

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Машины и оборудование в растениеводстве

Направление подготовки: 35.03.06 Агроинженерия
Профиль подготовки: Технические системы в агробизнесе
Форма обучения: очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция №1 Проблемы обработки почвы.....	3
1.2 Лекция №2 Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга.	10
1.3 Лекция №3 Теория и расчет машин и орудий для дополнительной обработки почвы.	21
1.4 Лекция №4 Основы теории и расчета машин для посева.....	30
1.5 Лекция №5 Основы теории и расчета рядовых сеялок.	33
1.6 Лекция №6 Основы расчета машин для внесения удобрений	40
1.7 Лекция №7 Расчет машин для внесения органических удобрений.....	42
1.8 Лекция №8 Проектирование уплотняющих рабочих органов.	50
1.9 Лекция №9 Режимы качения. Зависимость тягового сопротивления от параметров катка и свойств почвы.	52
1.10 Лекция №10 Теория режущего аппарата.	57
1.11 Лекция №11 Проектирование режущего аппарата.....	63
1.12 Лекция №12 Проектирование мотовила	75
1.13 Лекция №13 Проектирование молотильного аппарата.	84
1.14 Лекция №14 Проектирование соломотряса.....	88
1.15 Лекция №15 Проектирование соломотряса.....	92
1.16 Лекция №16 Проектирование грохота.....	96
1.17 Лекция №17 Проектирование грохота.....	99
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	110
2.1 Лабораторная работа №1. Определение коэффициента трения сельскохозяйственных материалов.	110
2.2 Лабораторная работа №2. Профилирование лемешно – отвальной поверхности (ЛОП) корпуса плуга.....	114
2.3 Лабораторная работа №3. Проектирование лемешно-отвальной поверхности плуга.	118
2.4 Лабораторная работа №4. Расчет параметров плуга.	127
2.5 Лабораторная работа №5,6. Проектирование зубовой бороны.	131
2.6 Лабораторная работа №7,8. Исследование работы катушечных высевающих аппаратов.	135
2.7 Лабораторная работа №9. Типы режущих аппаратов.	143
2.8 Лабораторная работа №10,11. Расчет режущего аппарата и его анализ.	141
2.9 Лабораторная работа №12,13. Расчет и анализ мотовила.	143
2.10 Лабораторная работа №14,15. Расчет молотильного аппарата.....	145
2.11 Лабораторная работа №16,17. Расчет основных параметров соломотряса.....	147

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Проблемы обработки почвы.»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Механические и технологические свойства почвы.
2. Анализ рабочего процесса вспашки. (интерактивно)

1.1.2 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 $K_{уд}$. Коэффициент удельного сопротивления почвы определяется только при пахоте. Это отношение силы сопротивления плуга к площади сечения пласта.

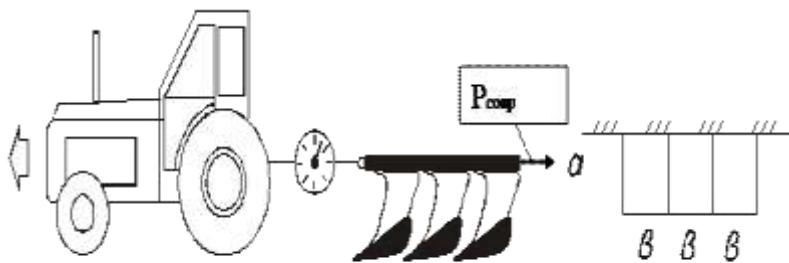


Рис. 2. К расчету удельного сопротивления почвы.

$$K_{уд} = \frac{P_{copr}}{a \cdot \epsilon \cdot n} \left(\frac{\text{Н}}{\text{см}^2} \right)$$

Где P_{copr} – 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:

