельный наклон пласта } \delta_0 : \sin \delta_0 = \frac{1}{1,27} = 0,787$$

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 строение 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. C' .



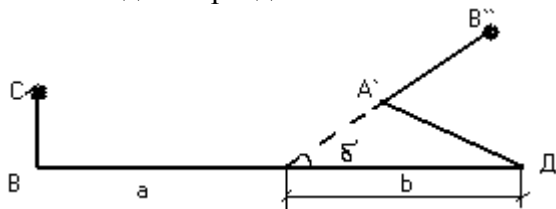
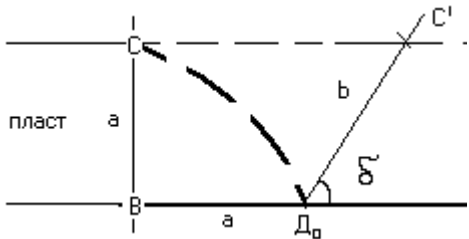
Если принять, что центр тяжести поперечного сечения пласта располагается на пересечении диагоналей в т. O то в зависимости того, как расположится вертикаль проведения через т. O относительно опорных точек можно предусмотреть будет ли отвернутый пласт сохранять устойчивое или неустойчивое положение. Очевидно когда сила тяжести проходит внутри опорных точек D' , D'' положение пласта будет устойчивое. Неустойчивое положение будет когда диагональ пласта станет вертикально

или будет наклонена в сторону борозды. В последнем случае пласт будет опрокидываться обратно в борозду. То или иное положение диагонали пласта $B'D'$ зависит от его размеров, точнее от отношения k . Вертикальное положение диагонали следует считать предельным. Из подобия прямоугольных треугольников $D'B'C'$ и $D'A''D''$ можно получить отношение соответствующих сторон $\frac{D'D''}{D'B''} = \frac{A'D''}{D'C'}$, но так

как $D'D''=b$

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

1. Отложить по вертикали длину $CB=a$ и перенести этот размер на горизонталь BD_0
2. Из точки D_0 как из центра радиусом равным b провести дугу, которая пересечет горизонталь CC' на уровне паханного поля, которое отметит точку C' . Прямая $C'D_0$ определит положение отвального пласта и углом δ 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 BD' соответствующую дну борозды и получить точку D' , где находится нижнее ребро отвального пласта. Далее остается опустить перпендикуляр из D' на DB' , а из C' на $B'D_0$. Контур $CB'D'A'B'$ определить поперечный профиль дна борозды.



Построение поперечного контура отвала (ПКО)

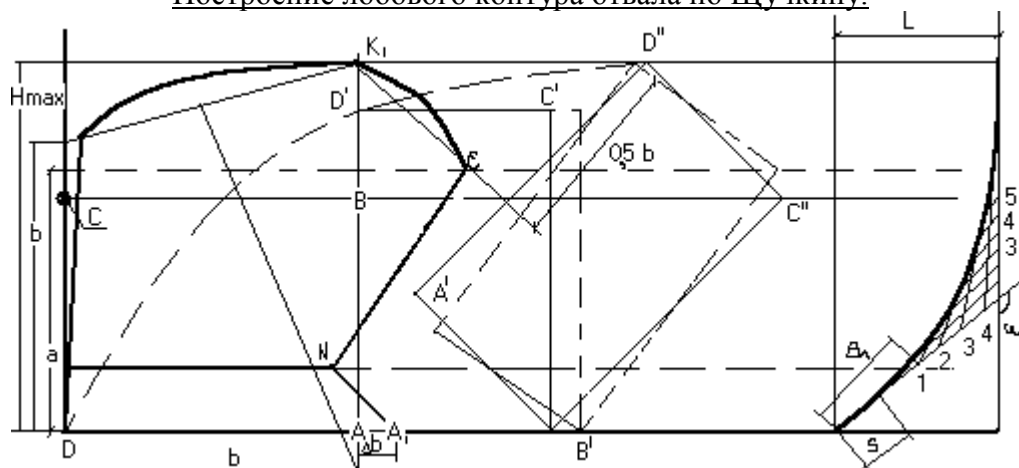
Отвал плуга, поднимая и отваливая пласт перемещается по вскрываемой борозде. Для правильного отваливания пласта прежде всего необходимо, чтобы отвал свободно перемещался в борозде к черченной её поперечным профилем и не нарушая последнего. Профиль борозды целиком определяется размерами пласта a, b , 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 KB обращенным в сторону не паханного поля (полевой обрез), нижним AB совпадающим с профильной линией дна борозды и являющимся проекцией лезвия лемеха, правым обрезом B_2D_0 направленным по верхней грани отвального

пласта и наклоненным под углом δ 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 γ между образующими и стенкой борозды.

Для этого на вертикальной проекции корпуса плуга наносят образующие. Выбирают точку О начало координат ОZ и ОY 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 изменятся по уравнению параболы.

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

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

y – соответствующей ординаты определяющее приращения угла γ в масштабе условно выраженном в см.

Задавая значения z и подставляя их в формулу определяют соответствующие значения y. Расчет проводят для верхней и нижней ветви кривой. Для определения значения углов γ от γ_{\min} до γ_0 (нижняя ветвь); от γ_{\min} до γ_{\max} (верхняя ветвь).

Необходимо определить масштаб μ .

$$\Delta\gamma = \gamma_{\max} - \gamma_{\min} : \Delta y = y_{\max} - y_{\min}$$

$$\text{Масштаб } \mu = \frac{\Delta\gamma}{\Delta y} = \frac{\Delta\gamma}{y_{\max}}, \text{ град/см}$$

если $y_{\max}=0$

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + \mu y_1$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + \mu y_2$$

тогда

$$\gamma_{\max} = \gamma_{\min} + \mu y_{\max}$$

Расчетные величины заносят в таблицу.

Верхняя ветвь параболы	Нижняя ветвь параболы
------------------------	-----------------------

образующая	Z см	У см	γ град	100tg γ мм	образующая	Z см	У см	γ град	100tg γ мм
1-1`					1-1`				
2-2`					2-2`				
3-3`					3-3`				

Углы γ 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

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + i y_1$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + i y_2$$

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

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

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

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

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

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

N образ	Z см	У см	γ	tg γ

Строим нулевую образующую под углом γ_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 это разбиваем отрезок вправо от диаграммы тангенсов на 14 частей 14см. 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.

3. Анализ технологических свойств ЛОП.

ТИПЫ ОТВАЛОВ И ИХ СВОЙСТА

$\Delta\gamma = 0$ – цилиндрический,

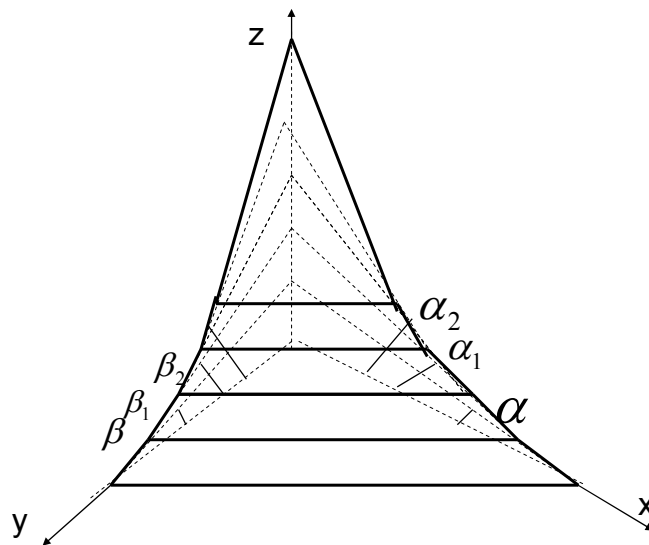
$\Delta\gamma = 2 - 7^\circ$ – культурный

$\Delta\gamma = 7 - 15^\circ$ – полувинтовой,

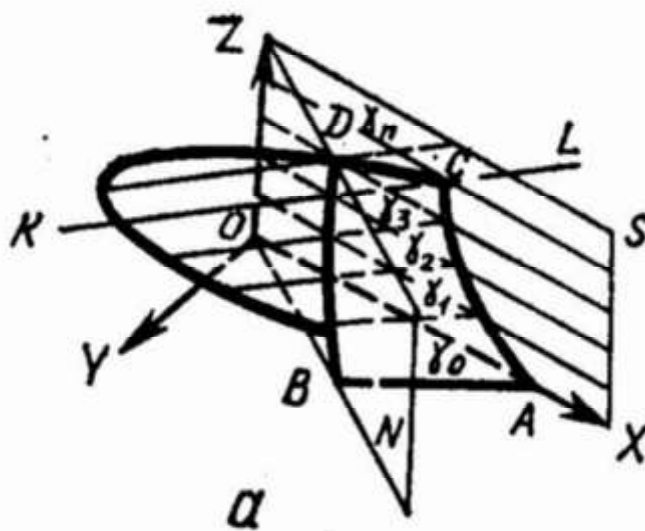
$\Delta\gamma > 15^\circ$ – винтовой



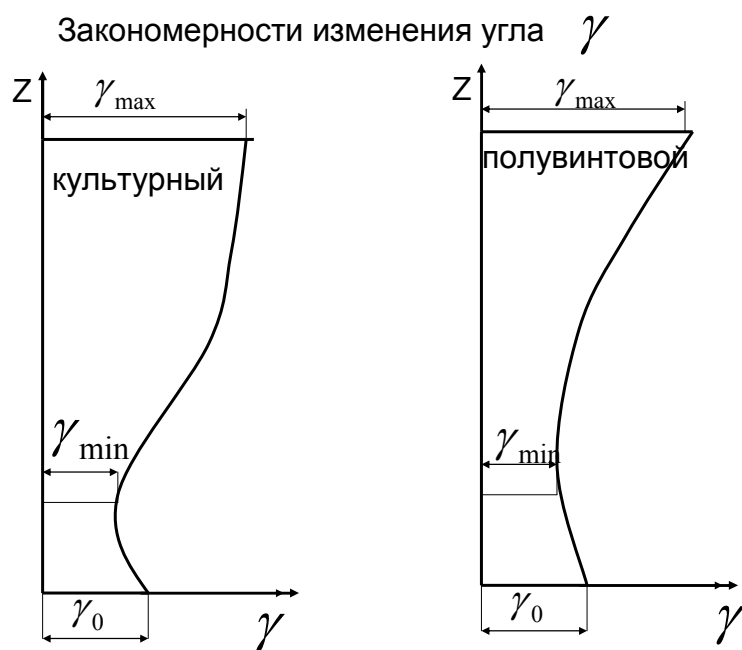
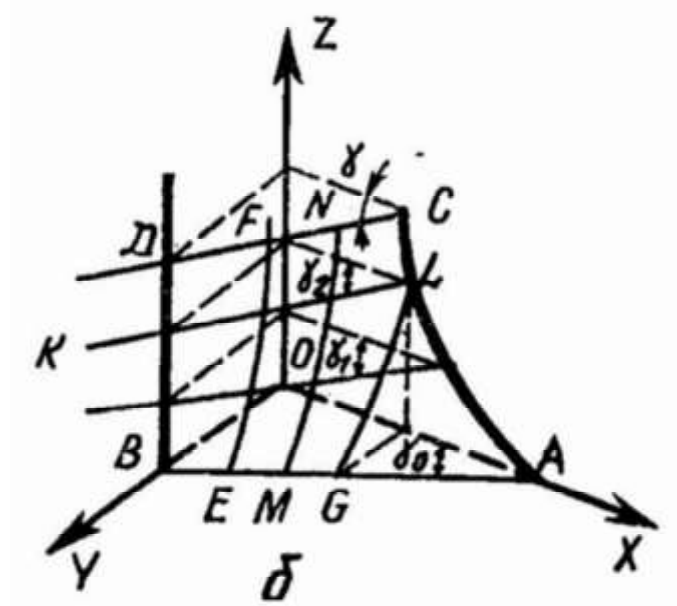
Развитие косо́го трехгранного клина
в цилиндрическую поверхность



2 Цилиндрои́дная рабо́чая по́верхность



Каноид, как основа лемешно отвальной поверхности



1. Определение расчетной нагрузки на корпус, тяговые предохранители.
 Ранее определили R_x , R_y , и R_z , наибольшее значение имеет R_x
 т.к $R_y=0,25 \dots 0,45 R_x$. $R_z=0.2 R_x$.

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

Она определяет энергетику процесса. Один из путей определения Р-экспериментальный Горячкин В.П. определил, что сопротивление состоит из трех составляющих. $P_1 = f * \sigma [H]$, f - коэффициент протаскивания, σ -вес плуга, $f=0,2 \dots 0,4$; $\sigma = m * g [H]$. P_1 –на трение в подшипника, 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 пласта: отрезание, подъем, крошение, оборот.

$$P_2 = k a b n [H] \quad (3)$$

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

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 P .

P_3 –связана с перемещением пласта в борозду по аналогии с перемещением пластины в газе или жидкости.

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

V -скорость перемещения плуга, м/с

ξ -величину и размерность определяем из формулы (4).

$$\xi = \frac{P_3}{abn V^2} \left[\frac{H c^2}{m^4} \right] \text{ -скоростной коэффициент.}$$

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

P_3 –(3...5)% P -при скорости.

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

4 Тяговое сопротивление плуга. Рациональная формула академика В.П. Горячкина.

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

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

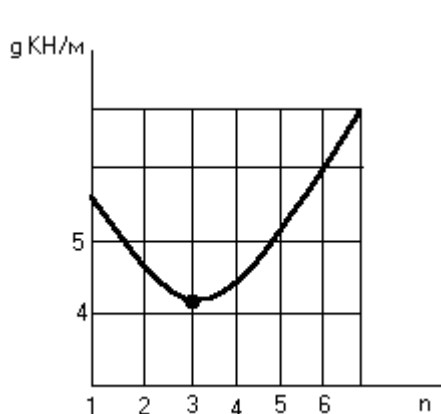
$$\eta = \frac{kabn}{fG + kabn + \xi abnV^2} \quad (3)$$

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

если числитель и знаменатель (3) разделить (bn) 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?)

$P_3 - (3-5\%)P$,

P до 5кН/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. $k=120 \dots 130 \text{кПа}$.

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 $k=0,9 \text{ кгс/см}^2$ 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 R_x без учета трения полевой полевой доски
Полевая доска.

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

3) Третий способ определения к

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

$$k_0 = \eta k_1$$

Удельное сопротивление плуга

В формулу Горячкина входит 3 коэффициента

$$f=0.2 \dots 0.4$$

$$k_{\text{почвы}}=30 \dots 130 \text{ кПа}$$

$$\xi = 200 \dots 1000 - \frac{\text{кгс} * \text{с}^2}{\text{м}^4}$$

В практике пользуются упрощенной формулой .

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

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

Физический коэффициент полнее раскрывается если числитель и знаменатель умножить на V

$$k=PV/abnV \text{ (11)}$$

PV-мощность

abnV- объем почвы.

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

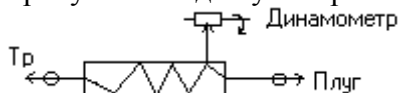
$k_{\text{пл}} > k_{\text{почвы}}$ это видно, если подставить в 10 выражение 1.

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

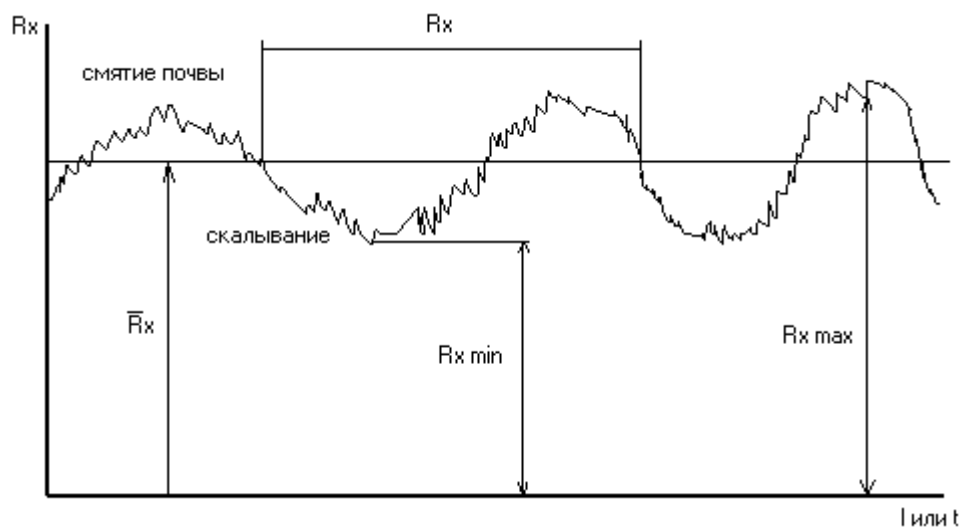
$$k_{\text{пл}} = k_{\text{почвы}} + \left(\frac{fG}{abn} + \xi V^2 \right)$$

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

$$R_{\text{пред}} = R_{x_{\max}} + J_{\text{тр}} + J_{\text{п}}$$

$J_{\text{тр}}$ – сила инерции трактора

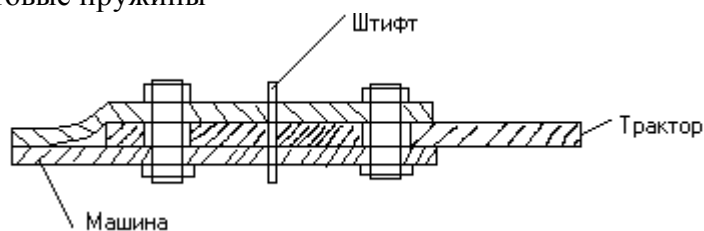
$J_{\text{п}}$ – сила инерции плуга

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.

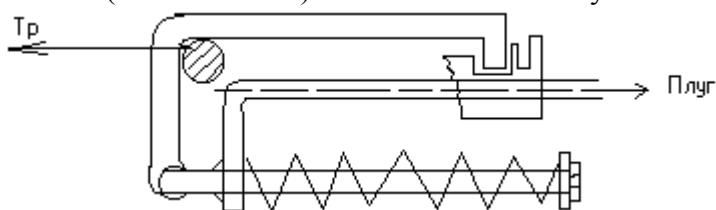
Фрикционно-штифтовые пружины



$$Q_{\text{зат.}} = R_{\max} / 4f$$

Зависит от момента затяжки и диаметра штифта.

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



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

$$R_{пред} = 2 R_x \cdot n.$$

Когда корпус плуга встретится с препятствием, плуг испытает

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

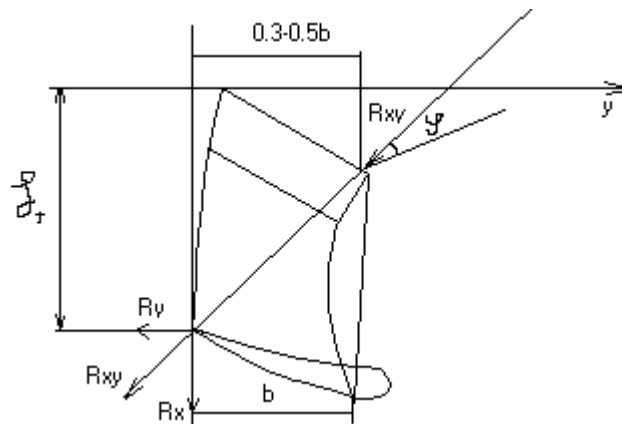
Расчетная нагрузка на корпус, который встретится с препятствием.