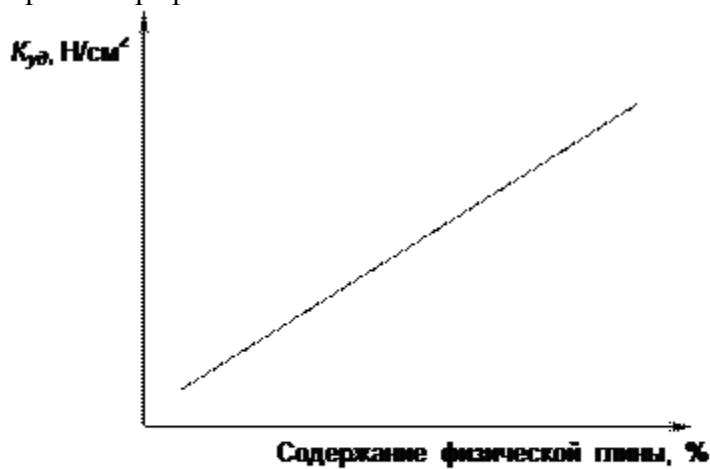


Рис. 3. График зависимости удельного сопротивления почвы (частиц размером менее 0,01 мм). По удельному сопротивлению почвы делятся на пять групп см. табл.1

Тип почвы	Удельное сопротивление почвы $K_{уд}, \text{Н}\text{см}^2$
Легкие (50% песчаных, 50% супесчаных)	До 3 $\text{Н}\text{см}^2$
Средние (50% супесчаных, 50% суглинистых)	3...5 $\text{Н}\text{см}^2$
Средне-тяжелые (суглинистые)	5...7 $\text{Н}\text{см}^2$
Тяжелые (глинистые)	7...12 $\text{Н}\text{см}^2$
Очень тяжелые (глинистые)	12 $\text{Н}\text{см}^2$ 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 агрономической точки зрения, ценными считаются 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, приводят к разрушению структуры почвы.

Оценка содержания в структурной почве агрегатов разных размеров производится путем 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 , %):

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

Где M_a и M_s – масса влажной и сухой почвы соответственно.

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

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

$$W_o = \frac{W_a}{W_n} \times 100\% \quad , (2)$$

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: 100 г 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. $W_o = 30\%$.

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

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

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

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

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

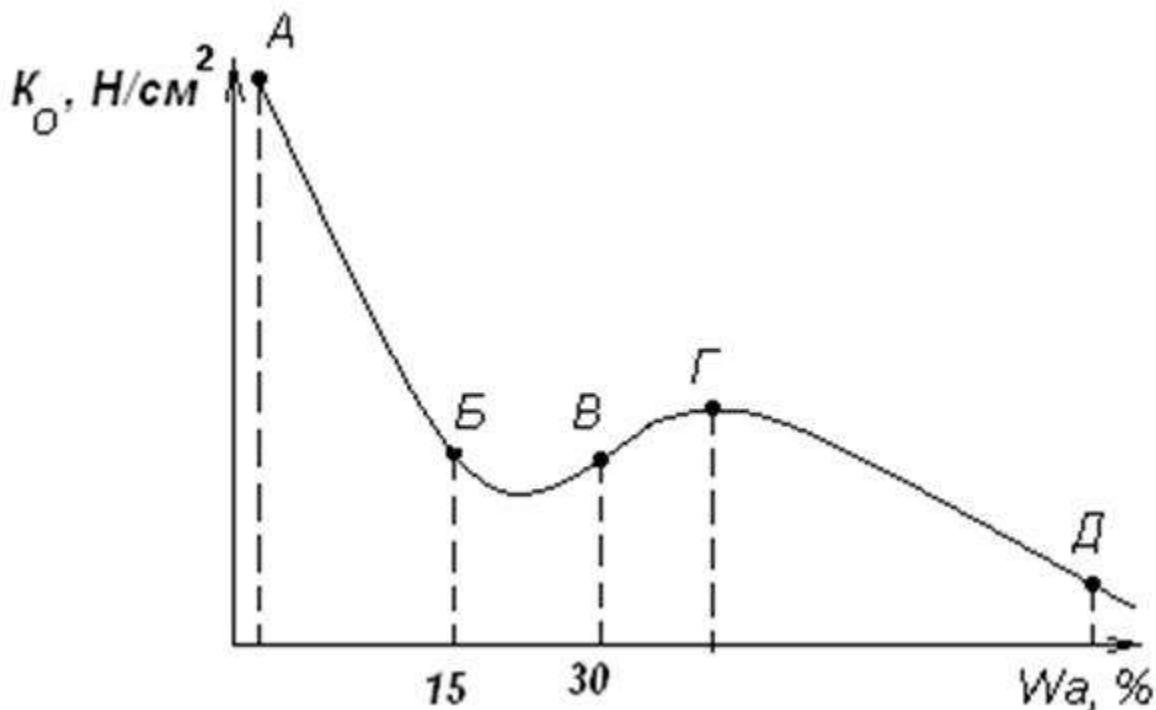


График влияния влажности на сопротивление почвы

При пахоте пересохших почв (отрезок АБ) образуется глыбы диаметром до 0,5м и более.