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

Расчет полевой доски на прочность

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

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



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

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

Основной силы деформирующей полевую доску – R_y

Изгибающий момент $M_u = R_y L_g$

$L_g = 0.5 L_t$:

Полевая доска - балка прямоугольного сечения

$$M_u = W [\sigma_u]$$

$$W = \frac{h t^2}{6}$$

$$R_y L_g = \frac{h t^2}{6} [\sigma_u]$$

h - высота, нормируемая по стандарту 150-180мм

$h_{спец} = 60-80$ мм

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

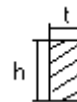
Т.е. спроектировать доску, которая выдерживать max усилия.

Наибольшее тяговое сопротивление, которое может быть передано штифтовым предохранителем

$$R_{max} = R_{ср} + R_{тр.}$$

$R_{ср}$ - усилие, необходимое для среза штифта

$R_{тр}$ - суммарная сила трения



$$T_{\text{к}} P_{\text{ср}} = 2F \tau_{\text{ср}}$$

$$P_{\text{тр}} = 6fN, \text{ то}$$

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

Где F –площадь сечения штифта

$\tau_{\text{ср}}$ -предел прочности на срез.

f- коэффициент трения

N-нормальное усилие затяжки болтов.

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

если без штифта с двумя плоскостями трения

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

Лекция №3 (Л-3) (2 часа).

Тема: «Проектирование высевяющего аппарата»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Способы, схемы посева; классификация.
2. Типы посевных машин.
3. Классификация высевяющих аппаратов.
4. Технологический процесс посева семян.
5. Расчет питающих емкостей.
6. Расчет катушечного высевяющего аппарата.
7. Расчет пневматического высевяющего аппарата.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Способы, схемы посева; классификация.

Общая характеристика способов посева. Различают разбросной, рядовой, гнездовой, пунктирный и безрядковый способы посева сельскохозяйственных культур.

Разбросной посев используется иногда для посева семян трав и их смесей на пастбищах с неровным рельефом поверхности; для посева основных культур его не применяют.

Рядовой посев — наиболее распространенный способ посева зерновых, зернобобовых и ряда других культур.

Расстояние а между рядками — ширина междурядий — основная характеристика этого способа; оно устанавливается для различных культур агротехническими требованиями.

Зерновые колосовые культуры (пшеница, рожь, ячмень) высеваются со стандартной шириной междурядий а=15 см.

Для получения более равномерного распределения семян по площади поля применяют также и более узкие междурядья. В этом случае посев называют узкорядным.

Широкорядный и ленточный посевы — разновидности рядового. Широкорядный посев характеризуется широкими междурядьями и применяется для посева семян зернобобовых, овощных и технических культур. Ленточный посев отличается от стандартного рядового тем, что несколько рядков (строчек) образуют ленту, причем расстояние аг между лентами больше расстояния между строчками в ленте. Ленточным способом высевают просо, овощные культуры и др.

Гнездовой способ посева характеризуется двумя размерами; шириной междурядий a и расстоянием a_2 между гнездами (ширина междугнездий), а также числом семян в гнезде. Для некоторых пропашных культур (кукуруза, хлопок) применяют квадратно-гнездовую и прямоугольно-гнездовую схемы посева.

Разновидность квадратно-гнездового посева — шахматный посев, при котором гнезда в смежных рядах располагаются в шахматном порядке. Схемы гнездового посева для различных пропашных культур определяются агротехническими требованиями применительно к условиям разных зон и комплексной механизации работ по возделыванию этих культур.

Пунктирный способ посева получил широкое применение для ряда пропашных культур (кукуруза, сахарная свекла и др.). Имеются попытки применить пунктирный способ для посева семян зерновых культур. При этом способе семена высеваются по одному на примерно равных расстояниях a_1 одно от другого. Расстояние между семенами в рядке колеблется для разных культур и в разных условиях в пределах от 5-8 до 20-55 см. Основные преимущества этого способа — более точное распределение растений в рядке.

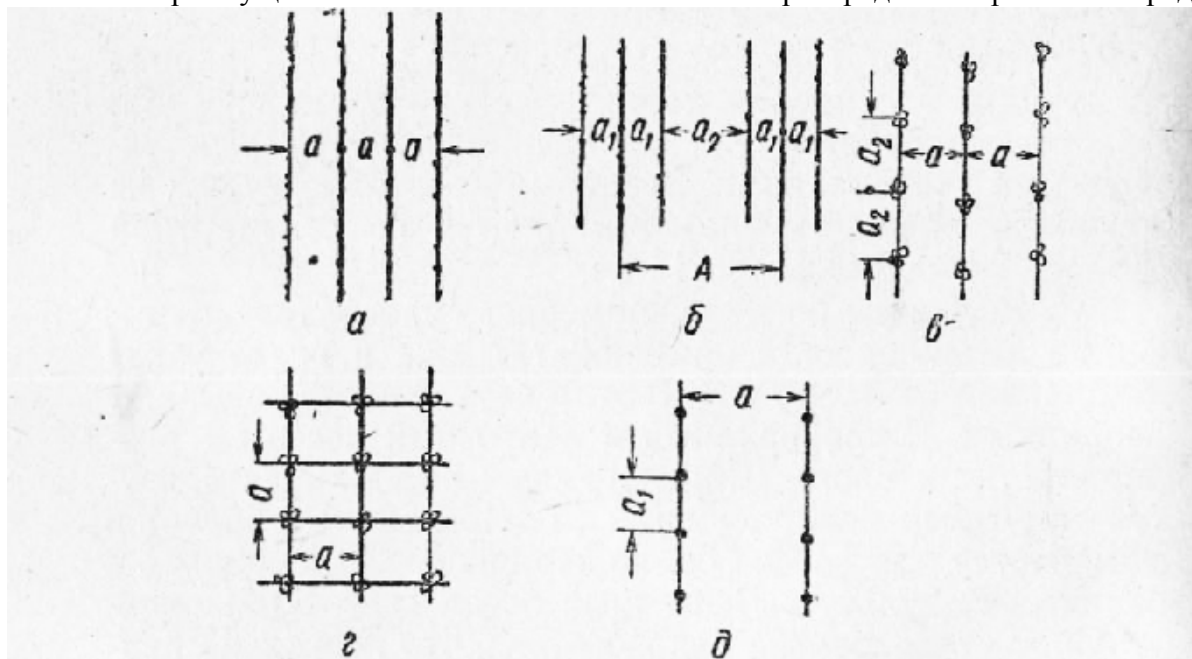


Рис. 1. Схемы посева сельскохозяйственных культур: а — рядовой; б — ленточный; в — гнездовой; г — квадратно-гнездовой; д — пунктирный.

Безрядковый сев заключается в равномерном высеве семян широкими полосами (100—110 мм), без свободных промежутков между ними. Этот способ не вышел еще из стадии опытного изучения и пока не получил широкого применения.

Основные типы сеялок и их классификация. Сеялки классифицируют по различным признакам, но наиболее распространена классификация по способу посева. По этому признаку различают сеялки разбросные, рядовые, гнездовые, пунктирные.

2. Типы посевных машин.

В зависимости от способа посева различают рядовые, гнездовые, квадратно-гнездовые, пунктирные (точного высева) и разбросные сеялки.

По назначению посевные машины подразделяют на машины для посева зерновых культур, бобовых, семян трав; для посева пропашных культур (кукурузы, подсолнечника, свеклы); хлопчатника; льна, овощей и так далее.

По типу соединения с трактором сеялки разделяют на навесные и прицепные.

К посевным машинам предъявляется ряд агротребований. Отклонение общего высева семян от заданной нормы не должно превышать $\pm 3\%$. Средняя неравномерность высева между отдельными высевающими аппаратами при посеве зерновых культур допускается не более 3% , бобовых 4% . Колебание ширины междурядий сеялки не должно быть более ± 1 см. При этом все семена должны быть заделаны на одинаковую глубину. Отклонения от заданной глубины не выше ± 1 см. Не допускается иметь на поверхности поля незаделанные семена. Повреждение семян высевающим аппаратом не должно составлять более $0,3\%$.

Сеялки для посева квадратно-гнездовым способом должны обеспечивать высев в гнездо одинакового числа семян с размещением гнезд на одинаковом расстоянии одно от другого в продольных и поперечных рядах. Смещение центров гнезд от осевой линии не должно превышать ± 5 см. Дробление семян высевающим аппаратом не допускается более $1,5\%$.

Пунктирные сеялки должны размещать не менее 80% одиночных семян на заданном расстоянии одно от другого. Количество пропусков не должно превышать 2% , а дробление семян — $0,5\%$.

3. Классификация высевающих аппаратов.

По принципу действия (захвата семян) высевающие аппараты современных овощных сеялок могут быть разделены на механические, пневматические, пневмомеханические и гидравлические.

Механические аппараты по конструктивному выполнению и принципу действия основного рабочего органа, осуществляющего отбор семян их общей массы и создающего семенной поток, можно разделить на катушечные, чашечные (внутриреберчатые), шнековые, вибрационные, центробежные, ложечные, ячеистые и аппараты для укладки семенной влагорастворимой ленты.

Катушечные аппараты подразделяются на желобчатые, штифтовые и канавочные. На последних моделях овощных сеялок с катушечными высевающими аппаратами используются желобчатые катушки как с постоянными, так и с переменными геометрическими параметрами желобков.

Ячеистые высевающие аппараты по расположению ячеек на подвижных частях делятся на дисковые, ленточные, шиберные и барабанно-штоковые. В аппаратах ленточного типа ячейки выполняются на поверхности перемещаемой бесконечной ленты и могут быть сквозными или глухими, в дисковых — на вращающейся цилиндрической или торцевой поверхностях, в шиберных — на пластинах, совершающих возвратно-поступательное движение. В ленточных аппаратах используются как одна, так и две бесконечные ленты. В двухленточном аппарате захват семян осуществляется совпадающими между собой полусферическими ячейками в момент соприкосновения рабочих ветвей лент, а выброс — в момент расхождения.

Дисковые аппараты по расположению высевных устройств (дисков) подразделяются на аппараты с горизонтальной, вертикальной и наклонной осью вращения.

Все механические аппараты, за исключением ячеистых, ложечных, барабанно-штоковых и для укладки влагорастворимой семенной ленты, используются в овощных сеялках для обычного рядового посева; последние, как правило, в сеялках пунктирного и гнездового размещения семян.

Из ячеистых аппаратов большей популярностью пользуются: в странах Западной Европы и США — дисковые с горизонтальной осью вращения, в Скандинавских странах и Англии — ленточные. Ложечные аппараты больше всего применяются у себя на родине — в Швеции, а также в некоторых западноевропейских странах.

Внутриреберчатые, вибрационные, шнековые, центробежные, барабанно-штоковые аппараты и устройства для укладки влагорастворимой ленты не нашли широкого

применения: одни — ввиду сложности и высокой стоимости конструкций, другие — вследствие низкого качества посева.

Пневматические высевальные аппараты по конструктивному оформлению высевальных устройств могут быть разделены на дисковые, барабанные, пальцевые (штоковые) и аппараты без подвижных частей, работающие как на вакуумном принципе, так и на принципе нагнетания воздуха в семенную камеру. В обоих случаях семена прижимаются к отверстиям (ячейкам) высевальных устройств воздушной струей, удерживаются и переносятся ею до места сброса. Сбрасывание семян обычно осуществляется путем прекращения подачи воздуха (экранирования) или механическими сбрасывателями.

Дисковые пневматические аппараты, так же как и дисковые механические, подразделяются на аппараты с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Присасывающие отверстия у них выполняются на торцевых поверхностях дисков, соприкасающихся с одной стороны с воздушной камерой, с другой — с семенным материалом, находящимся в соответствующих емкостях (бункерах). Наибольшее распространение за рубежом получили аппараты с горизонтальной осью вращения, расположенной перпендикулярно направлению движения. Они проще по конструкции, обладают достаточно высокой надежностью технологического процесса и, что не менее важно, по своим габаритам хорошо вписываются в общую компоновку сеялки.

Щелевые пневматические аппараты являются некоторой разновидностью дисковых и барабанных, так как присасывающие щели в них представляют собой зазоры между дисками или барабанами, насаженными на одну, как правило, горизонтальную ось. Большинство из них не обеспечивает точного посева, но создает достаточно равномерную плотность потока семян, что выгодно отличает их от механических аппаратов обычного рядового посева.

4. Технологический процесс посева семян.

Рама 1 сеялки (рис. 1) с замком 3 для автоматического присоединения к трактору опирается на два опорных колеса 16, одно из которых (левое) приводное. На раме закреплен двухсекционный бункер 7 для семян, сошниковый брус 9 и вентилятор 18. На оси левого колеса установлена звездочка механизма привода высевального аппарата. К сошниковому брусу присоединяются поводки 10 с анкерными или однодисковыми сошниками 11, рыхлители 15 следов колес сеялки и трактора и два следоуказателя. Стандартная ширина междурядий 125 мм. При креплении на поводках узкорядных килевидных сошников ширина междурядий составляет 62,5 мм. Крепление поводков позволяет передвигать их вдоль сошникового бруса, что изменяет ширину. Пневматическая высевальная система включает центробежный вентилятор 18, заслонку 19, эжектор 2, вертикальную шахтную трубу 4, высевальный аппарат 8 катушечного типа, головку-распределитель 5 и семяпроводы 6. у междурядий.

Каждый сошник имеет пружину 14, натяжением которой регулируется глубина заделки семян. На задних стандартных анкерных сошниках закреплены пружинные загортачи 12. Сеялки с дисковыми сошниками комплектуются цепными загортачами. Пневматическая высевальная система включает центробежный вентилятор 18, заслонку 19, эжектор 2, вертикальную шахтную трубу 4, высевальный аппарат 8 катушечного типа, головку-распределитель 5 и семяпроводы 6. Высевальный аппарат (рис. 2, а) имеет корпус 1, катушку 2 с желобками и втулку 3. При вращении рукоятки настройки 5 втулка перемещаясь вдоль оси, перекрывает катушку, оставляя открытой ее рабочую часть.

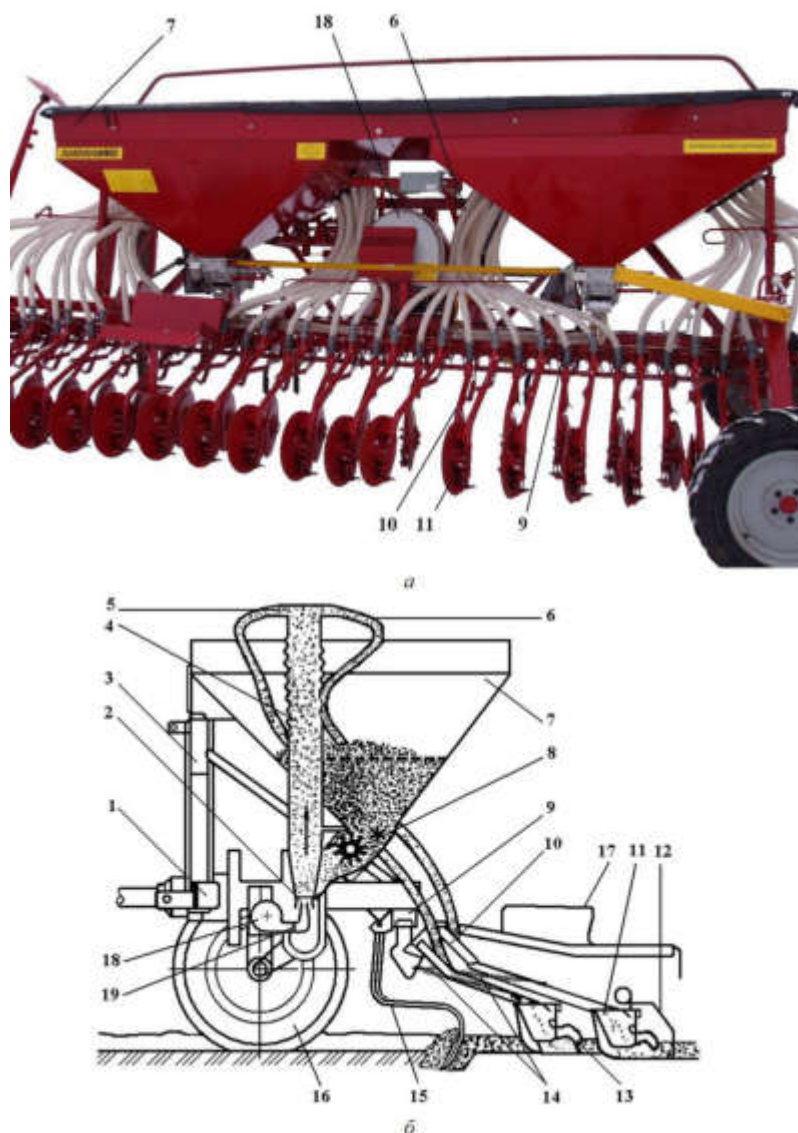


Рис. 1. Сеялка пневматическая универсальная СПУ-6: *а* – общий вид; *б* – технологическая схема; 1 – рама; 2 – эжектор, 3 – замок автосцепки; 4 – шахтная труба; 5 – головка распределителя; 6 – воздуховод; 7 – бункер; 8 – высевающий аппарат; 9 – брус; 10 – поводок; 11 – сошник; 12 – загортач; 13 – клапан; 14 – пружина; 15 – рыхлитель; 16 – колесо опорное; 17 – подножка; 18 – вентилятор; 19 – заслонка

Шкала на втулке показывает рабочую длину катушки. Для настройки на малый высев в каждом аппарате предусмотрена муфта, позволяющая уменьшить глубину желобков катушки. Помимо указанных деталей высевающий аппарат имеет ворошитель (уменьшает вероятность образования сводов) и щетку (очищает желобки катушки от залипших семян). Клапан 6, шарнирно подвешенный под катушкой, служит для освобождения бункера от остатков семян. Привод высевающих аппаратов (их два) осуществляется от левого опорно-приводного колеса 16 (см. рис. 1) через зубчатый редуктор.

Вентилятор приводится в работу от вала отбора мощности трактора через карданный вал. На сеялке установлены два следоуказателя с гидрофицированным механизмом управления.

5. Расчет питающих емкостей.

При движении сеялки с включенными рабочими органами вращение от левого опорно-приводного колеса 16 через цепную передачу и редуктор передается на катушку и ворошитель высевашего аппарата 8 (рис. 1). Катушка захватывает семена и подает их в эжектор 2, где они подхватываются воздушным потоком вентилятора 18 и направляются через шахтную трубу 4 к распределительной головке 5. Воздушно-семенная смесь головкой распределяется по воздухо-семяпроводам 6 и подается к сошникам 11. Сетка, установленная в бункере, защищает высевашие аппараты от попадания в них посторонних предметов. При посеве уровень зерна в бункере не должен быть ниже защитной сетки; для мелких и слабосыпучих семян – не выше защитной сетки (для исключения сводообразования).