При пахоте переувлажненных почв (отрезок ВГ), происходит сильное залипание и сгруживания 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_o 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 **Зашемленном** Состоянии. Свободный воздух расположен в крупных пустотах, а “зашемленный” в капиллярах.

“Зашемленный” 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 “зашемленное” состояние. При этом накапливается потенциальная энергия, которая после прекращения

сжатия нарушает связи между почвенными комочками, способствуя структуризации почвы.

2.Анализ рабочего процесса вспашки.

При вспашке корпус плуга воздействует на почву как клин

Одним из способов повышения качества вспашки является использование специальных комбинированных рабочих органов, сочетающих пассивный корпус с дополнительным активным, рыхлящим органом Однако, такие рабочие органы потребляют значительную мощность на выполнение технологического процесса через вал отбора мощности и имеют неудовлетворительное качество оборота пласта

Современный уровень развития сельскохозяйственного производства требует создания более простых и эффективных рабочих органов для обеспечения заданного уровня качества выполнения технологического процесса обработки почвы Решение данной проблемы требует детального изучения процесса воздействия рабочих органов на почву, раскрытия внутренних процессов деформации, перемещения почвенных элементов и исследования влияния конструктивных параметров на качество обработки

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, кро-
шения пласта, оборота его и отвода в сторону. Корпуса фронтальных плугов пласти в сторону не отводят.

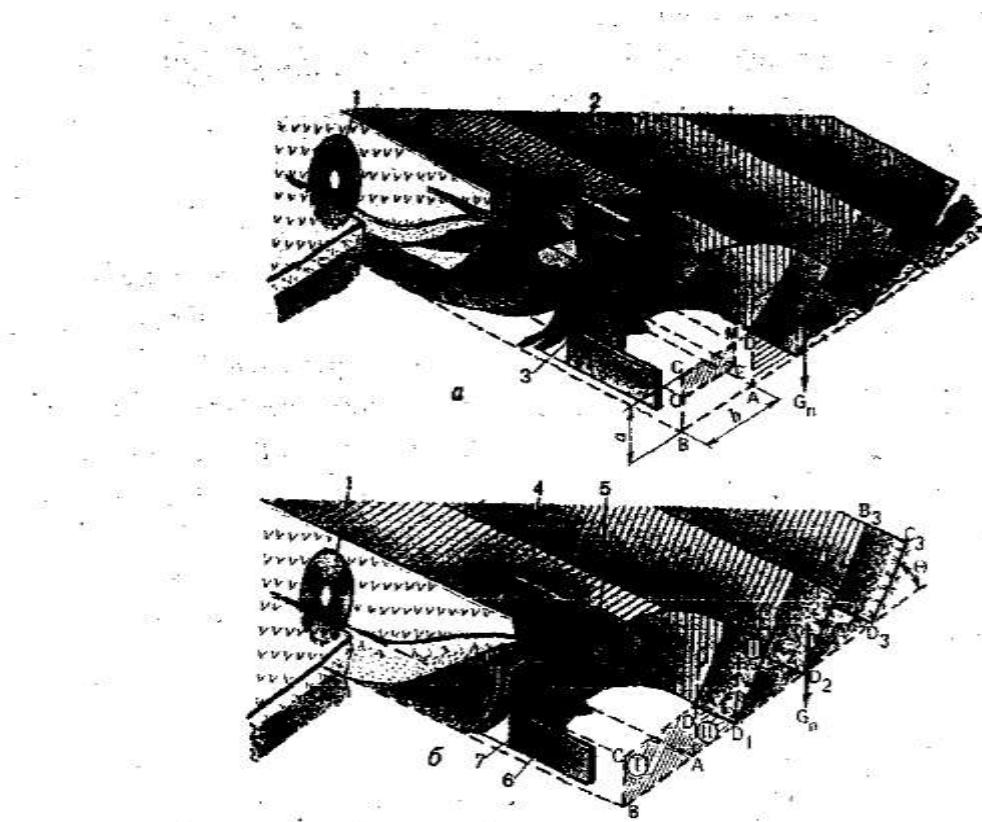


Рис. 4. Технологический процесс оберота пласта корпусом плуга:
 а – с предилжником; б – без предилжника: 1 – нож; 2 – предилжник; 3 – корпус; 4 – стойка; 5 – отвал; 6 – лемех; 7 – полевая доска.