Сеялка СПУ-6 может высевать от 1,8 до 400 кг/га. Нормы высева регулируются изменением рабочей длины катушки. Предусмотрено два режима работы высеваших аппаратов – нормальный (N) и малый (M). Длина рабочей части катушки (ориентировочная) выбирается по таблицам 2 или 3. Устанавливается она перемещением втулки 4 (рис. 2, а) вращением рукоятки 5.

При нормальном высевае шестерня редуктора Z14 переводится в зацепление с шестерней Z19 (рис. 2, б), заслонка вентилятора переводится в положение А "открыто" (рис. 2, в).

При настройке сеялки на посев мелких семян шестерня Z14 переводится в зацепление с шестерней Z28, положение заслонки вентилятора Z "закрыто".

6. Расчет катушечного высевашего аппарата.

Чтобы обеспечить равномерность высева, все катушки высеваших аппаратов относительно своих корпусов должны располагаться одинаково, что достигается перемещением корпусов в овальных отверстиях. Это позволит установить одинаковую рабочую длину катушек при перемещении их одним рычагом регулятора. Как уже отмечалось, зазор между клапаном и ребром муфты на всех высеваших аппаратах должен быть одинаковым и составлять 1...2 мм при высевае зерновых и 8...10 мм – для гороха и других крупносеменных культур. При проверке равномерности высева на стационаре собирают семена от каждого высевашего аппарата в отдельные мешочки и взвешивают их. Равномерность высева оценивают коэффициентом неравномерности Н, который определяют по формуле:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^K |\bar{m} - m_i|}{\sum_{i=1}^K m_i} \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

$$\text{где } \bar{m} = \sum_{i=1}^K m_i / K -$$

масса семян, высеваемая в среднем одним аппаратом; k — число высевующих аппаратов, участвующих в опыте; m_i — масса семян, посеянных i -аппаратом. При высеве зерновых культур коэффициент неравномерности не должен превышать 6%.

7. Расчет пневматического высевующего аппарата.

Для решения этой задачи применительно к высевующему аппарату барабанного типа рассмотрим силы, действующие на семя в момент присасывания его к отверстию равномерно вращающегося барабана. На семя в данном случае (рис. 5.1) будут действовать сила тяжести $Q = mg$, центробежная сила J , давление воздуха внутри и снаружи барабана P_a и P_6 , сила трения между семенем и поверхностью барабана F и сила аэродинамического поля присасывающего отверстия F_n (сила инерции семени в момент присасывания $J_u = ma$).

Составим уравнение движения семени в момент присасывания

$$F - Q \cos \alpha - F_n = 0; \quad (5.1)$$

$$(P_a - P_6) S \cdot K - J + Q \sin \alpha = 0. \quad (5.2)$$

Очевидным условием присасывания семени к отверстию вращающегося барабана в этом случае будет

$$F > Q \cos \alpha + F_n. \quad (5.3)$$

Определим разрежение в барабане, при котором имеет место неравенство (5.3). Для этого подставим в уравнение (5.2) значения входящих в него величин, учитывая, что

$$\begin{aligned} P_a - P_6 &= H, \\ J &= \frac{m V_6^2}{r_6}, \end{aligned}$$

Тогда

$$H_1 > \frac{Q}{SK} \left[\frac{1}{f} \left(\cos \alpha + \frac{1}{Q} F_n \right) - \sin \alpha + \frac{V_6^2}{g r_6} \right], \quad (5.4)$$

где H_1 — разрежение в барабане; S — площадь присасывающего отверстия; K — коэффициент присасывания; f — динамический коэффициент трения семян о поверхность барабана; V_6 — окружная скорость барабана; r_6 — радиус барабана.

Лекция №4 (Л-4) (2 часа).

Тема: «Проектирование о туковывсевающего аппарата»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения- виды удобрений их свойства и способы внесения
2. Формы, размеры питающих емкостей
3. Аппараты для дозирования удобрений
4. Расчёт дисковых тарельчатых дозирующих аппаратов

- 4.1 Определение толщины слоя удобрений на диске
- 4.2 Расчет пассивных сбрасывателей
- 4.3 Расчет активных сбрасывателей
- 4.4 Транспортные аппараты и их расчет.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие сведения- виды удобрений их свойства и способы внесения

Различные минеральные соли или их неорганические соединения, содержащие необходимые для растений элементы питания. Данные удобрения подразделяются на две основные группы: простые и комплексные.

Простые или односторонние удобрения содержат какой-нибудь один элемент питания. К ним относятся азотные (аммиачная селитра, мочевина), фосфорные (фосфорная мука, суперфосфат), калийные и микроудобрения.

Комплексные удобрения содержат несколько элементов: азотно–фосфорное (аммофоска), азотно-калиевое (нитрофоска), азотно-фосфорно-калиевое (нитроаммофоска).

Гуминовые удобрения, состоящие из органического вещества (торф, бурый уголь, илы, сланцы, перегной и др.) и минеральных соединений. Технология их производства: это - обработка органических веществ, содержащих гуминовые кислоты, аммиаком, аммиачными растворами фосфатов, фосфорной кислотой, калийными солями. Органоминеральные удобрения имеют различный состав и наименования: гумофос, гумофоска, торфоаммиачные удобрения (ТАУ), торфоминерально-аммиачные удобрения (ТМАУ), гуматы натрия и аммония и др.

Во многих случаях они обеспечивают больший эффект, чем раздельное внесение этих же удобрений. Органические удобрения действуют медленнее, чем минеральные. Поэтому даже при высоких дозах внесения, например, 20-60 т/га и более их применение может оказаться недостаточно эффективным. Тогда как при совместном внесении их в почву создаются условия для равномерного питания растений, хотя и ограниченным числом микроэлементов.

При использовании органоминеральных удобрений в каждом конкретном хозяйстве следует учитывать почвенные особенности, свойства самих удобрений, а также ассортимент и особенности выращивания соответствующих сельскохозяйственных культур.

Разнообразные органические материалы или органические материалы, смешанные с минеральными веществами, прошедшие процедуры перемешивания, высушивания и спрессованные в гранулы.

Использование технологии гранулирования удобрений имеет несколько преимуществ.

Во-1-х, в гранулах органические вещества сохраняют всю гамму содержащихся в них полезных свойств, а это – удивительный набор более 60 микроэлементов, содержащихся, например, в курином помете.

Во-2-х, в процессе гранулирования уничтожается вся патогенная часть – вредные органические вещества, содержащиеся в навозе или птичьем помете, а также семена сорняков.

В-3-х, гранулированное удобрение практически не теряет своих положительных свойств в течение весьма длительного срока хранения.

2. Формы, размеры питающих емкостей

Все типы машин для внесения удобрений выполнены практически по единой принципиальной схеме, которая включает в себя емкость (бункер, цистерна и т. п.) для удобрений; питающее устройство для приема удобрений из емкости; разбрасывающий рабочий орган, принимающий удобрения от питающего устройства; высевальные (разбрасывающие) аппараты, выполняющие функции разбрасывания удобрений по поверхности почвы (или направляющие его в почву). Конструкция этих сборочных единиц различна в зависимости от вида удобрений, вида тяги и т.п. Кроме того, машины имеют раму, колеса, механизмы передачи к Движущимся и вращающимся механизмам, устройствам и деталям, механизмы регулировок.

Бункер служит емкостью для запаса удобрений. Форма и размеры его обуславливаются видом удобрений и грузоподъемностью машины. Форма бункера должна обеспечивать его полное заполнение и опорожнение без образования сводов и пустот. Для подачи удобрений к разбрасывающим устройствам дно бункера выполняется в виде подающего транспортера. С целью предотвращения сводообразования внутри бункера устанавливается сводо-разрушающее устройство (ворошитель) в виде колеблющихся листов у боковых стенок, ворошилок и т. п.

Питающее устройство.

Питающее устройство принимает из бункера определенные порции удобрений и подает их к разбрасывающему рабочему органу. В зависимости от вида удобрений и назначения машины применяются различные типы питающих устройств, основными из которых являются: цепочно-планчатые, прутковые, ленточные, шнековые, транспортеры; вибрационные питающие, пневмо-гидротранспортирующие устройства.

Цепочно-планчатый транспортер применяют для подачи органических и минеральных удобрений. Он состоит из грузовых цепей с поперечными планками или скребками, ведущей и ведомой (натяжной) звездочек. Привод транспортера осуществляется от вала отбора мощности (ВОМ) трактора через редуктор, кулисный и храповый механизмы. В некоторых конструкциях привод может осуществляться от ходового колеса. Транспортер движется по дну бункера (кузова) и планками увлекает удобрения, перемещая их к разбрасывающему рабочему органу. Норма внесения удобрений устанавливается изменением высоты h щели дозирующего устройства (заслонки), а также скорости движения транспортера и агрегата.

Ленточный транспортер имеет устройство, аналогичное цепочно-планчатому. Несущим элементом его является транспортерная лента, перемещающаяся на ведущих и ведомых роликах.

Шнековый транспортер при вращении шнека перемещает удобрения, заполнившие кожух шнека, из бункера к выходному окну. Количество удобрений, подаваемых к разбрасывающему рабочему органу, регулируется в основном изменением частоты вращения шнека.

Вибрационные питающие устройства в отечественных машинах не нашли применения. Любой вибропитатель представляет собой колеблющуюся скатную доску, наклоненную под некоторым углом к горизонту.

Разбрасывающие рабочие органы.

3. Аппараты для дозирования удобрений

Минеральные удобрения разбрасываются дисковыми центробежными аппаратами. Туковые разбросные сеялки имеют тарельчатые высевальные аппараты. Аппараты того же типа, но различных конструкций применяются для внесения удобрений во время посева или посадки, а также для подкормки растений во время вегетации. Сплошное внесение органических удобрений осуществляется барабанами с горизонтальной осью вращения, измельчающими и разбрасывающими удобрения.

Дисковый аппарат представляет собой плоский диск с вертикальной осью вращения и лопатками, расположенными радиально или отклоненными от радиального направления на угол до $10... 12^\circ$. Рабочий процесс такого диска, называемый центробежным, складывается из трех фаз: подачи удобрений на диск, их перемещения по диску и сбрасывания с диска, что обеспечивает распределение удобрений по поверхности поля.

Тарельчатый разбрасывающий аппарат состоит из вращающейся тарелки, установленной под отверстиями в дне бункера, и сбрасывателей в виде дисков или лопастных крыльчаток. Около половины тарелки выходит за пределы бункера наружу. При медленном вращении с частотой $0,015... 0,066 \text{ с}^{-1}$ тарелка выносит из бункера удобрения тонким слоем, толщина которого регулируется заслонкой в пределах $4... 30 \text{ мм}$. Сбрасыватели, вращаясь, выталкивают удобрения из тарелки и рассеивают их на поверхность поля.

Барабанный разбрасывающий аппарат устанавливается сзади цепочно-планчатого, пруткового или ленточного транспортера. Наибольшее распространение получили лопастные и зубовые барабаны с горизонтальной осью вращения. Дальность разбрасывания удобрения лопастным барабаном определяется значением и направлением абсолютной скорости удобрений в момент схода с лопастей.

4. Расчёт дисковых тарельчатых дозирующих аппаратов

4.1 Определение толщины слоя удобрений на диске

Разбрасыватели минеральных удобрений разбирают в той же последовательности, что и разбрасыватели органических удобрений.

Установив прицеп на подставки, сначала разбирают механизмы приводов транспортера и разбрасывающего устройства. Затем снимают разбрасывающее устройство и транспортер.

У разбрасывателя 1РМГ-4 перед снятием дисков убирают ветрозащитное устройство.

Вал сбрасывателей разбрасывателя сеялки РТГ-4,2 ремонтируют при износе поверхностей, соприкасающихся с подшипниками. Сначала износ вала оценивают визуально, покачиванием подшипника на валу, затем проверяют щупом. Если зазор

превышает 2,0 мм, с валов снимают все детали и замеряют диаметры изношенных шеек. Шейки наплавляют на вибродуговой установке пружинной проволокой У7 или У8 без подачи охлаждающей жидкости к месту наплавки. Толщина слоя наплавки — 2,5—3 мм. Затем наплавленную поверхность вала протачивают на токарном станке до ремонтного размера с учетом износа подшипников. Валы, имеющие прогиб более 1 мм, правят вхолостую на стенде.

4.2 Расчет пассивных сбрасывателей

Транспортер рекомендуется ремонтировать на стенде. При проверке степени износа цепей транспортера их натягивают натяжным устройством и при помощи линейки замеряют длину 20 звеньев в трех местах. Длина 20 звеньев должна быть в пределах 786—790 мм (шаг цепи 38,1 мм). Разница между самой короткой и самой длинной цепью транспортера допускается до 8 мм. Поломанные и выкрошенные звенья цепей и звенья с ослабленной посадкой заменяют. При замене группы неисправных звеньев одной цепи группой исправных звеньев другой цепи проверяют совпадение длины группы звеньев вставляемого участка с длиной такой же группы звеньев основной части цепи. Допускается непараллельность скребков не более 4 мм на всей их длине.

Отремонтированные и проверенные транспортеры обкатывают на стенде на рабочей скорости в течение 10—15 мин. Если необходимо, подтягивают ослабленные крепления скребков.

Вращающиеся диски в разбрасывателях удобрений РУМ-3, 2РМГ-4 и РУ-4-10 раскидывают удобрения по полю.

При износе поверхности отверстия во втулке под стопорный штифт его заваривают электродом Э-42 диаметром 4 мм. Место заварки зачищают и просверливают отверстие диаметром Ю+0,16 мм.

4.3 Расчет активных сбрасывателей

Ослабленные заклепки обжимают с помощью обжимки и полотна, лопнувшие заклепки заменяют. Новые заклепки размером 6Х20 или 6Х14 мм нагревают до температуры 830—900° (светло-красный цвет) и расклепывают при помощи кувалды и обжимки. Трещины в диске заваривают кислородно-ацетиленовой сваркой. Сварной шов тщательно зачищают заподлицо с основным металлом. Концы трещины предварительно засверливают. Погнутые места в диске рихтуют на плите. После ремонта разбрасывающий диск проверяют на статическую балансировку на стенде для ремонта молотильных барабанов.

В ходовой части ремонтируют оси, ступицы, тормозные барабаны и колодки.

Изношенные оси восстанавливают при помощи вибро-контактной наплавки и обрабатывают под нормальные размеры.

Если цапфа не составляет единой цепи с осью, а вварена в трубу оси, предварительно снимают цапфу с трубы. Для этого высверливают электрозаклепки, срезают газовым пламенем сварной шов крепления цапфы к трубе и выбивают цапфу.

4.4 Транспортные аппараты и их расчет.

При износе поверхностей отверстий ступиц колес под подшипники ступицу растачивают и в гнездо запрессовывают втулку, которую растачивают под нормальный размер.

Поврежденную поверхность тормозного барабана протачивают, а в колодках заменяют накладки, приклепывая или приклеивая их.

К неисправностям бункера разбрасывателя удобрений НРУ-0,5 относят: разрушения сварных швов, вмятины, пробоины и трещины стенок.

Сварные швы с трещинами зачищают заподлицо с основным металлом в среде углекислого газа при помощи аппарата АТП или полуавтомата А-547Р. После заварки шов должен быть плотным, без трещин, пережога и раковин.

На пробитые места бункера устанавливают заплаты. Предварительно удаляют неровности на поврежденном участке, заплату подгоняют по поверхности стенки бункера и приваривают электросваркой в среде углекислого газа. Сварной шов должен быть плотный, без пропуска и пережога. Не допускаются у отремонтированного бункера вмятины на стенках глубиной более 5 мм или волнистость более 5 мм на длине 300 мм.

Лекция №5 (Л-5) (2 часа).

Тема: «Теория режущего аппарата»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Скорость и ускорение ножа в пальцевом бруссе.
2. График скоростей резания.
3. Определение частоты вращения кривошипа.
4. Ускорение ножа.
5. Силы, действующие на нож.
6. Мощность, необходимая для привода режущего аппарата.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

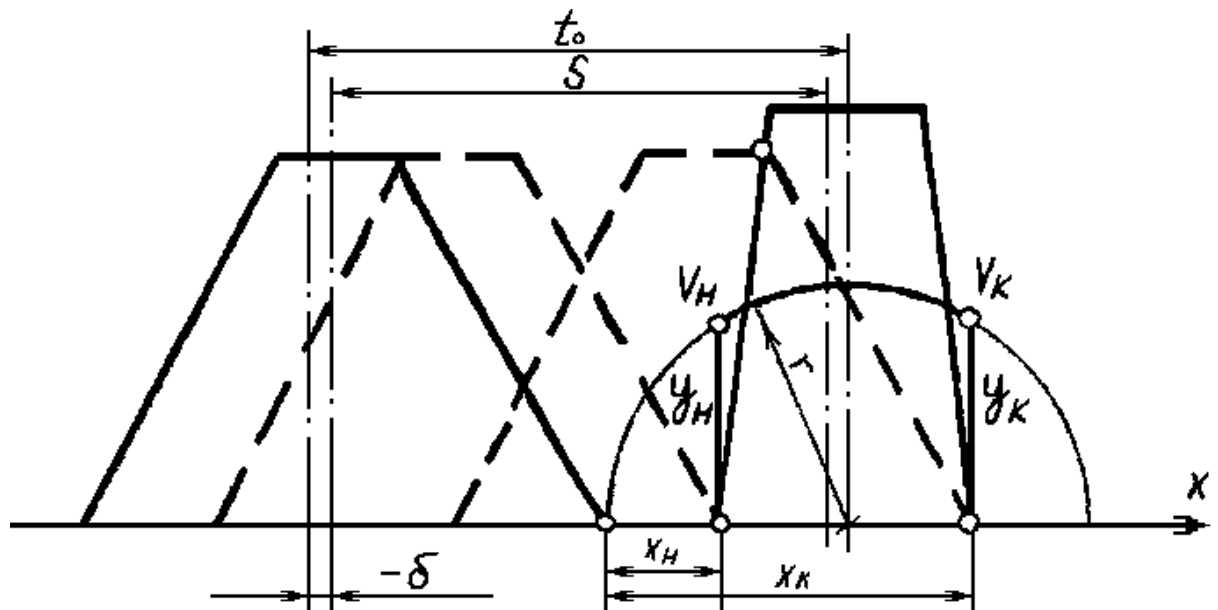
1. Скорость и ускорение ножа в пальцевом бруссе.

Отложив от угла сегмента вправо расстояние $r = \frac{S}{2}$ из полученной точки, как из центра, описываем полуокружность. Это и есть график изменения скорости ножа V_x в зависимости от его перемещения $-x$. Масштаб графика λ_v численно равен частоте вращения кривошипа ω т.е.

$$\lambda_v = \omega, \text{ с}^{-1}$$

Перемещая сегмент вдоль пальцевого бруса, найдем моменты x_n и x_k —начала и конца резания. Им соответствуют ординаты y_n и y_k , которые в масштабе V_n дают значения начальной и конечной скоростей резания. Очевидно, что у двупробежных

аппаратов резание будет происходить сначала на одном y_{H1} , y_{K1} , а затем на другом y_{H2} , y_{K2}



пальцах.