Виды вспашки. Свойства почвы в различных природно-климатических зонах весьма разнообразны, поэтому следует применять разные способы ее обработки. В нашей стране чаще всего используют вспашку лемешными плугами, в процессе которой происходит рыхление пахотного слоя, оборот пласта и заделка растительных остатков. Наиболее распространенные виды вспашки схематически изображены на рисунке 1.

Вспашка сполным оборотом пласта (рис. 1, а) предназначена для уничтожения растительного покрова путем заделки его на дно борозды. Полного оборота пласта достигают при использовании рабочих органов с винтовыми поверхностями при условии, что ширина пласта $b \geq 2a$ (здесь a — толщина пласта). Такую вспашку рекомендуется использовать при обработке целинных земель.

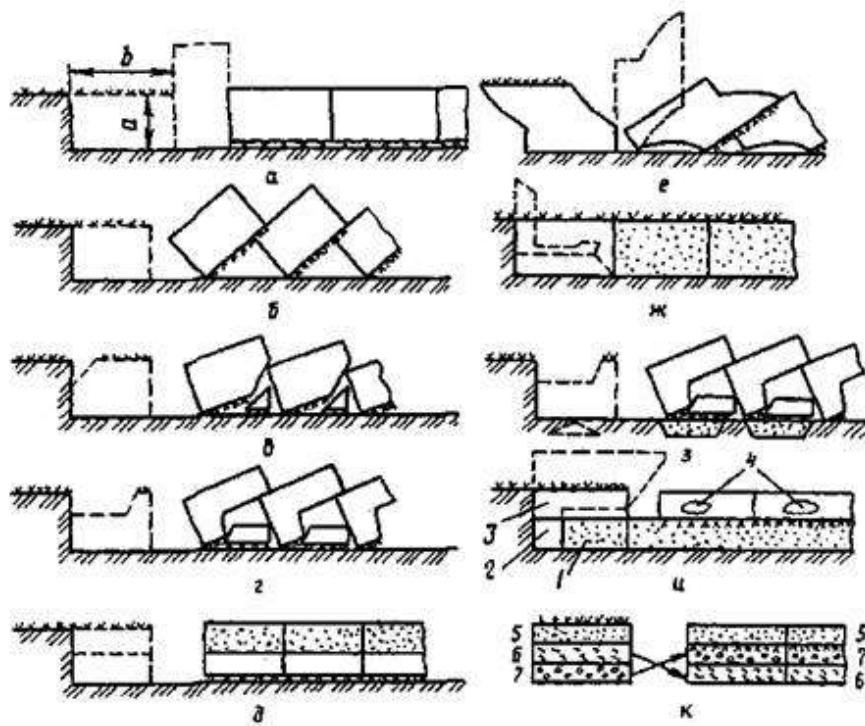


Рис. 1. Виды вспашки:

а — с полным оборотом пласта; б — со взметом пласта; в — с помощью углоснима; г — культурная; д — двухъярусная; е — ромбическая; ж — безотвальная; з — культурная с почвоуглубителем; и — плугом с вырезными корпусами; к — трехъярусная; 1 — часть подзолистого слоя; 2 — то же, смешиаемая с окультуренным слоем; 3 — окультуренный слой до вспашки; 4 — включения подзолистого слоя; 5 — верхний окультуренный слой; 6 — средний оподзоленный слой; 7 — нижний иллювиальный слой

Взмет пласта (рис. 1, б) применяют для создания наибольшей поверхности пашни с целью обеспечения максимального воздействия на почву воздуха, теплоты и света. Такой вид обработки получается при использовании винтовых рабочих поверхностей, когда $b < 2a$. Взмет пласта используют при обработке связанных задерненных почв. При взмете образуются пустоты, нарушающие водно-воздушный режим почвы, пашня получается гребнистой, а в местах стыка пластов выступает незаделанная дернина. Для устранения этого недостатка используют углосним (рис. 1, в), который отрезает с полевой стороны пласта небольшой трехгранный почвенный пласт и сбрасывает его на дно борозды.

Культурную вспашку (рис. 1, г) выполняют корпусами с цилиндроидальными (культурными) рабочими поверхностями и предплужниками при основной обработке легких старопахотных почв, которые не образуют пласта при взаимодействии с винтовыми рабочими поверхностями, а рассыпаются на структурные агрегаты. Предплужник отрезает от пласта четырехгранный почвенный призму и сбрасывает ее на дно борозды. При этом основной пласт интенсивнее крошится и полнее заделывает растительные остатки.

Ширина захвата предплужника составляет $2/3b$ (здесь b — ширина захвата основного плужного корпуса). Если же ширину его захвата увеличить до b , то будет получаться

двуихъярусная вспашка (рис. 1, *д*), которую применяют при обработке почвы на большую глубину под такие сельскохозяйственные культуры, как сахарная свекла, хлопчатник.

Ромбическую вспашку (рис. 1, *ё*) выполняют, подрезая почву двумя лемехами: со стороны дна и стенки борозды. Поперечное сечение пласта в этом случае напоминает ромб. Такая вспашка обеспечивает получение широкой открытой борозды, в которой свободно перекатываются правые колеса трактора.

Безотвальная вспашка (рис. 1, *ж*) представляет собой разновидность глубокого рыхления, которое выполняют плужными корпусами без отвалов. Основная задача такой вспашки — увеличение влагопроницаемости почв в зонах недостаточного увлажнения, подверженных ветровой эрозии или расположенных на склонах.

Вспашку с почвоуглубителем (рис. 1, *з*) применяют на дерново-подзолистых почвах с неглубоким расположением подзола, который лишь рыхлится почвоуглубителем. В результате такого воздействия в подзолистом слое возникают почвообразовательные процессы, позволяющие через несколько лет сделать его плодородным.

Вспашку плугами с вырезными корпусами (рис. 1, *и*) применяют также на дерново-подзолистых почвах. Цель ее — раскрошить подзолистый слой, в основном оставив его на дне борозды и лишь частично перемешав с окультуренным слоем. При этом также происходит почвообразовательный процесс, приводящий к увеличению толщины окультуренного слоя пашни.

Трехъярусную обработку (рис. 1, *к*) применяют на солонцовых почвах с целью обрачивания и рыхления верхнего плодородного слоя, перемещения вниз солонцового слоя и замены его нижним карбонатным или иллювиальным слоем.

1. 2 Лекция №2 (2часа).

Тема: «Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга»

1.1.2 Вопросы лекции:

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

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

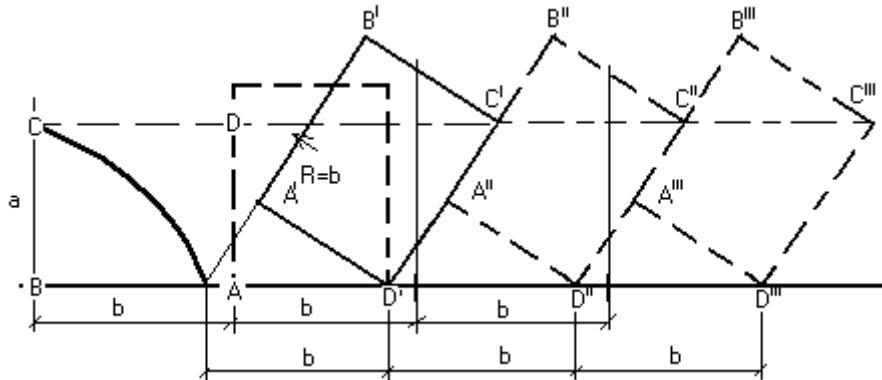
1.Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга.

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

Фазы обороты пласта

1. Отделение пласта в виде части почвенного слоя глубиной *а* и шириной *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 – a глубина пахоты, в ширину. $\frac{b}{a} = k$ 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

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

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

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

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

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

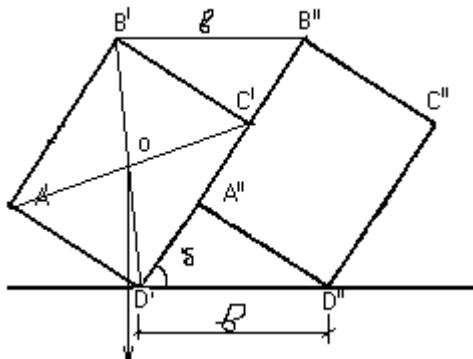
$$\text{предельный наклон пласта } \delta_0 : \sin \delta_0 = \frac{1}{1.27} = 0.787$$

что соответствует $\delta_0 = 52^0$. 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 пласти в общем случае смыкается с отвернутым ранее пластом. Опираясь на него в т. С'.