Рис.2. График скоростей резания для аппарата нормального однопребжного с недобегом ножа

2 График скоростей резания.

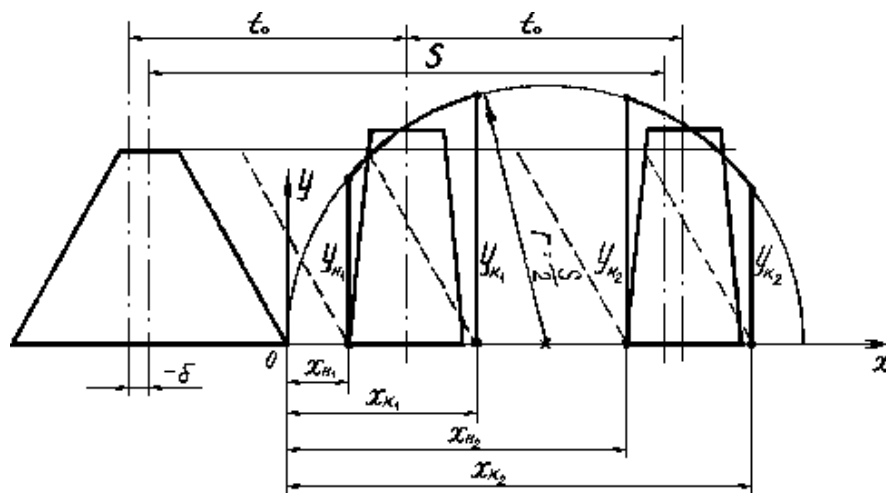


Рис.3. График скоростей резания для аппарата нормального двухпребжного с перебегом ножа

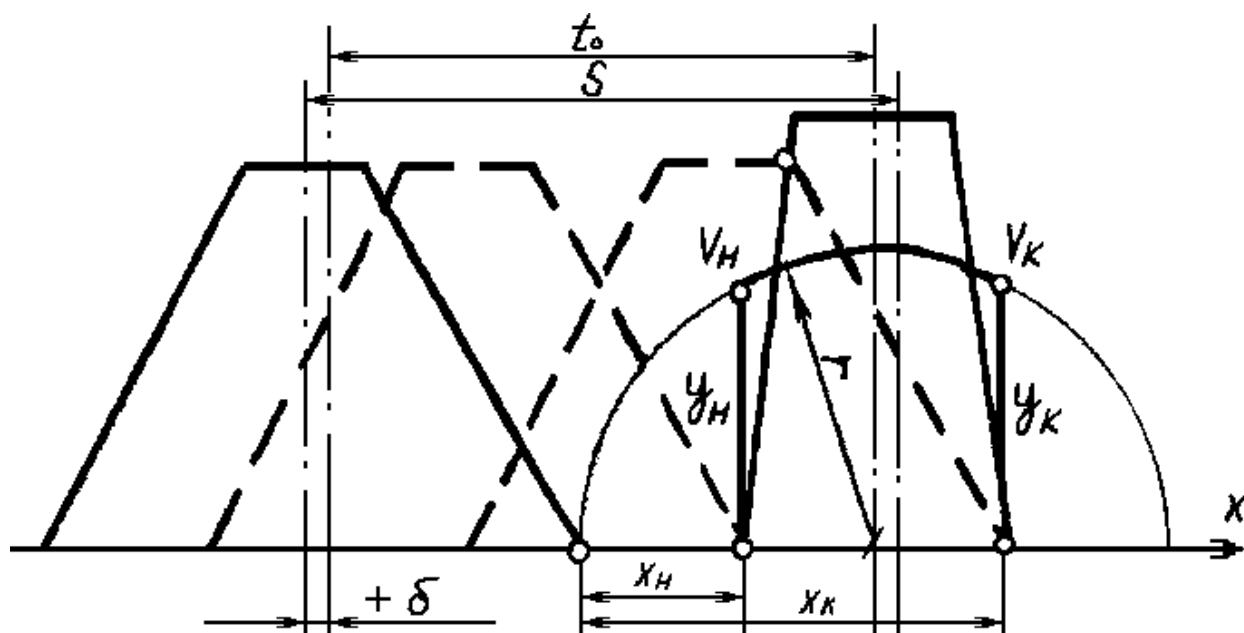


Рис. 4. График скоростей резания для аппарата нормального одноперебежного с перебегом ножа

3 Определение частоты вращения кривошипа.

$$\omega = \frac{V_{рез}}{y_{min}};$$

где $V_{рез}$ (м/с) - скорость резания, задана по варианту;

y_{min} (м) - ордината, соответствующая минимальной скорости резания, берется из графика.

Пример: Если $V_{рез}=2,2$ м/с, $y_{min}=32$ мм;

то
$$\omega = \frac{2,2}{0,032} = 68,75 \text{ с}^{-1}$$

4 Ускорение ножа.

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 уг-лом $\beta+\varphi_2$ к горизонтали (см. точки а,е,с и др. на рис. 6).

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

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

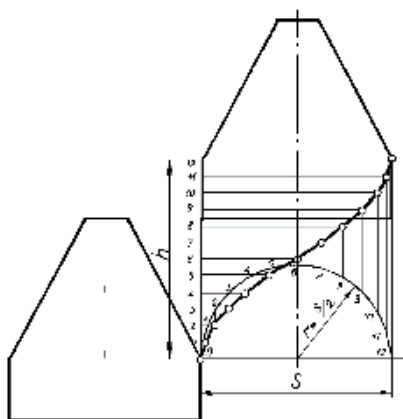


Рис.5. Построение траектории движения нижней точки лезвия (аппарат центрированный однопребный)

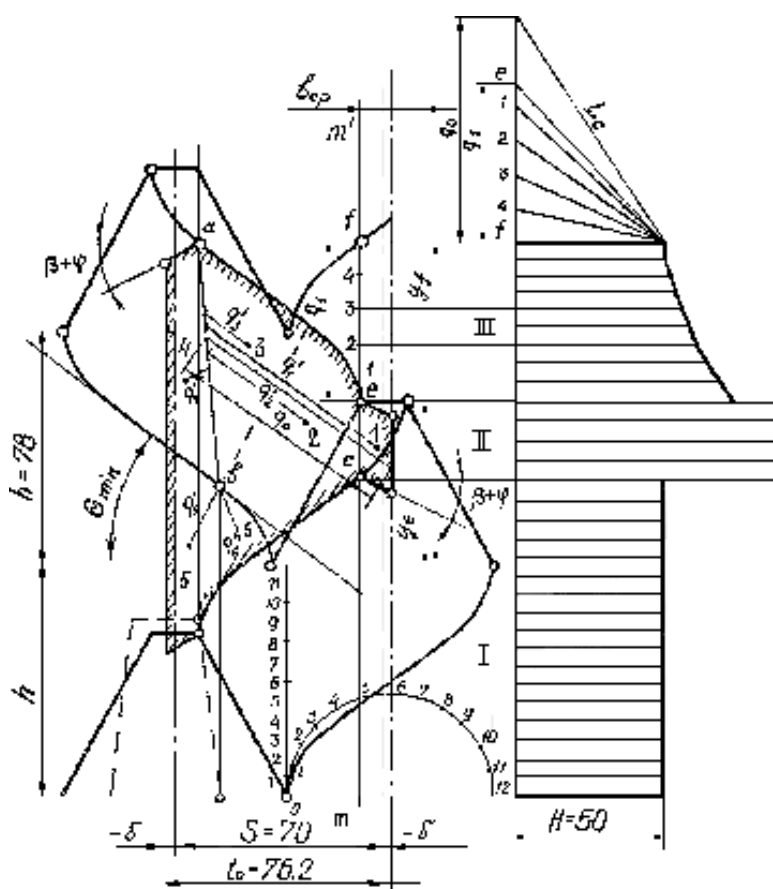


Рис. 6. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат однопребный с недобегом ножа)

5 Силы, действующие на нож.

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

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

Определение силы T 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 бруске. Для каждого положения ножа можно легко определить тангенс угла, наклона шатуна к линии движения ножа. Например, $\text{tg} \gamma_3$ для положения ножа в точке 3 находим следующим образом. Из точки 3 влево откладываем отрезок 100 мм и восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с соответствующим положением шатуна.

Очевидно: $\text{tg} \gamma = \frac{a}{100}$; где a – отрезок в мм. Теперь приступаем к построению графика сил (рис.11). По горизонтальной оси откладываем S – ход ножа. Если аппарат однопребжный, 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.

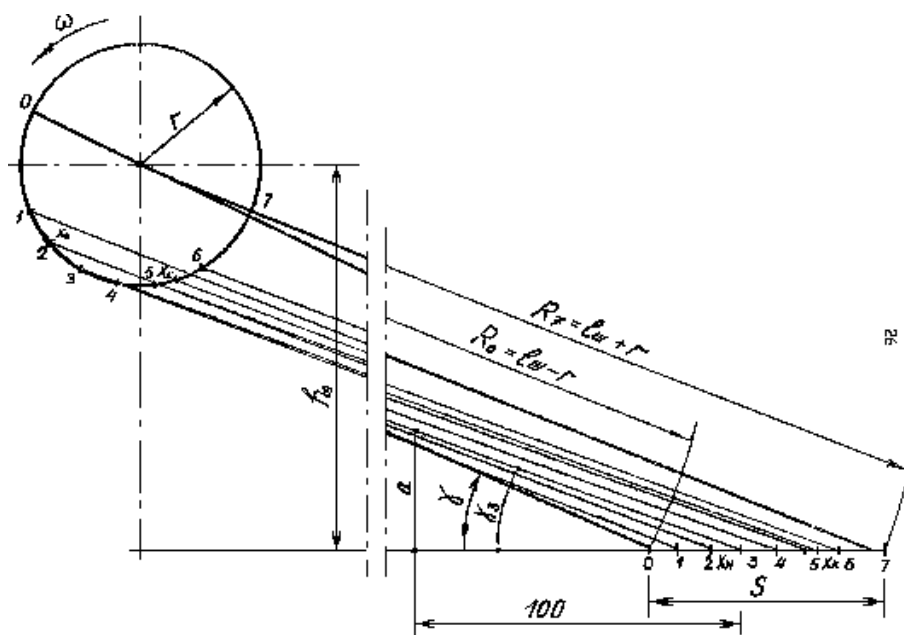


Схема кривошипно-шатунного механизма

Определим максимальную силу инерции.

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

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

ℓ_n - длина ножа, равная ширине захвата бруса косилки или секции жатки. Отложим U_{max} на оси ординат. Через полученную точку и середину 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 ε - работа, затрачиваемая на срез растений с 1 м²; для трав – $\varepsilon=200 \dots 300$ Дж; для зерновых культур 100...200 Дж.

Для однопребжных аппаратов площадь нагрузки определяется по формуле;

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

Для двухпребжных рассчитывается площадь, скашиваемая на первом пальце (зона резания $x_{n1} - x_{k1}$):

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

и на втором (зона резания $x_{n2} - x_{k2}$):

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

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

Для расчета F_2 составим таблицу.

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

№ Точки	$tg\gamma$	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 $tg\gamma$, 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^1 - 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 :

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

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.

6 Мощность, необходимая для привода режущего аппарата.

Мощность определить по формуле академика В.П. Горячкина.

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

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

Лекция №6 (Л-6) (2 часа).

Тема: «Проектирование мотовила»

1.6.1 Вопросы лекции:

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

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Назначение и типы мотовил

Принятые обозначения

A - вспомогательный угол;

B - 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^{-1} ;
 P - усилие, 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;
 θ - вспомогательная расчетная величина;
 ΔX_u - прибавка к активным фазам за счет взаимодействия стеблей;
 ΔX_k - прибавка к активным фазам за счет выноса мотовила;
 $\Delta \varphi$ - 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;
 μ - показатель густоты хлебостоя;
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - фазы резания, холостого хода, пропусков, соответственно;
 ω - частота вращения, рад/с ; ωt_1 - фаза вхождения планки в хлеб.

Обзор существующих конструкций и режимов работы мотовила

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

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

2. Траектория планки мотовила. Соотношение скоростей планки и машины.

Известно, чем выше показатель режима работы мотовила

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

тем шире петли трахоид 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.

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

Из теории мотовила известно, что коэффициент полезности мотовила η 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 λ_{\min} , определите максимальную скорость машины

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

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

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\min} + V_{\max}}{2} \quad (4)$$

Расчет режимов работы

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

$$\lambda \approx 1,8 + (1,5 - V_{\text{м}}); \quad (5)$$

где $V_{\text{м}}$ -скорость жатки в м/с, если она меньше 1,5 м/с ($V_{\text{м}} < 1,5$ м/с)

Число планок (граблин)

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

$$Z = \frac{\pi}{\arcsin \frac{V_{\text{м}}}{U} + \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{V_{\text{м}}}{U}\right)^2} - 1} - \frac{\pi}{2}} \quad (6)$$

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

3. Предельно допустимая скорость планки.

3. (Предельно-допустимая скорость планки).

Предельно-допустимая скорость планки мотовила определяем из условия, при котором не происходит выбивания зерен из колосьев:

$$A \geq \frac{mV^2}{2}$$

A – работа, необходимая для вымолота 1го зерна из колоса

$\frac{mV^2}{2}$ - кинетическая энергия, затрачиваемая на эти цели.

Из экспериментальных данных $A = 2 \cdot 10^{-4}$ Дж ; $m = 4 \cdot 10^{-5}$ кг
- масса 1го зерна.

Из предыдущего выражения

$$V \leq \sqrt{\frac{2A}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-5}}} = \sqrt{10} \approx 3.16 \text{ м/с}$$

Т.е. что бы зерно не выбивалось из колоса V должно быть $< 3,16$ м/с.

Теоретико-экспериментальные данные позволяют говорить, что при этом $u \leq 2,7$ м/с.

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 горизонталы: 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 трахоиду (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.

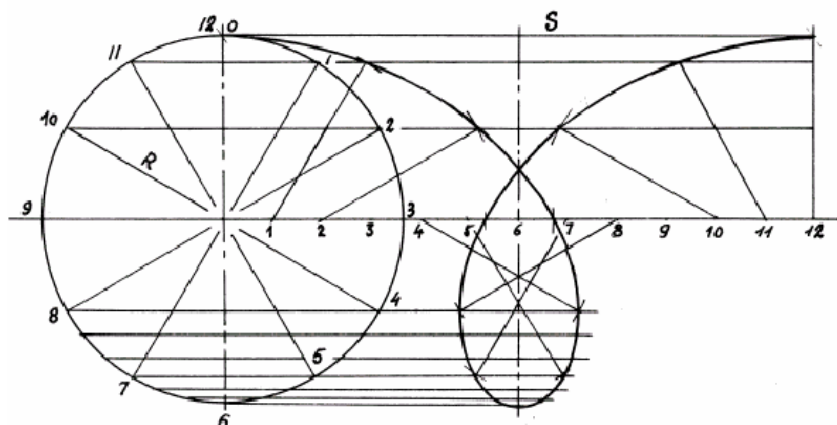


Рис.1 построение траектории планки мотовила

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 . Переноса точки траектории I вправо и влево на расстояние S_z , получим точки, через которые пройдут еще две траектории: вторая-II и последняя $V(Z)$.

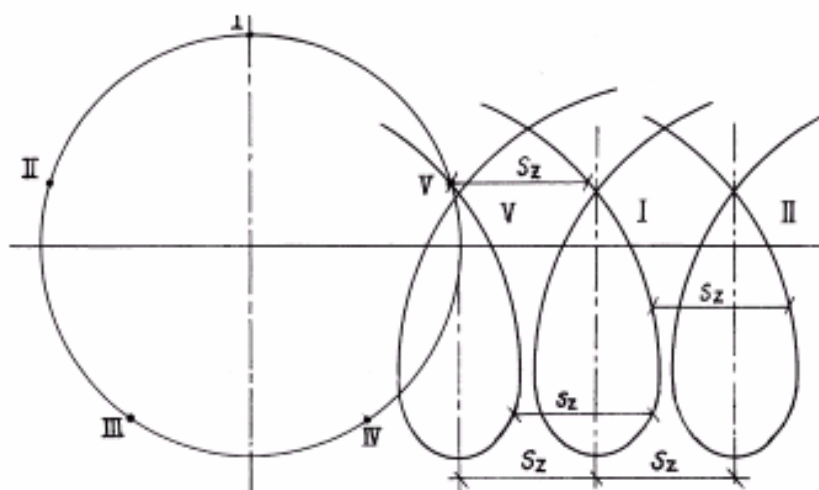


Рис. 2 Совместная траектория трех смежных планок

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.

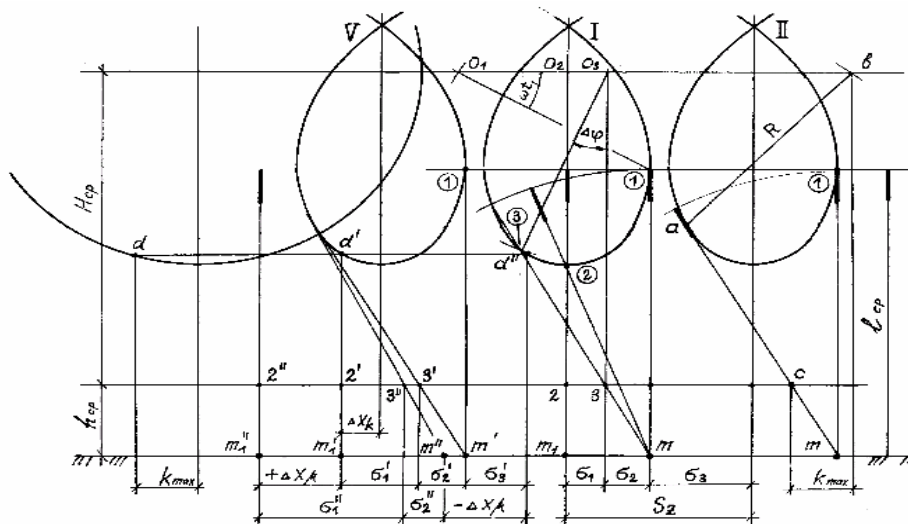


Рис. 3 Фаза совместной работы мотвила и режущего аппарата

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 мотвила R сделать засечку на оси мотвила O_1 и обозначить фазу вхождения планки в хлеб ωt_1 . Далее определить фазы совместной работы мотвила и режущего аппарата для трёх вариантов, указанных в пункте 5.

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

Выполним построение на траектории планки I. Точкой m на поверхности поля обозначить первый стебель, захватываемый планкой в точке 1. В этот момент режущий аппарат располагается под осью мотвила O_1 , 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 мотвила будет располагаться в т. O_2 , режущий аппарат под осью в т.2. Вертикально стоящий стебель m_1 – первый стебель пучка, срезаемого режущим аппаратом при содействии планки I. Последним в пучке будет срезан наклонённый стебель m . Момент его среза определим методом последовательных перемещений: оси мотвила – режущего аппарата – планки – стебля m . Следует помнить, что режущий аппарат в любой момент будет располагаться под осью мотвила, так как вынос мотвила отсутствует.

Задавшись небольшим перемещением оси по ходу машины, одновременно перемещаем на такую же величину режущий аппарат. Затем из нового положения оси мотвила радиусом R делаем засечку на петле и через полученную точку проводим луч m . И так до тех пор, пока не определится положение оси O_3 , режущего аппарата 3, планки 3, при которых отрезок m_3 пройдет через т.3. Планка мотвила при этом повернётся из вертикального положения на угол $\Delta\varphi$.

Правильность построения необходимо проверить, определив угол $\Delta\varphi$ расчетным путём, для этого рассчитать последовательно два уравнения:

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

$$\operatorname{tg} A = \frac{R}{\lambda \cdot h} (\theta - \Delta \varphi); \quad (16)$$

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

θ - вспомогательная расчётная величина;

A – вспомогательный угол, рад.

$\Delta \varphi$ - 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 $\Delta \varphi$ взять с чертежа.
3. Подставить значение A и $\Delta \varphi$ в равенство 15 и проверить его. Если левая и правая части равны, значит угол $\Delta \varphi$ взят с чертежа верно. Если равенства не получается, необходимо откорректировать значение $\Delta \varphi$, 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_1 – фаза резания, - расстояние по горизонтали между точками 2-3;

σ_2 – фаза холостого хода, - между точками 3-1:

σ_3 – 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:

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

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

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

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

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

Способ определения								
	σ_1	σ_2	σ_3	$\sum \sigma$	η_1	η_2	η_3	η
Графический								
Расчетный								

Схема совместной работы мотвила и режущего аппарата при максимальном выносе мотвила

Максимальный вынос мотвила- k_{\max} .

Максимальный вынос определить по методу проф. М.Н.Летошнева, построение выполнить на правой (планкеZ) петле. Из точки m провести касательную $m-a$ к траектории планки. Из точки касания a радиусом мотвила сделать засечку b на траектории оси. Обозначить точку c пересечения траектории режущего аппарата с касательной $m-a$. Расстояние по горизонтали между точками b и c есть вынос k_{\max} .

Фазы совместной работы при максимальном выносе мотвила.

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 m'_1 пучка, срезаемого при выносе мотвила. Повторив на левой петле построение $m-c-a$, проставьте фазы $\sigma'_1; \sigma'_2; \sigma'_3$. Отрезок ΔX_k показывает прибавку к активным фазам, полученную в результате выноса мотвила. Очевидно, что фаза пропусков σ_3 уменьшилась на такую же величину и стала равной σ'_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 мотвила в 1-м режиме
($\lambda_{\min} =$), 2-й вариант ($k=k_{\max}; \mu=0$)

Условия	Величины							
	σ_1	σ_2	σ_3	$\sum \sigma$	η_1	η_2	η_3	η
$\lambda_{\max} =$ $k_{\max} =$ $\mu=0$								

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 мотвила:

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

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 _{max} , м		S _z , м	
			расч.	граф.	расч.	граф.
1	$\lambda_{\min} = \frac{U_{\max}}{VM_{\max}} =$					
2	$\lambda_{cp} = \frac{U_{cp}}{VM_{\max}} =$					
3	$\lambda_{\max} = \frac{U_{\min}}{VM_{\min}} =$					

4. Высота установки 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:

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

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

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:

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

5. Радиус мотовила.

Радиус мотовила

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

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.

Лекция №7 (Л-7) (2 часа).

Тема: «Проектирование молотильного аппарата»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Теория ускорения барабана
2. Расчет прихода ускорения барабана
3. Расчет расхода ускорения барабана
4. Расчет диаметра барабана

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Теория ускорения барабана

Молотильно-сепарирующее устройство (МСУ) современного зерноуборочного комбайна (рис.1) включает молотильный барабан 1 с решётчатым подбарабаньем 2, отбойный битей 3, клавишный соломотряс 4 и очистку, состоящую из транспортной доски 5, верхнего решета 6 с удлинителем 7, нижнего решета 8, скатной доски 9, зернового 10 и колосового 11 шнеков и вентилятора 12.

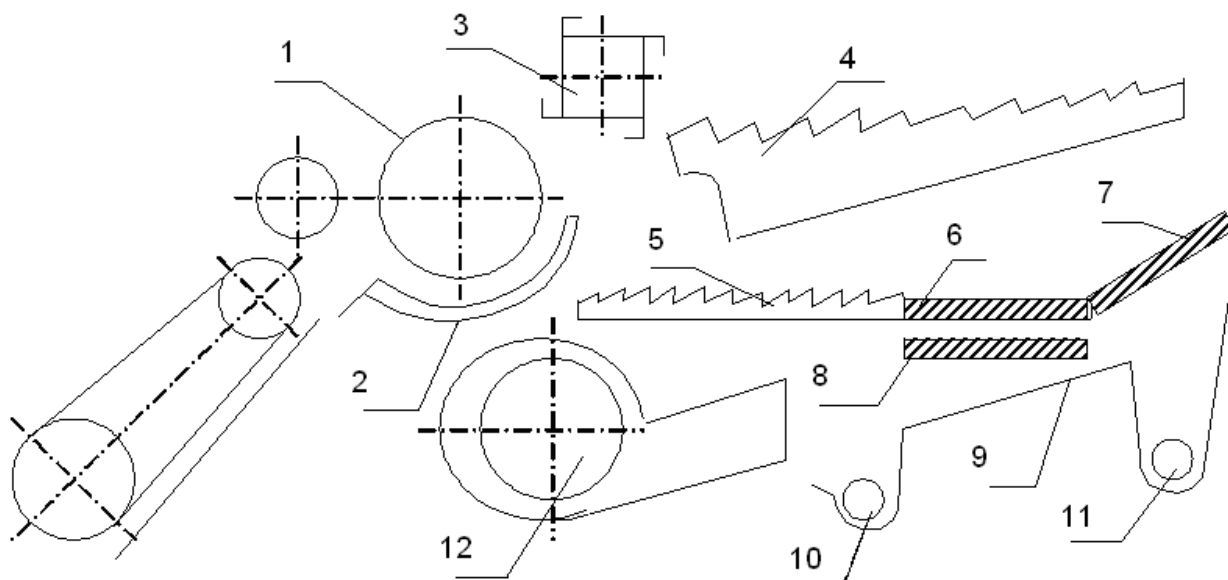


Рис. 1. Схема молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна: 1-барабан, 2- подбарабанье, 3-отбойный битей, 4-соломотряс, 5-транспортная доска, 6- верхнее решето, 7- удлинитель, 8- нижнее решето, 9- скатная доска, 10- зерновой шнек, 11- колосовой шнек, 12- вентилятор

Независимо от способа уборки зерновых культур, работа МСУ происходит следующим образом. При встрече стеблей и колосьев с бичами вращающегося

молотильного барабана происходит удар бичей по обмолачиваемой массе, затем масса захватывается бичами и протаскиваются в сужающийся зазор по неподвижным поперечным планкам подбарабана. Под действием удара и перетирания хлебной массы происходит обмолот колосьев, в результате которого получается свободное зерно, солома, мелкие и крупные частицы соломы, семена сорняков и др. примеси.

На решётчатом подбарабанье происходит первичная сепарация массы, 80...95% зерна и большинства мелких примесей - мелкий ворох, проходит через решётчатое подбарабанье на транспортную доску очистки. Остальная масса – солоmistый ворох, выбрасывается молотильным барабаном к отбойному биту, который подаёт его на соломотряс. Соломотряс, перебрасывая ворох в направлении от барабана к соломокопнителю, выделяет мелкий ворох, который по глухому днищу клавиш поступает на очистку комбайна. Транспортная доска и верхнее решето с удлинителем, как единый транспортно-сепарирующий рабочий орган, совершают колебательное движение, а через решето и удлинитель продувается воздушный поток, создаваемый вентилятором.

Таким образом, происходит отделение примесей от зерна, которое просевается через верхнее, затем через нижнее решёта и по скатной доске поступает в зерновой шнек и транспортируется в бункер. Солоmistые частицы и солома подхватываются воздушным потоком и выносятся в копнитель, а не обмолоченные колосья попадают на удлинитель верхнего решета, проваливаются через его отверстия в колосовой шнек и транспортируются на повторный обмолот.

2 Расчет прихода ускорения барабана

Основы теории и технологического расчёта молотильных аппаратов были разработаны российскими учеными академиком В.П. Горячкиным, профессорами М.А Пустыгиным., Н.С. Комаровым и др.

Как видно из технологического процесса работы молотильного аппарата, выделение зерна из колоса происходит за счет удара, перетирания и сжатия колосьев в молотильном зазоре. Как сформулировал академик В.П. Горячкин, энергия работающего молотильного барабана расходуется на ударное изменение скорости обмолачиваемых колосьев, масса которых непрерывно присоединяется к массе барабана и затем покидает его. Если обозначить силу удара P_1 , время действия удара dt , массу по которой производится удар dm и окружную скорость барабана v , то, используя теорему механики об импульсе силы, можно записать:

$$P_1 \cdot dt = dm \cdot v \quad (1)$$

откуда:

$$P_1 = \frac{dm}{dt} \cdot v, \quad (2)$$

где $\frac{dm}{dt} = m'$ - секундная подача массы в молотилку.

Так как, кроме удара барабан производит перетирание массы, то полная сила воздействия барабана на обмолачиваемую массу будет:

$$P = m' \cdot v + P \cdot f, \quad (3)$$

где f -коэффициент перетирания.

Из выражения (3) видно, что:

$$P = \frac{m' \cdot v}{1-f} \quad (4)$$

Мощность, расходуемая барабаном на обмолот, равна $P \cdot v$, или:

$$N = \frac{m' \cdot v^2}{1-f} \quad (5)$$

Помня о том, что барабан совершает вращательное движение, последнее выражение можно записать в виде:

$$N = J \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{m' \cdot v^2}{1-f} \quad (6)$$

Это выражение называется уравнением академика В.П. Горячкина для молотильного барабана и определяет расход мощности только на выполнение технологического процесса обмолота. Это уравнение можно интерпретировать следующим образом: мощность развиваемая двигателем комбайна передается барабану, который расходует ее для своего ускорения, но ускорение поглощается подачей хлебной массы и барабан вращается равномерно.

Затраты энергии на преодоление барабаном вредных сопротивлений определяются по формуле

$$N_1 = A\omega + B\omega^3, \quad (7)$$

где $A\omega$ – мощность, необходимая для преодоления трения в подшипниках, $B\omega^3$ – мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха.

3 Расчет расхода ускорения барабана

Из уравнения В.П. Горячкина находится критическая угловая скорость вращения молотильного барабана. Для её определения введено два понятия:

- 1) приход углового ускорения (кривая 1, рис.2.):

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{N}{J\omega} \quad (8)$$

- 2) расход углового ускорения (прямая 2, рис.2.):

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{m'v^2}{J\omega(1-f)} = \frac{m' \cdot \omega \cdot r_{\theta}^2}{J(1-f)}. \quad (9)$$

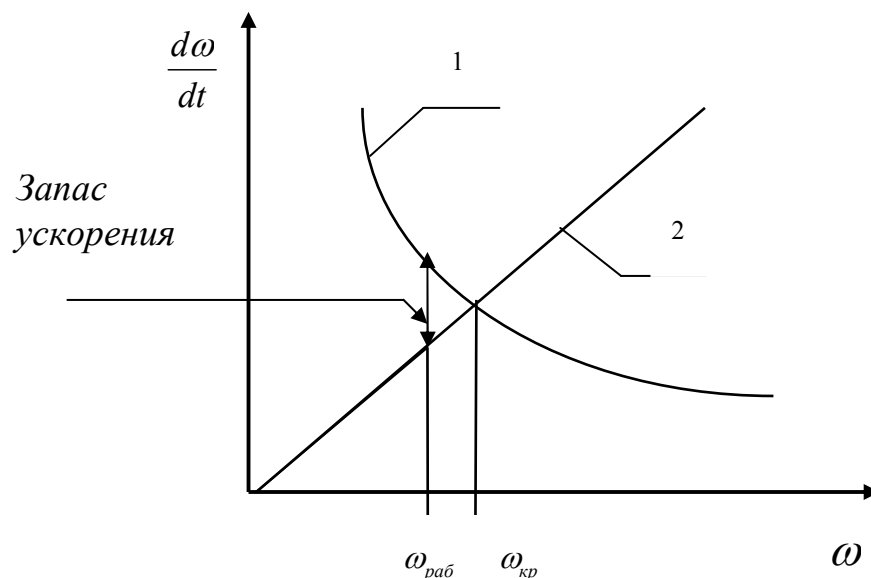


Рис.2. Графическое определение критической угловой скорости барабана

4 Расчет диаметра барабана

Равенство прихода и расхода угловых ускорений определяет критическую угловую скорость вращения молотильного барабана

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{N \cdot (1-f)}{m' \cdot r_{\bar{o}}^2}}, \quad (10)$$

где $r_{\bar{o}}$ - радиус молотильного барабана.

Для того чтобы приход ускорения был больше расхода, т.е. был бы запас ускорения на преодоление перегрузок, рабочая частота вращения молотильного барабана $\omega_{раб}$ должна быть меньше критической.

Лекция №8 (Л-8) (2 часа).

Тема: «Проектирование соломотряса»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Назначение, типы, рабочий процесс соломотрясов, размеры соломотрясов
2. Фазы отрыва (I уравнение соломотряса)
3. Предельный угол наклона клавиш
4. Уравнение движения. Скорость и ускорение клавиш
5. Фаза соударения (II уравнение соломотряса)
6. Область эффективных режимов работы

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Назначение, типы, рабочий процесс соломотрясов, размеры соломотрясов

Соломотряс первого типа (универсальный)

Соломотряс второго типа

Хорошо работает на длинносоломистых хлебах.

$$n^1 = 2n,$$

где n^1 - количество встряхиваний;

n - частота вращения кривошипа

n Достоинство – высокая производительность.

Наиболее распространены клавишные соломотрясы. Рабочим органом является клавиша, представляющая собой металлический короб с каскадами и жалюзными не регулируемые решетами на поверхности. У некоторых комбайнов короб делают с открытым днищем. Соломотряс может быть одно и двухвальный. В этом случае каждая точка соломотряса совершает круговые движения. Колеса вала соломотряса могут быть повернуты по разному. Если соседние колеса повернуты на 180^0 , то сразу несколько клавиш поднимают и подбрасывают массу и опускаются, а подающая солома встречается с другой группой клавиш. Чаще всего такую конструкцию имели пятиклавишные соломотрясы.

Пятиклавишные

Трех, шести клавишные

Четырехклавишные

Четырехклавишные «Нива», «Дон-1200»

Пятиклавишные «Дон-1500», «Колос»

2 группы I 3,4,6 клавишные для мелкосоломистой массы; II пятиклавишные.

Достоинства клавишных соломотрясов – простота, высокая степень выделения зерна из соломы. Недостатки – зависимость качественных показателей от угла наклона. Если комбайн движется в гору, солома с большой скоростью проходит по соломотрясу, частично этот недостаток устранен постановкой клавиш под углом к горизонту.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ КЛАВИШНОГО СОЛОМОТРЕСА

Ширина соломотряса устанавливают в соответствии с длиной и типом молотильного аппарата, а так же общей компоновкой. При большом барабане

$B_c = L_6$, а при зубовом $B_c = (1,4 \dots 1,6) L_6$.

Длина соломотряса должна быть такой, чтобы за время обработки слоя вороха на соломотрясе из соломы должно быть выделено зерно или потери не выше допустимых.

Толщину слоя соломы на клавишах H_c можно подсчитать:

$$H_c = \frac{V}{B_c \cdot V_{cp}} = H_c = \frac{q \cdot (1 - \beta)}{\gamma \cdot B_c \cdot v_{cp}}, \quad (1)$$

где V – объем соломы, поступающей в единицу времени на соломотряс;

v_{cp} – средняя скорость перемещения массы B_c , м/с;

V_{cp} – средняя скорость продвижения массы;

q – подача хлебной массы в молотилку;

β – относительное содержание зерна в хлебной массе.;

$q \cdot (1 - \beta)$ – вес соломы, поступающей на соломотряс в единицу времени.

Длина соломотряса.

Требование потери зерна в копнителе должны быть \leq потерь зерна допустимых:

$$P_{здон} = \frac{q_{зкоп}}{q_{зм}} \cdot 100 = 1,25\%,$$

где $q_{зкоп}$ – подача зерна в солому копнителя;

$q_{зм}$ – подача зерна в молотилку.

$$q_{зyo} = q_{зyo} \cdot e^{-\mu y_o},$$

где μ – коэффициент сепарации, равный 0,6-1,8 м⁻¹.

$$L_c = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{q_{зyo}}{q_{зсдоо}};$$

$$q_{зyo} = \frac{(100 - v) \cdot q_{зм}}{100}, \text{ кг/с,}$$

где v – количество зерна, выделенное через подбарабанье.

$$q_{зсдоо} = \frac{P_{здон}}{100} \cdot q_{зy}$$

$$L_c = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{(100 - v)}{P_{здопуст}}$$

$$L_c = V_{(my)cp} \cdot T,$$

где $V_{(my)cp}$ – средняя скорость перемещения вороха по C ;

T - время нахождения вороха на соломотрясе.

$$T = \frac{\vartheta}{n^1 \cdot 60},$$

где n^1 - количество ударов в минуту:

$n^1 = n$ - соломотряс I типа,

$n^1 = 2n$ - соломотряс II типа;

ϑ - количество встряхиваний, необходимое для выделения зерна из соломы:

$$\vartheta = \vartheta_0 \cdot \sqrt{\frac{H}{H_0}},$$

где H - фактическая толщина слоя;

H_0 - приведенная толщина слоя, равная 15 см для выделения зерна из соломы при $\vartheta_0 = 40$ числе встряхиваний.

2. Фазы отрыва (I уравнение соломотряса)

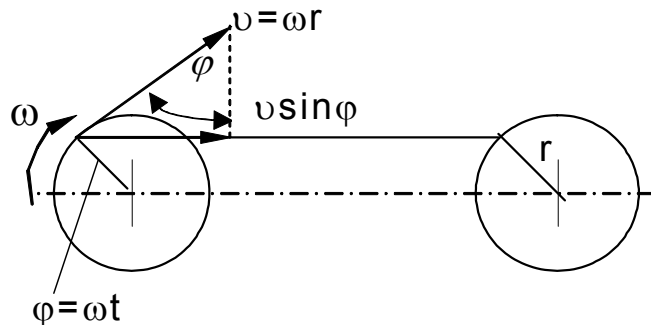


Рис.3. Схема для определения дальности полета частицы

Дальность полёта частицы (рис.3) за один оборот определится как произведение проекции скорости v на поверхность клавиши на время полёта t :

$$S = v \cdot \sin \varphi \cdot t, \quad (12)$$

допуская небольшую погрешность, можно принять $t = \frac{\tau}{2}$.

Время одного оборота вала соломотряса - $\tau = \frac{2\pi}{\omega}$, следовательно: $t = \frac{\pi}{\omega}$,

$$S = \frac{\pi}{\omega} \cdot v \cdot \sin \varphi \cdot t = \frac{\pi}{\omega}, S = \frac{\pi}{\omega} v \cdot \sin \varphi$$

Для определения угла, при котором начинается отрыв частицы от поверхности клавиши, рассмотрим силы, действующие на частицу (рис.4).

3. Предельный угол наклона клавиш

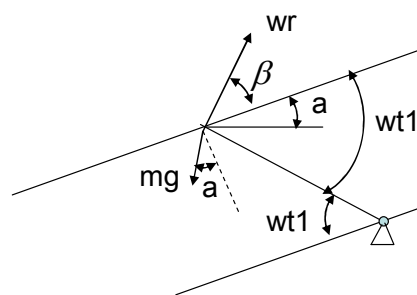
Изменяя угол наклона клавиши можно задать режим работы соломотряса.

∠a Влияет на момент отрыва материала и на траекторию полёта материала

∠a Желательно увеличить (a=25%) – короткопоставленные соломотрясы.

4. Предельный угол наклона клавиш

Предельный угол наклона клавиш определяется из условия при котором прекращается перемещение материала вдоль клавиши.



$$\beta = \frac{\pi}{2} - wt_1 + a$$

Если $\beta = \frac{\pi}{2}$, то прекраща

ется перемещение материала вдоль клавиши

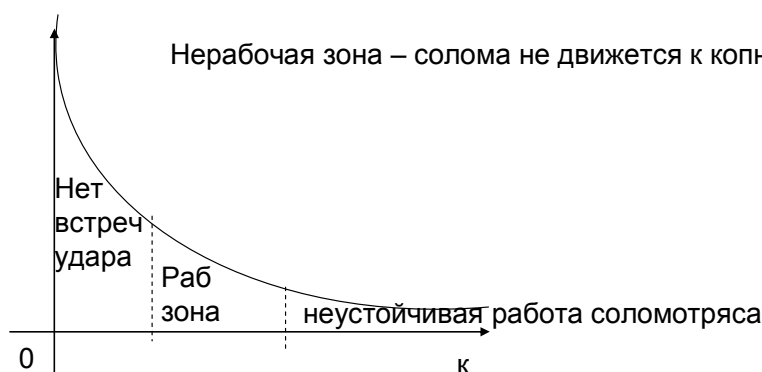
$$\frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} - wt_1 + a$$

$$a_{пред} = wt_1$$

$$a_{nped} = \arcsin \frac{\cos a_{np}}{K}; \quad \sin a_{np} = \frac{\cos a_{np}}{K}$$

$$a_{nped} = \arctg \frac{1}{K} \quad Tg \cdot \frac{\sin a_{np}}{\cos a_{np}} = \frac{1}{K}$$

Представим полученную зависимость графически



Вертикальная составляющая центробежной силы инерции $m\omega^2 r \cdot \sin \varphi$ стремится оторвать частицу от поверхности клавиши, преодолевая силу тяжести mg . Отрыв частицы начнётся при условии что вертикальная составляющая центробежной силы равна силе тяжести : $mg = m\omega^2 r \cdot \sin \varphi$

откуда: $\sin \varphi = \frac{g}{\omega^2 r}$

Подставляя последнее выражение в формулу для определения S, и заменив ω на ωt , получим $S = \frac{\pi g}{\omega^2}$

Поскольку солома по клавишам перемещается сплошным слоем, а не отдельным и частицами, то длина клавиши определится: $\ell_c = S \cdot n_e \cdot \alpha$, где α - коэффициент, учитывающий движение соломы по клавише связным слоем.

$$\ell = \frac{\pi \cdot g}{\omega^2} \cdot n_e \cdot \alpha \quad (13)$$

Режим работы соломотряса характеризуется показателем режима работы $k = \frac{\omega^2 \cdot r}{g}$, представляющим собой отношение центростремительного ускорения точек поверхности клавиши к ускорению свободного падения. Для различного состояния вороха (влажность, содержание зерна, длина частиц и т.д.) наивыгоднейшая величина k, обеспечивающая минимум потерь зерна, колеблется в пределах от 1,7 до 3,3.

Частота вращения коленчатого вала соломотряса определяется из формулы для определения k :

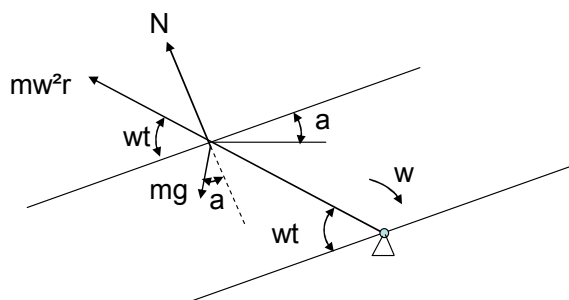
$$\omega = \sqrt{\frac{kg}{r}}, \text{ где } r - \text{ радиус коленчатого вала соломотряса.}$$

4. Уравнение движения. Скорость и ускорение клавиш

3. Фаза отрыва (1-е уравнение соломотряса)

При работе материал должен оторваться от поверхности клавиш.

Изобразим участок рабочей поверхности клавиши. Покажем что клавиша перешла из начального положения на угол wt



a - угол наклона клавиши и горизонту. На клавише возьмём частицу и покажем действующие на неё силы

Mw^2r – центробежная сила

Mg – сила тяжести const ;

N – нормальная реакция

При $N = 0$ – отрыв частицы

$$N = mg \cos a - mw^2r \sin wt; \quad \sin wt_1 = \frac{g}{w^2r} \cos a$$

wt_1 -фаза отрыва материала от поверхности клавиши. Введём показатель кинематического режима (показатель режима работы)

$$K = \frac{w^2r}{g}; \quad wt_1 = \arcsin \frac{\cos a}{K}$$

Ворох, поступающий из молотильного аппарата, на соломотрясе подвергается следующим друг за другом встряхиваниям и ворошению, при каждом из которых слой перемещается вдоль соломотряса к выходу из молотилки. Качество работы соломотряса определяется его размерами и режимом работы. Ширина соломотряса при бильном молотильном аппарате принимается равной или на 10% больше длины молотильного барабана:

$$B_c = (1,0 \dots 1,1) \ell_c \quad (11)$$

Длина ℓ_c соломотряса должна быть такой, чтобы при обработке слоя вороха потери зерна с соломой не превышали допустимых значений. Для определения длины клавишного соломотряса введём следующие обозначения:

S – дальность полёта частицы за один оборот коленчатого вала соломотряса;

φ – угол начала полёта, при котором начинается отрыв хлебной массы от поверхности клавиши;

v – скорость хлебной массы в момент отрыва от клавиши;

r – радиус коленчатого вала соломотряса;

n_b – число встряхиваний, необходимое для выделения зерна из слоя соломы.

5. Фаза соударения (II уравнение соломотряса)

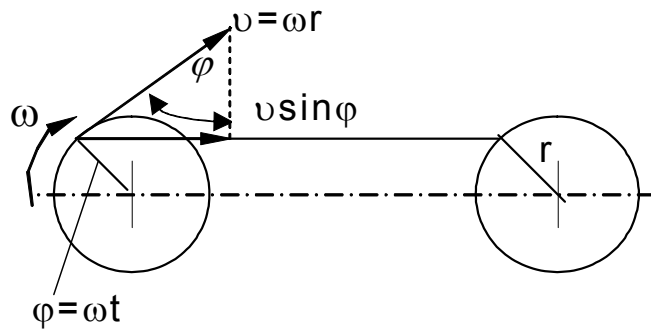


Рис.3. Схема для определения дальности полета частицы

Дальность полёта частицы (рис.3) за один оборот определится как произведение проекции скорости v на поверхность клавиши на время полёта t :

$$S = v \cdot \sin \varphi \cdot t, \quad (12)$$

допуская небольшую погрешность, можно принять $t = \frac{\tau}{2}$.

Время одного оборота вала соломотряса - $\tau = \frac{2\pi}{\omega}$, следовательно: $t = \frac{\pi}{\omega}$,

$$S = \frac{\pi}{\omega} \cdot v \cdot \sin \varphi \cdot t = \frac{\pi}{\omega}, S = \frac{\pi}{\omega} v \cdot \sin \varphi$$

Для определения угла, при котором начинается отрыв частицы от поверхности клавиши, рассмотрим силы, действующие на частицу (рис.4).

6. Область эффективных режимов работы

Вертикальная составляющая центробежной силы инерции $m\omega^2 r \cdot \sin \varphi$ стремится оторвать частицу от поверхности клавиши, преодолевая силу тяжести mg . Отрыв частицы начнётся при условии что вертикальная составляющая центробежной силы равна силе тяжести : $mg = m\omega^2 r \cdot \sin \varphi$

$$\text{откуда: } \sin \varphi = \frac{g}{\omega^2 r}$$

Подставляя последнее выражение в формулу для определения S , и заменив v на ωr , получим $S = \frac{\pi g}{\omega^2}$

Поскольку солома по клавишам перемещается сплошным слоем, а не отдельным и частицами, то длина клавиши определится: $\ell_c = S \cdot n_g \cdot \alpha$, где α - коэффициент, учитывающий движение соломы по клавише связным слоем.

$$\ell = \frac{\pi \cdot g}{\omega^2} \cdot n_{\text{с}} \cdot \alpha \quad (13)$$

Режим работы соломотряса характеризуется показателем режима работы $k = \frac{\omega^2 \cdot r}{g}$, представляющим собой отношение центростремительного ускорения точек

поверхности клавиши к ускорению свободного падения. Для различного состояния вороха (влажность, содержание зерна, длина частиц и т.д.) наивыгоднейшая величина k , обеспечивающая минимум потерь зерна, колеблется в пределах от 1,7 до 3,3.

Частота вращения коленчатого вала соломотряса определяется из формулы для определения k :

$$\omega = \sqrt{\frac{k \cdot g}{r}}, \text{ где } r - \text{ радиус коленчатого вала соломотряса.}$$

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Не предусмотрено

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие №1, 2, 3 (6 часа).

Тема: «Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга»

3.1.1 Задание для работы:

1. Построение лобового контура корпуса плуга
2. Построение направляющей параболы корпуса плуга
3. Построение горизонтальной проекции корпуса плуга

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: по исходным данным заданного варианта спроектировать лемешно-отвальную поверхность культурного или полувинтового типа.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Тип отвала: К - культурный, П - полувинтовой.
2. Ширина захвата корпуса b = см
3. Глубина пахоты a = см
4. Угол линии лезвия лемеха со стенкой борозды γ_0 = град.
5. Угол верхней образующей со стенкой борозды γ_{\max} = град.
6. Угол образующей, расположенной в стыке лемеха с отвалом, со стенкой борозды γ_{\min} = град.

7. Угол наклона лемеха ко дну борозды	$\varepsilon =$ град.
8. Вылет направляющей кривой (параболы)	$L =$ мм
9. Угол между касательными к крайним точкам направляющей кривой (параболы) – для культурного отвала	$\omega = 115$ град
для полувинтового отвала	$\omega = 110$ град
10. Ширина плоской части лемеха	$S =$ мм
11. Ширина лемеха	$t =$ мм
12. Масштаб	1:2.5

ТРЕБУЕТСЯ ВЫПОЛНИТЬ:

1. Построить в вертикальной плоскости проекций: профиль борозды; лобовой контур корпуса; направляющую кривую - параболу; график изменения углов образующих со стенкой борозды.
2. Построить горизонтальную проекцию корпуса.
3. Построить продольно-вертикальную проекцию корпуса плуга.
4. Построить кривые шаблонов (кривые ортогональных сечений).
5. Построить развертку отвала.
6. Определить углы α , β и γ для заданной преподавателем точки на рабочей поверхности корпуса плуга.

Графическая часть работы выполняется на листе ватмана формата А1 в заданном масштабе.

Пояснительная записка должна содержать исходные данные и необходимые для графических построений аналитические расчеты. Объем записки 3...5 стр. формата А4.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Построение профиля борозды

На расстоянии $H_{\max} + 20$ мм (H_{\max} берется в масштабе) от верхнего обреза листа формата А1 проводится горизонтальная линия - дно борозды. Находим середину полученного отрезка и проводим вертикальную линию - стенку борозды. От точки А (их пересечения) вверх направляется ось Z. По вертикали откладывается глубина пахоты а, по горизонтали - ширина захвата корпуса b; получается прямоугольник ABCD, определяющий сечение пласта.

Под воздействием корпуса плуга этот пласт будет последовательно перемещаться так: вначале он повернется относительно ребра D, а затем, когда примет вертикальное положение DA'B'C', повернется вокруг ребра C' до совмещения точки В с линией поверхности поля. Пласт ляжет на ранее отваленный и займет устойчивое положение в борозде. Ломаная линия BAC'D'A" представляет собой профиль борозды, в который вписывают лобовой контур корпуса.

Поскольку во время перемещения пласт деформируется, происходит его разуплотнение и размеры пласта увеличиваются. На положение отваленного пласта влияет размер а, поэтому построим кинематику движения пласта с увеличенным размером, равным $(a + 25 \text{ мм}) \times b$.

2. Построение лобового контура (поперечно-вертикальной проекции) корпуса,

Лезвие лемеха совпадает с линией дна борозды AD и для его построения достаточно к ширине захвата корпуса b прибавить величину $\Delta b = 25$ мм (перекрытие корпуса), получим точку J. Верхняя точка K полевого обреза находится на высоте b от дна борозды (от точки А). От

стенки борозды полевой обрез отклонен на 10 мм, это облегчает установку на раме плуга предплужника и дискового ножа, а также предохраняет стенку борозды от задираания полевым обрезом корпуса. На вертикальной прямой DA' находим точку E - самую верхнюю точку верхнего обреза отвала. Отрезок DE равен величине $H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2}$ (диагональ пласта). Из середины отрезка KE восстанавливают перпендикуляр до пересечения с продолжением вертикального отрезка DE и находят точку F . Из точки F радиусом, равным отрезку FE , проводим дугу окружности EK .

Точка L верхнего обреза отвала расположена на расстоянии $0,5b$ от точки A'' отвального пласта. Из середины отрезка EL восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с отрезком $A'D$ и находим точку N . Радиусом NE проводим дугу окружности EL и заканчиваем построение верхнего обреза отвала. Бороздной обрез отвала LG проводится из точки L параллельно ребру $A''D'$ отвального пласта с размерами axb . Бороздной обрез лемеха может быть построен после того как будет построена направляющая кривая (парабола).

3. Построение направляющей кривой (параболы).

Образование поверхности корпуса плуга осуществляется поступательным перемещением горизонтальной прямой линии (образующей) по некоторой криволинейной направляющей (параболе), расположенной в вертикальной плоскости перпендикулярной лезвию лемеха.

Вылет L направляющей кривой и её высота h определяется в зависимости от радиуса R и угла ϵ

$$L = R \times (1 - \sin \epsilon), \text{см} \quad (1.2)$$

Для построения параболы оба отрезка M_0m и Mm делят на равное количество частей каждый (причем на отрезке Mm величина S исключается). Соединив далее одноименные точки прямыми линиями (1-ю с 1-ой; 2-ю со 2-ой и т.д.) вписывают параболу в полученный многогранник. На полученной кривой - параболе из точки M откладывается ширина лемеха t (точка r). Точка r проектируется с параболы на линию LG бороздного обреза отвала. Получаем точку G , стык бороздного обреза отвала и бороздного обреза лемеха. Далее проводят линию GU стыка лемеха с отвалом. Точку G соединяем с точкой J - получаем линию GJ - бороздовой обреза лемеха.

4. Вычисление углов между образующими и стенкой борозды.

Для этого на поперечно-вертикальной проекции корпуса строят образующие через характерные точки проекции (точки стыка, точки перегиба), а также между ними. Для расчета углов выбираем нулевую точку (начало отсчета) - точку U на высоте стыка лемеха с отвалом. Вниз от нулевой точки проводят три образующие $1'-1'$; $2'-2'$ и $3'-3'$ (совпадает с лезвием лемеха) на равном расстоянии друг от друга. Вверх по оси Z от начала координат O проводят образующие $1-1$; $2-2$; $3-3$ и т.д. Последняя образующая проходит через верхнюю точку отвала E . Образующую также проводят через верхнюю точку K полевого обреза и точку L бороздового обреза.

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

$$y = 6,2 \times Z^2 \times (Z^2 + 100)^{-1}, \text{см} \quad (1.4)$$

где Z - абсциссы, определяющие расстояние от нулевой точки U (вверх или вниз) до очередной образующей, см;

y - соответствующие ординаты, определяющие приращения углов γ в масштабе, условно выраженном в см.

Измеряя на чертеже значение Z от нулевой точки до очередной образующей и переводя его через масштаб в истинную величину подставляем его в формулу (1.4), получаем соответствующие значения γ . Расчет проводят для нижней и верхней ветвей кривой. Для определения значений углов γ от γ_{\min} до γ_0 (нижняя ветвь) и от γ_{\min} до γ_{\min} (верхняя ветвь) необходимо определить масштаб для величины γ - $\mu = \Delta\gamma \times (\Delta y)^{-1}$, град./см.

Для верхней ветви кривой:

$$\Delta\gamma = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}; \Delta y = y_{\max} - y_{\min}$$

Так как $y_{\min} = 0$, то масштаб $\mu = \Delta\gamma \times (y_{\max})^{-1} =$, град/см.

Масштаб μ ординат показывает, какое число градусов и минут приходится на 1 см изменения y .

Далее подсчитывают промежуточные значения углов для соответствующих образующих

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + \mu \times y_1 = \quad (1.5)$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + \mu \times y_2 =$$

$$\gamma_3 = \gamma_{\min} + \mu \times y_3 =$$

$$\gamma_4 = \gamma_{\min} + \mu \times y_4 =$$

$$\gamma_5 = \gamma_{\min} + \mu \times y_5 =$$

$$\gamma_6 = \gamma_{\min} + \mu \times y_6 =$$

$$\gamma_7 = \gamma_{\min} + \mu \times y_7 =$$

$$\gamma_8 = \gamma_{\min} + \mu \times y_8 =$$

где y_1, y_2, y_3, \dots и т.д. - соответствующие ординаты рассчитанные по формуле 1.4 для каждой образующей.

Для нижней ветви кривой рассчитываем масштаб $\mu = \Delta\gamma \times (\Delta y)^{-1}$, град/см.

$$\Delta\gamma = \gamma_0 - \gamma_{\min}; \Delta y = y_3 - y_{\min} = y_3$$

Т.к. $y_{\min} = 0$, то масштаб $\mu = \Delta\gamma \times (y_3)^{-1} =$, град/см. Тогда

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + \mu \times y_1 =$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + \mu \times y_2 =$$

$$\gamma_3 = \gamma_{\min} + \mu \times y_3 = \gamma_0 =$$

Расчетные величины сводят в таблицу.

Таблица 1.2

Расчетные значения углов образующих со стенкой борозды

Верхняя ветвь параболы						Нижняя ветвь параболы					
образующая	Z, см	Y, см	γ , град.	$\text{tg } \gamma$	$100\text{tg } \gamma$, мм	образующая	Z, см	y, см	γ , град.	$\text{tg } \gamma$	$100\text{tg } \gamma$, мм
1-1						1-1					
2-2						2-2					
3-3						3-3					
4-4											
5-5											
6-6											
7-7											
8-8											

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

$$y = Z^2 \times (2P)^{-1} \quad (1.6)$$

где Z - абсциссы, определяющие расстояние от нулевой точки O (вверх или вниз) до очередной образующей, см;

y -соответствующие ординаты, определяющие приращения углов y в масштабе, условно выраженном в см;

P - параметр, определяемый в зависимости от выбираемого масштаба μ .

Для верхней ветви кривой:

$$\Delta\gamma = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}; \quad \Delta y = y_{\max} - y_{\min} = y_{\max}, \text{ т.к. } y_{\min} = 0.$$

Принимаем масштаб $\mu = 1$ град/см.

$$\mu = \Delta\gamma \times (\Delta y)^{-1} = 1, \text{ или } y_{\max} = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}$$

Подставим в уравнение (1.6) значение y_{\max} , получим

$$\gamma_{\max} - \gamma_{\min} = Z_{\max}^2 \times (2P)^{-1};$$

откуда

$$2P = Z_{\max}^2 \times (\gamma_{\max} - \gamma_{\min})^{-1},$$

где Z_{\max} - расстояние от нулевой точки до верхней образующей, см

Подставляя соответствующие величины Z в уравнение (1.6), определяем значения y . Например:

$$\begin{aligned} y_1 &= Z_1^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_2 &= Z_2^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_3 &= Z_3^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_4 &= Z_4^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_5 &= Z_5^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_6 &= Z_6^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_7 &= Z_7^2 \times (2P)^{-1} = ; \\ y_{\max} &= Z_{\max}^2 \times (2P)^{-1} = , \text{ см} \end{aligned}$$

Далее подсчитывают промежуточные значения углов γ (от γ_{\min} до γ_{\max}):

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_1 = \\ \gamma_2 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_2 = \\ \gamma_3 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_3 = \\ \gamma_4 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_4 = \\ \gamma_5 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_5 = \\ \gamma_6 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_6 = \\ \gamma_7 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_7 = \\ \gamma_{\max} &= \gamma_{\min} + 1 \times y_{\max} = \end{aligned} \quad (1.7)$$

Для нижней ветви кривой:

$$\Delta\gamma = \gamma_0 - \gamma_{\min}; \quad \Delta y = y_3 - y_{\min} = y_3 \quad \text{т.к. } y_{\min} = 0$$

Масштаб оставляем тот же $\mu = 1$ град/см

$$\Delta\gamma \times (\Delta y)^{-1} = \Delta\gamma \times (y_3)^{-1} = 1, \text{ или } y_3 = \gamma_0 - \gamma_{\min}; \quad 2P = Z^2 \times (\gamma_0 - \gamma_{\min})^{-1}$$

Тогда параметр

$$2P = Z_{\max}^2 \times (y_3)^{-1} = Z_{\max}^2 \times (\gamma_0 - \gamma_{\min})^{-1}, \quad (1.8)$$

где Z_{\max} - расстояние от начала координат до лезвия лемеха, см

Подставляя соответствующие величины Z в уравнение (1.6), определяют значения y_1, y_2, y_3 .

Затем подсчитывают промежуточные значения углов γ (от γ_{\min} до γ_0):

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_1 = \\ \gamma_2 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_2 = \\ \gamma_3 &= \gamma_{\min} + 1 \times y_3 = \gamma_0 = \end{aligned}$$

Расчетные величины сводят в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Расчетные значения углов образующих со стенкой борозды

Верхняя ветвь параболы						Нижняя ветвь параболы					
образующая	Z, см	У, см	γ , град.	$\text{tg } \gamma$	100 $\text{tg } \gamma$, мм мм	образующая	Z, см	у, см	γ , град.	$\text{tg } \gamma$	100 $\text{tg } \gamma$, мм
1-1						1-1					
2-2						2-2					
3-3						3-3					
4-4											
5-5											
6-6											
7-7											
8-8											

5. Построение графика изменения тангенсов углов образующих со стенкой борозды

Закон изменения углов образующих можно выразить зависимостью $\gamma = f(Z)$, где Z определяет высоту расположения очередной образующей от нулевой точки U (образующая $O-O$). Функцию $\gamma = f(Z)$ удобнее выразить в графической форме.

Как было указано раньше, углы γ образующих со стенкой борозды изменяются по законам парабол, выраженных формулами 1.4 и 1.6. Для того чтобы не загромождать вертикальную проекцию чертежа, удобнее этот график расположить в левом верхнем углу листа, используя уже нанесенные ранее образующие.

Так как в формулах 1.4 и 1.6 y является ординатами, определяющими приращение γ в масштабе, условно выраженном в см, то по оси y откладывают значения $100\text{tg } \gamma$ в масштабе $\text{tg } 45^\circ = 100$ мм, взятыми из таблиц 1.2 и 1.3. соединив полученные точки, получаем диаграмму тангенсов.

6. Построение горизонтальной проекции

Для этого необходимо воспользоваться поперечно-вертикальной проекцией, направляющей кривой (параболой) и построенной диаграммой тангенсов углов образующих со стенкой борозды.

На направляющую кривую (параболу) MM_0 с лобового контура корпуса сносятся все образующие ($t''-t''$; $t'-t'$; $O-O$; t_1-t_1 ; t_2-t_2 и т.д.)

Затем в четвертом квадранте из начала координат под заданным углом γ_0 к линии стенки борозды проводится линия лезвия лемеха (с ней совпадает образующая $3'-3'$ в плане). Горизонтальный след $T-T$ плоскости направляющей кривой проводится перпендикулярно к лезвию лемеха для культурных отвалов на расстоянии $(2/3) \times L_{\text{л.раб.}}$ (рабочей длины) от носка лемеха; для полувинтовых отвалов - в конце его рабочей длины $L_{\text{л.раб.}}$

На след этой плоскости с направляющей кривой сносят отрезки $t''-t''$; $t'-t'$; $O-O$; t_1-t_1 ; t_2-t_2 и т.д. из вертикальной проекции направляющей кривой (отрезки откладываем, начиная от точки пересечения плоскости F-F с лезвием лемеха).

На плоскость F-F относится также величина отрезка $г-г$, представляющая собой проекцию ширины лемеха в плане. Параллельно лезвию лемеха с отвалом и на эту линию из вертикальной проекции проектируется точка N ($г$). Точку A_2 соединяют с точкой $г$ - получают горизонтальную проекцию бороздного обреза лемеха. Из точек t'' ; t' ; O ; t_1 ; t_2 и т.д. проводят вертикальные прямые длиной 100 мм, затем перпендикулярно им вправо откладывают отрезки, равные $100 \operatorname{tg} \gamma_2$; $100 \operatorname{tg} \gamma_1$, $100 \operatorname{tg} \gamma_2$, $100 \operatorname{tg} \gamma_2$ и т.д. используя построенную диаграмму тангенсов.

Через полученные две точки (t'' и конец отрезка $100 \operatorname{tg} \gamma_2'$ и т.д.) проводят соответствующие образующие в плане. Затем на них с поперечно-вертикальной проекции проектируют точки пересечения контура отвала с образующими. Соединяя последовательно полученные точки (1,2,3 и т.д.) плавной кривой, получают контур отвала в плане (горизонтальную проекцию).

7. Построение продольно-вертикальной проекции корпуса.

Для построения продольно-вертикальной проекции корпуса в третьем квадранте параллельно оси X проводим образующие на том же расстоянии, что на поперечно-вертикальной проекции. Затем на образующие сносим с горизонтальной проекции соответствующие точки. Соединив полученные точки (1,2,3 и т.д.) получим продольно-вертикальную проекцию корпуса.

8. Построение кривых ортогональных сечений (шаблонов).

Для проверки изготовленных моделей, штампов, а также правильности уже изготовленных отвалов делают шаблоны. Строят кривые шаблонов по сечениям поверхности вертикальными плоскостями I-I, II-II, III-III и т.д. перпендикулярными лезвию лемеха.

Горизонтальную проекцию рассекают четырнадцатью плоскостями, проведенными перпендикулярно линии лезвия лемеха. Причем плоскости должны проходить через характерные точки корпуса плуга.

Затем слева от вертикальной проекции вычерчивают все образующие. На эти образующие вначале сносят точки пересечения плоскости с линией лезвия лемеха, а потом расстояние от лезвия лемеха до пересечения плоскости V с очередной образующей. Полученные точки соединяются плавной кривой. По полученным таким образом кривым из листовой стали изготавливают отдельные шаблоны. В зависимости от назначения шаблоны для контроля правильности изготовленной поверхности делают выпуклые, а для проверки штампов - вогнутые.

9. Построение развертки отвала.

На основе полученных кривых ортогональных сечений выполним построение развертки отвала. Для этого на продолжении следов плоскостей I-I, II-II, III-III и т.д. откладываем вправо от лезвия лемеха длину соответствующих шаблонов и соединив последовательно крайние точки отложенных отрезков, получим развертку рабочей поверхности корпуса плуга.

3.1.3 Результаты и выводы:

Определение углов α , β и γ для заданной точки на рабочей поверхности корпуса плуга.

Для определения угла α через заданную точку провести вертикальную плоскость, параллельную направлению движения агрегата. Точки пересечения этой плоскости с образующими спроектировать на соответствующие образующие продольно-вертикальной проекции. Через полученные точки провести кривую и на нее спроектировать заданную точку. Провести касательную к кривой в заданной точке. Отметить угол α между касательной и осью X.

Угол β определяется аналогичным образом, но при этом вертикальная плоскость проводится перпендикулярно направлению движения.

Для определения угла γ необходимо знать высоту расположения образующей над дном борозды. Пользуясь диаграммой тангенсов, определим угол γ .

3.4 Практическое занятие №4, 5 (4 часа).

Тема: «Проектирование бороны»

3.4.1 Задание для работы:

1. На листе формата А4 в масштабе провести $m+1$ образующих развертки зубового поля.
2. Построить развертки многозаходных винтов: основного с K_1 числом заходов и дополнительного с K_2 .
3. Выделить на развертке звено бороны, проведя в соответствии с заданием поперечные и продольные планки;
4. Обозначить зубья бороны и провести их следы;
5. Указать неравномерно нагруженные зубья;
6. Изобразить продольно-вертикальную проекцию бороны и построить в масштабе схему действующих на звено сил.

3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить методику проектирования зубовых борон, рассчитать необходимое количество зубьев и построить схему их размещения на раме бороны.

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

ТРЕБУЕТСЯ ВЫПОЛНИТЬ:

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 ($h > h_1$).

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

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

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 ВС и т. С соединить с т. А и с т. Д.

Линия АС - развернутая линия основного винта.

Линия СД - развернутая линия дополнительного винта. Вправо и влево от наклонных линий проводим ряд наклонных прямых, параллельных АС и СД и удаленных друг от друга на расстоянии 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. Контур 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° 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 - $h_3 = 100...140$ мм;

средние - $h_3 = 150...200$ мм;

тяжелые - $h_3 = 220...300$ мм;

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

$$\alpha =$$

где α - 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:

$$Q_{\min} = R \operatorname{tg} \alpha, \quad Q_{\min} =$$

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

$$Q_{\phi} = n g, [\text{кгс}]; \quad Q_{\phi} =$$

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.

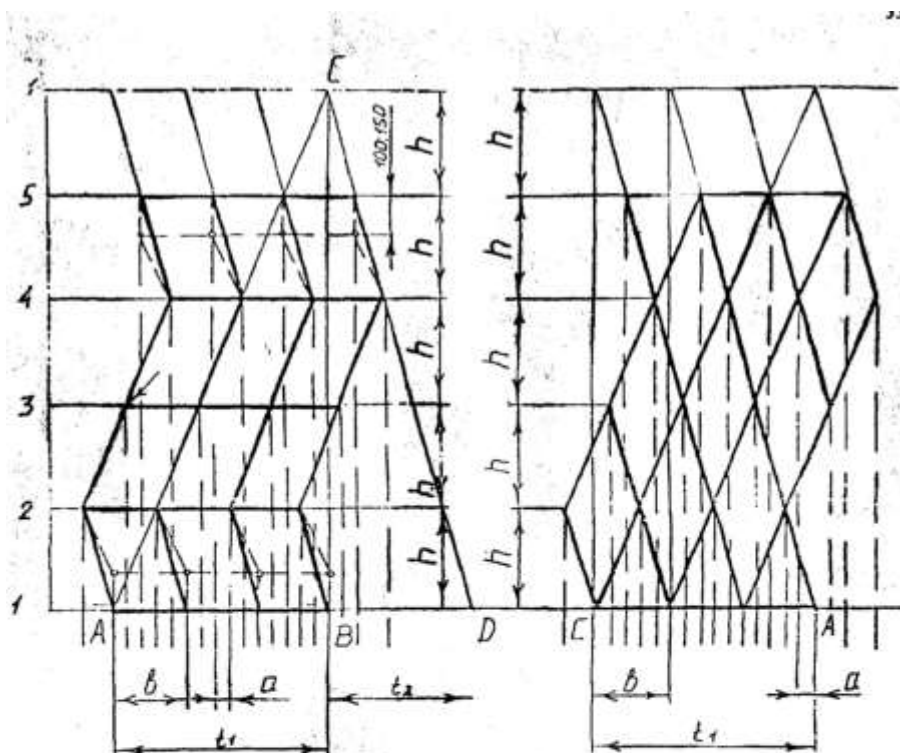


Рис. 1а. Зубовая борона типа "Зигзаг"

Рис. 1б. Зубовая борона с прямыми продольными планками

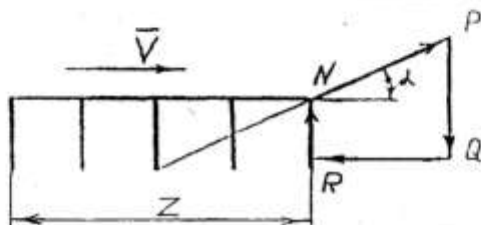


Рис. 2. Силы, действующие на борону

3.4.3 Результаты и выводы:

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 -

3.6 Практическое занятие №6, 7, 8 (6 часа).

Тема: «Определение приведенной толщины активного слоя высевающего аппарата»

3.6.1 Задание для работы:

1. Расчет параметров катушки
2. Расчет толщины приведенного слоя
3. Проведение исследований высевающего аппарата
4. Определение параметров сеялки

3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить рабочий процесс высева семян катушечным высевающим аппаратом и определить приведенную толщину активного слоя семян.

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ:

Лабораторная сеялка, весы, литровая емкость, нутромер, штангенциркуль, линейка, секундомер, ключи гаечные.

Исходные данные:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Марка сеялки | |
| 2. Высеваемая культура | |
| 3. Объемная масса семян | $\gamma = \quad \text{г/см}^3$ |
| 4. Передаточное число на вал высевающих аппаратов | $i = 1$ |
| 5. Рабочая длина катушки (установить и измерить) | $L = \quad \text{см}$ |
| 6. Число желобков катушки | $z = 12$ |
| 7. Площадь поперечного сечения желобка катушки | $f = 0.5 \text{ см}^2$ |
| 8. Диаметр высевающей катушки | $d = 49.5 \text{ мм}$ |
| 9. Число оборотов вала высевающих аппаратов | $n = 10$ |

ТРЕБУЕТСЯ ВЫПОЛНИТЬ

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 $t_{пр}$.

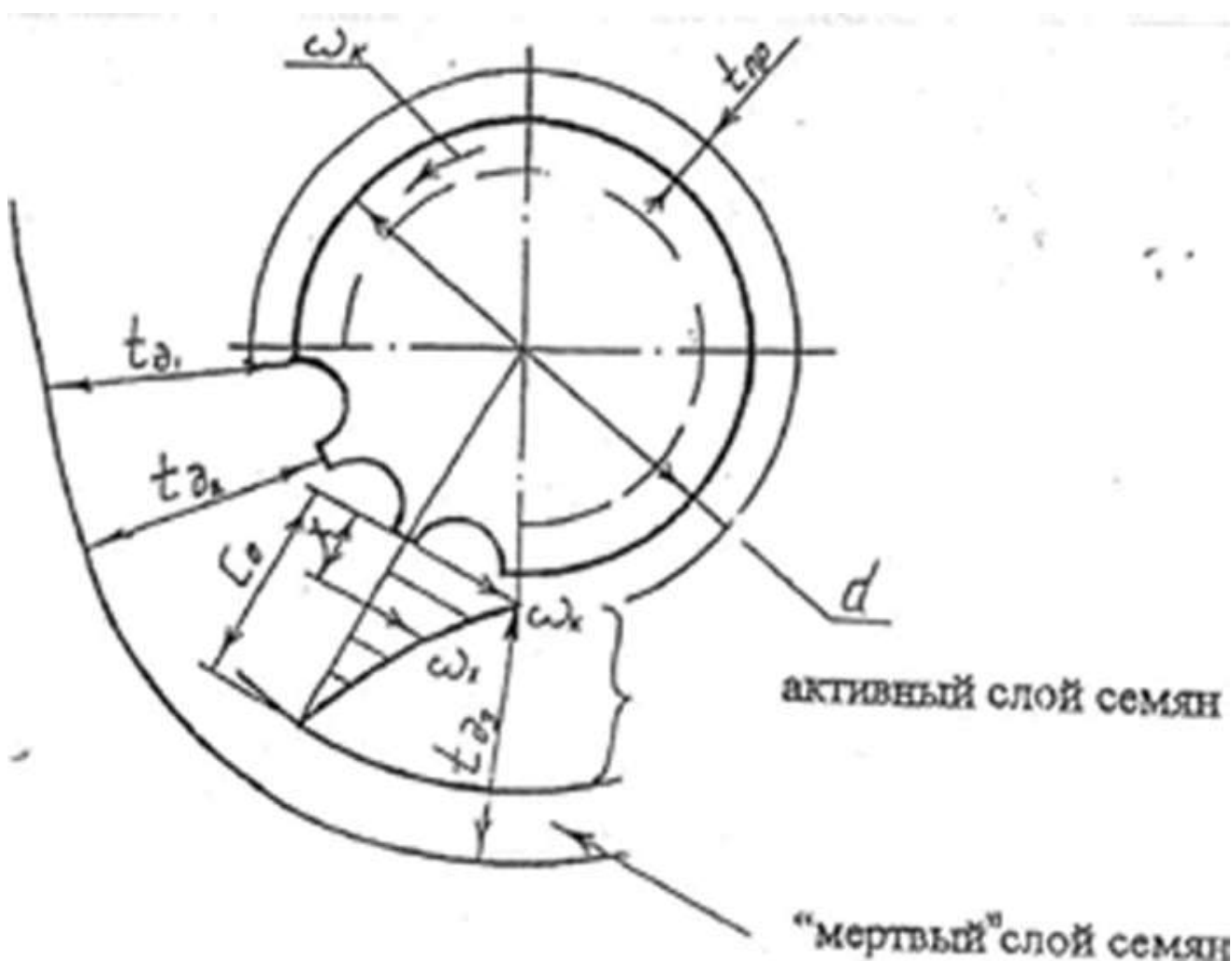
5. Определить неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами η .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

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

Рабочей частью высевающего аппарата является желобчатая катушка, устанавливаемая на валике в литом или штампованном 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, высеянных катушкой высевального 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 нутромером вылет катушек L исследуемых пяти высевальных 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

$$V_{ж} = z f L \beta \quad V_{ж} =$$

где β - коэффициент заполнения желобков

$\beta = 0.7...0.9$, чем мельче семена, тем он выше.

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

$$V_{ai} = V_{oi} - V_{ж}$$

4. Определить условную приведенную толщину активного слоя семян

$$t_{при} = \frac{V_{0i}}{\pi \cdot d \cdot L}$$

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 $t_{фпри}$ активного слоя определяется из выражения

$$t_{фпри} = t_{при} \cdot (m + 1);$$

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

$$\Delta Q_i = Q - Q_i$$

где i - номер высевающего аппарата

5.3 Определить процент неравномерности высева отдельными высевающими аппаратами

$$\eta_i = (\Delta Q_i / Q) \cdot 100\%$$

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.

3.6.3 Результаты и выводы:

ТАБЛИЦА

№ выс ев. апп а- рата	Масса семян за 10 оборотов вала Q_i , г	Объем семян, высеян- ных ка- тушкой за 1 оборот V_o , см ³	Объем семян высе- янных желоб- ками $V_{ж}$, см ³	Объем семян высе- янных актив- ным слоем V_a , см ³	Приведенная толщина активного слоя		Сред ний высев Q , гр	Откло нение от ср. высева ΔQ , гр	% неравн о- мернос ти высева η
					условная $t_{при}$, см	фактическая $t_{фпри}$, см			
1									
2									
3									
4									
5									

Заключение:

3.9 Практическое занятие №9 (2 часа).

Тема: «Типы режущих аппаратов»

3.9.1 Задание для работы:

1. Режущий аппарат Н-1
2. Режущий аппарат среднего резания
3. Режущий аппарат низкого резания

3.9.2 Краткое описание проводимого занятия:

ТИПЫ И ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Продолжительность завития — 2 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Листовой Г. Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины, М., «Колос», 1976.
2. Справочник конструктора сельхозмашин. Т. 2, М., 1961, стр. 260—266.
3. Практикум по сельхозмашинам, М., «Колос», 1971.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Определить параметры режущей пары косилки нормального резания.

Дано:

подача $h' = 60$ мм

ширина передней части сегмента $b = 16$ мм

Порядок расчета

1. Высота режущей части сегмента $L' = 0,75 h'$ (11)

2. Полная высота сегмента $L = L' + l =$ (12)

l — см. лекции.

3. Ширина сегмента

$$B = 2L' \operatorname{tg} \beta + \phi, \text{ мм} = \quad (13)$$

где $\beta = 29^\circ$ — угол наклона лезвия сегмента.

4. Ширина верхней части противорежущей пластины

$$b_1 = b + 5 \text{ мм} = \quad (14)$$

5. Высота противорежущей пластины

$$L_1 = L' + 3 \text{ мм.} \quad (15)$$

6. Ширина нижней части противорежущей пластины

$$B_1 = 2L_1 \operatorname{tg} \alpha + b_1 = \quad (16)$$

где $\alpha = 7^\circ 40'$ — угол наклона лезвия противорежущей пластины.

7. Ход ножа без учета дезаксиала

$$S = l - l_0 = \quad (17)$$

8. Ход ножа с учетом дезаксиала

$$S = \sqrt{(l_{\text{ш}} + r)^2 - h^2} - \sqrt{(l_{\text{ш}} - r)^2 - h^2} = \quad (18)$$

где $l_{\text{ш}}$ — длина шатуна и h — дезаксиал берутся по известным соотношениям (см. лекции).

II. По имеющимся характеристикам режущих аппаратов (табл. 1) определить:

1. Тип режущего аппарата.

2. Тип сегмента.

Условные обозначения:

Н-1	— нормальный однопробежный
Н-2	— нормальный двухпробежный;
Низк.	— низкого резания;
Ср.	— среднего резания;
Бп-2	— беспальцевый с двумя подвижными ножами.
Бп-1	— беспальцевый с одним подвижным ножом.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ

Параметры	М а р к и м а ш и н					
	ЖВН-0 ЖВН-10 ЖВ-4,6 ЖН-4,0 СК-1,1 СК-5 СК-6	К-2,1 КСП-2,1 КСХ-2,1 КПУ-6 КДП-4 КТН-6	ЖРС-4,9 ЖВН-6-12 ЖВС-6-12	ЖБА-3,5	ЖР-4,9 С-6	СК-2,6 УКСК-2,6 КС-2,6
Ширина основания сегмента, мм:						
переднего	16	16	16	16	6	—
заднего	76	76	76	76	101	90
Высота, мм:						
сегмента	80	80	80	80	70	85
лезвия	55	55	55	55	48	51
Угол доризона лезвия	29°	29°	29°	29°	44°40'	—
Шаг сегментов, мм	76,2	76,2	76,2	76,2	101,6	90
Шаг пальцев, мм:	76,2	76,2	76,2	76,2	50,8	90
Ход ножа	76,2	76,2	140	81	101,6	90
Тип сегмента						
Тип аппарата						

III. Заполнить в таблице 2 пропущенные данные.

Таблица 2

№ п/п	Машина	Тип аппарата	S, мм	t ₁ , мм	t ₀ , мм	Формула
1			90		90	
2	Рисовая жатка			76,2		
3	КН-14	Н-2			76,2	
4	С-1				76,2	
5	Косилки	низк.		76,2		
6	С-6					
7	РСМ-8	Бн-2	101,6			
8	Косилки			100		
9	Косилки		101,6		50,8	
10	Косилки		40	76,2	50,8	
11	Косилки		76,2	50	76,2	

1. Аппараты нормального резания.
2. Достоинства и недостатки режущих аппаратов низкого резания

Сегментные срезающие устройства Сегментные срезающие устройства наиболее распространены в уборочных машинах, в основу положены рабочие элементы - сегменты, установленные на специальной пластине.

Срезающие устройства устройства

Сегментные Ротационные

Сегменно-пальцевые

Сегментные беспальцевые Дисковые Комбинированные

Барабанные

Нормального резания 1 пробежные

Нормального резания 2 пробежные

Низкого резания

Среднего резания

Одно-ножевые

Двух-ножевые

Одно-дисковые

Двух-дисковые

С жесткими ножами

С шарнирными ножами

Роторно-ломающие¹⁵

Это группа срезающих устройств подпорного среза, когда в процессе резания участвуют режущая и противорежущая части устройства. При этом скорости резания равны 1 - 3 м/с. В зависимости от конструкции противорежущей части эта группа срезающих устройств делится на сегментно-пальцевые и сегментные (беспальцевые) (рис. 1.3 а, в). Стебель при срезе опирается на элементы машины.

В сегментно-пальцевых устройствах режущая пара: сегмент - 2 (рис. 1.3 а) и противорежущая пластина - 1. Сегмент подводит растение к противорежущей пластине и, защемляя его в растворе этих элементов устройства, срезает. В момент среза стебель опирается одновременно о противорежущую пластину и о перовидный отросток пальца, т.е. о две опоры. Это уменьшает опасность изгиба стебля и тем самым повышает надежность среза, особенно тонкостенных растений, которые имеют малую жесткость.

При уборке толстостебельных культур (конопля, подсолнечник, кукуруза, тростник) две опоры стебля отрицательно влияют на срез.

Врезаясь в толстый стебель, сегменты защемляются не срезанным стеблем. При двух опорах защемление значительно возрастает, что резко увеличивает усилие, действующее на сегмент и палец. Это в свою очередь ослабляет крепление и вызывает поломки пальцев и сегментов. Поэтому в устройствах для срезания толстостебельных культур целесообразно разное применять пальцы без перовидных отростков.

Сегментно-пальцевые срезающие устройства менее энергоемкие, т.к. работают на небольших скоростях. Такие устройства находят широкое применение в косилках и жатках. Однако возвратно-поступательное движение ножа вызывает знакопеременные инерционные усилия, что ограничивает значительное повышение рабочих скоростей косилок и жаток.

Сегментно-пальцевые срезающие устройства характеризуются следующими геометрическими и кинематическими параметрами (рис. 1.4): t - шаг режущей части - расстояние между осевыми линиями сегментов; t_0 - шаг противорежущей части - расстояние между осевыми линиями пальцев; S - ход ножа - перемещение ножа из одного крайнего положения в другое.

Рисунок 1.3 Сегментные срезающие устройства: а – сегментно-пальцевые; б – беспальцевые; 1 – палец; 2 - сегмент В зависимости от соотношения указанных параметров различают устройства нормального резания с одинарным и двойным пробегам ножа, шиною и среднего резания.

Срезающее устройство нормального резания с одинарным пробегом ножа (рис. 1.4 а) имеет следующие соотношения параметров: $S = t = t_0 = 76,2$ или 90 мм.

Рисунок 1.4 Сегментно-пальцевые устройства: а- нормального резания с одинарным пробегом ножа; б – нормального резания с двойным пробегом ножа; в – низкого резания; г – среднего резания Такие устройства с шагом 76,2 мм применяют в косилках и жатках для среза трав, зерновых и технических культур, а с шагом 90 мм - для среза кукурузы, подсолнечника и других толстостебельных культур.

Срезающее устройство нормального резания с двойным, пробегом ножа (рис. 1.4 б) имеет соотношения параметров /13/:

$S = 2t = 2t_0 = 152,4$ или 101,6 мм.

Устройство с размером 152,4 мм находит применение как в косилках, так и в жатках, устройство с размером 101,6 мм - в косилках для степных трав.

Срезающее устройство низкого резания (рис. 1.4 в) характеризуется соотношением: $S = t = 2t_0 = 76,2$ или 101,6 мм.

В первом варианте устройство применяют в косилках, во втором - в комбайнах.

Срезающее устройство среднего резания (рисунок 1.4 г) имеет соотношение: $S = t = Kt_0 = 76,2$ или 101,6 мм, где $1,2 < K < 1,4$.

3.9.3 Результаты и выводы:

Устройство с параметрами первого варианта встречается в зарубежных и малогабаритных косилках. В сегментном (беспальцевом) устройстве (рис. 1.3 б) режущая пара - два сегмента, срезающие растение с опорой в одной точке А. Такие режущие пары меньше забиваются при уборке спутанных и полеглых растений. Однако из-за отгибов носков сегментов в процессе работы они также склонны к забиванию. В них затруднена замена поврежденного сегмента. Применяют одно- и двухножевые устройства. В одноножевом подвижен только один нож, а в двухножевом оба ножа совершают аппозитивные движения, благодаря чему увеличивается равновесие всей машины. Перемещения каждого ножа в таком устройстве в 2 раза меньше, чем в одноножевом, за счет чего уменьшаются силы инерции, действующие на нож. Однако косилка с двухножевым устройством имеет сложную конструкцию механизма привода ножей.

3.10 Практическое занятие №10, 11, 12 (6 часа).

Тема: «Проектирование режущего аппарата»

3.10.1 Задание для работы:

1. В соответствии с назначением аппарата по ГОСТам подобрать сегмент и противорежущую пластинку.
2. Определить подачу
3. Площадь подачи и площадь нагрузки
4. Усилие, действующее на спинку ножа:
 5. Мощность, необходимая для работы аппарата
 6. Продольный отгиб
 7. Построить графики:
 - Пробега активной части лезвия (Диаграмма резания)
 - Площади нагрузки.
 - Рабочих скоростей резания и ускорений ножа.
 - Изменения слагающей скорости вдоль лезвия.

3.10.2 Краткое описание проводимого занятия:

Подобрать сегмент и противорежущую пластинку. Определить подачу Площадь подачи и площадь нагрузки Усилие, действующее на спинку ножа. Наибольший поперечный отгиб Продольный отгиб 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.

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

Расчетная часть

Дано: (см. приложение)

Тип машин –

Ширина захвата, м – В =
 Скорость агрегата, м /с – V_м =
 Частота вращения кривошипа, мин⁻¹ - n =
 Высота резания, мм – Н =

Порядок расчета:

3. 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: b₁ = мм,

ширина заднего основания: b₂ = мм,

$$\text{средняя ширина пластины: } b_{\text{ср}} = \frac{b_1 + b_2}{2} =$$

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

где V_м, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$; n мин⁻¹.

5. Площадь подачи и площадь нагрузки: F = hS, м² =

где S – ход ножа, м

6. Нагрузка на лезвие:

а) по площади: f = Sh, м² =

б) по количеству стеблей: V = h f, ст =

где h – количество стеблей на 1 м² (см. лекции)

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

8. Усилие, действующее на спинку ножа:

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

$$r = \frac{s}{2}, \text{ м} =$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \text{ с}^{-1} =$$

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

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

q_{макс}- удельное сопротивление резанию, q_{макс}=600.....700, Н

9. Мощность, потребная для работы аппарата:

$$N = \frac{1,1 l m \omega^3 r^2}{2 \cdot 10^3}, \text{ кВт} =$$

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

11. Наибольший поперечный отгиб (далее считать в мм)

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

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

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

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

Где $x_f = r + \frac{b_{cp}}{2} =$

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

11. Максимальная длина стерни:

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

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

Графическая часть

Построить графики:

5. Пробега активной части лезвия (Диаграмма резания)

6. Площади нагрузки.

7. Рабочих скоростей резания и ускорений ножа.

8. Изменения слагающей скорости вдоль лезвия.

Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями ГОСТов , на формате

A3

3.10.3 Результаты и выводы:

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 находятся его скорость и ускорение?
2. Что такое поперечный отгиб и как он зависит от параметров и режима работа режущего аппарата?
3. Определение продольного отгиба стеблей аналитически и по диаграмме резания.
4. Как обосновывается угол наклона лезвия сегмента к направлению движения?

3.13 Практическое занятие №13, 14 (4 часа).

Тема: «Проектирование мотовила»

3.13.1 Задание для работы:

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.

3.13.2 Краткое описание проводимого занятия:

Расчет и анализ мотовила. Для заданных условий рассчитать мотовило, графическим путем определить фазы его совместной работы с режущим аппаратом, выявить возможные недостатки проекта и указать пути их устранения.

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.

Порядок расчета

Дано:

Скорость машины – $v_m =$

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

Высота растений – $l =$

Высота среза – $h =$

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

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

$$S = 2\pi R \frac{v_m}{u}, м =$$

5. Вычислить наибольшую ширину петли: $B_{\max} = \frac{S}{n} \left(\arcsin \frac{v_m}{u} - \frac{\pi}{2} \right) + 2R \sqrt{1 - \left(\frac{v_m}{u} \right)^2}$, м =

6. Определить высоту установки оси мотовила над линией ножа

$$H = l - h + R \frac{v_m}{u}, м =$$

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

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

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

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

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

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

Все полученные результаты записать в таблицу.

Показатели совместной работы режущего аппарата и мотовила

Вариант	Фазы			Коэффициенты			
	σ_1	σ_2	σ_3	η_1	η_2	η_3	η
$k=0; \mu=0$							
$k=k_{\text{макс}}; \mu=0$							
$k=k_{\text{макс}}; \mu=$							

3.13.3 Результаты и выводы:

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?

3.15 Практическое занятие №15, 16 (4 часа).

Тема: «Расчет барабана зерноуборочного комбайна»

3.15.1 Задание для работы:

1. Рассчитать молотильный аппарат бильного типа
2. Определить диаметр барабана
3. Определить частоту вращения барабана
4. Начертить зубовое поле штифтового барабана

3.15.2 Краткое описание проводимого занятия:

Цель работы: Рассчитать молотильный аппарат бильного типа, выбирая оптимальные параметры, соответствующие подаче хлебной массы.

Исходные данные (смотреть приложение)

1. Ширина захвата комбайна: $B =$ м
 2. Скорость комбайна: $V_M =$ км/ч
 3. Урожайность зерна: $Q_3 =$ ц/га
 4. Урожайность соломы: $Q_c =$ ц/га
 5. Окружная скорость барабана: $v =$ м/с
 6. Время между ударами: $\Delta t =$ с
- $\Delta t = 0,0045$ и более

Расчет аппарата бильного типа

1. Подача хлебной массы в молотилку: $q = \frac{BV_M(Q_3 + \varepsilon Q_c)}{360}, \frac{\text{кг}}{\text{с}} =$

где Q'_c - количество поступающей в молотилку соломы, $\varepsilon = 0,8 \dots 0,9$, $\varepsilon = \frac{Q'_c}{Q_c}$;

Подача не должна превышать $6 \dots 8$ кг/с.

2. Длина барабана: $L_\delta = \frac{L}{M} = \frac{q}{q_0 M}$; м =

где L – суммарная длина бичей барабана;

M – число бичей, $M = 6 - 8 - 10 - 12$; q – подача хлебной массы, кг/с;

q_0 – допустимая подача хлебной массы на 1 м принимается в пределах $q_0 = 0.20 \dots 0.35$ кг/с*м

3. Диаметр барабана: $d = \frac{v \Delta t \times M}{\pi}$, м =

Где v – окружная скорость барабана, м/с.

Диаметр барабана должен быть в пределах $0,4 \dots 0,8$ м

4. Частота вращения барабана: $n = \frac{60v}{\pi d}$, об/мин =; $\omega = \frac{\pi n}{30}$; с⁻¹ =

5. Мощность, затрачиваемая на обмолот: $N = (a + bq)qv$, кВт;

$a = 100 \dots 120$ Н(кг/с)⁻¹ - коэффициент, учитывающий деформацию обмолачиваемой массы;

$b = 8 \dots 10$ Н(кг/с)⁻² - коэффициент, учитывающий инерцию обмолачиваемой массы.
 $N =$

6. Момент инерции барабана; кг·м²: $J = \frac{N}{\omega \frac{d\omega}{dt}} =$

Где $\frac{d\omega}{dt} = 7,5 \dots 15$ с⁻²; N Вт;

Большие значения $\frac{d\omega}{dt}$ берутся для больших d и q .

7. Мощность на холостой ход барабана, Вт: $N_{xx} = Av + Bv^3 =$

$A = 1,7 \dots 1,8$ Н - коэффициент, учитывающий трение в опорах барабана;

$B = 0,055 \dots 0,090$ Н·с²/м² – коэффициент, учитывает сопротивление воздуха

8. Общая потребная мощность, Вт; $N_{\text{общ}} = N + N_{xx} =$

9. Критическая скорость барабана, с⁻¹:
$$\omega_{кр} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{N_{общ}(1-f)}{q}} =$$

где N Вт, $\omega < \omega_{кр}$

3.15.3 Результаты и выводы:

Заключение

Оценить спроектированный аппарат, сопоставив рабочую- ω и критическую - $\omega_{кр}$ скорости. При необходимости рассчитать запас мощности для преодоления возможных перегрузок молотильного аппарата в результате колебания подачи массы в пределах 25.....40% и определить новое значение критической скорости - $\omega'_{кр}$.

Вопросы для самопроверки

1. На что расходуется энергия при холостом ходе молотильного барабана?
2. Вывести формулу В.П.Горячкина для подсчета потребной мощности на обмолот.
3. Вывести формулу для определения момента инерции молотильного барабана.
4. Как определяется критическая скорость молотильного барабана?
5. При какой окружной скорости молотильного барабана следует работать?
6. Как определяется длина бильного молотильного барабана?
7. Как определяется диаметр барабана молотилки?
8. Почему нельзя работать на критической скорости?

4. Методические указания по проведению семинарских занятий.

Не предусмотрено