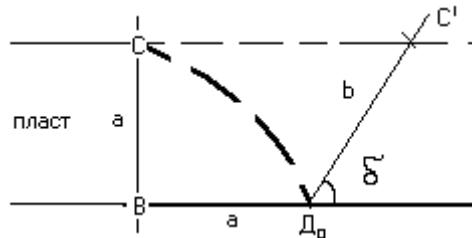
Если принять, что центр тяжести поперечного сечения пласти располагается на пересечении диагоналей в т. О то в зависимости того, как расположится вертикаль проведения через т. О относительно опорных точек можно предусмотреть будет ли отвернутый пласт сохранять устойчивое или неустойчивое положение. Очевидно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

$$\frac{D'D''}{D'B''} = \frac{A''D''}{D'C''}$$

как $D'D'' = b$

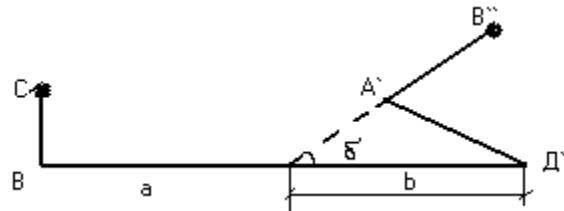
$$D''B'' = \sqrt{a^2 + b^2}, D'C'' = b, A''D'' = a, \text{ то } \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{a}{b}$$

1. Отложить по вертикали длину $CB = a$ и перенести этот размер на горизонталь BD_0



2. Из точки D_0 как из центра радиусом равным в провести дугу, которая пересечет горизонталь CC' на уровне непаханого поля, которое отметит точку C' . Прямая $C'D_0$ определит положение отваленного пласти и углом δ его наклона ко дну борозды, чтобы получить профиль борозды остается поместить сечение пласти. 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 отваленного пласти. 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)

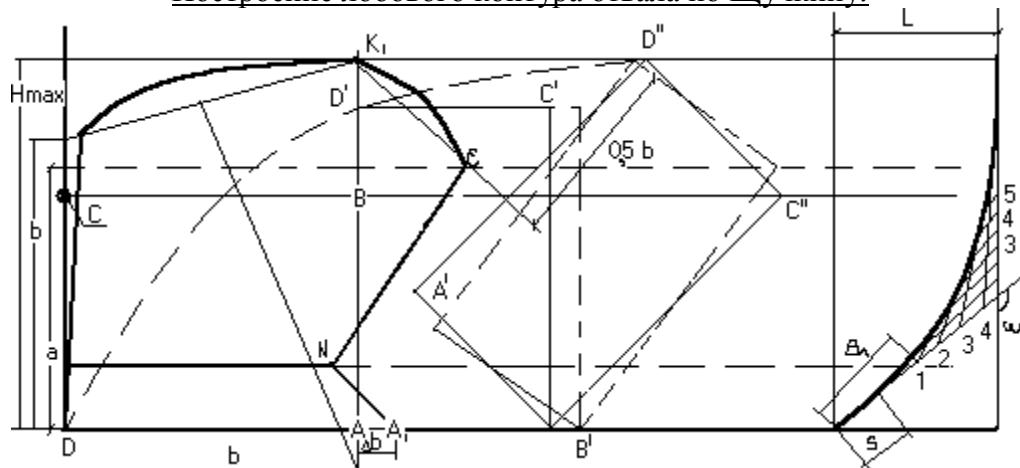
Отвал плуга, поднимая и отваливая пласт перемещается по вскрываемой борозде. Для правильного отваливания пласта прежде всего необходимо, чтобы отвал свободно перемещался в борозде к черченой её поперечным профилем и не нарушая последнего. Профиль борозды целиком определяется размерами пласта a , b , следовательно и поперечный контур отвала выполненный по профилю борозды должен определяться размерами пласта. ПКО очерчивается с четырех сторон контурными линиями, т. наз. обрезом левым (по ходу плуга) обрезом КВ обращенным в сторону не паханного поля (полевой обрез), нижним. АВ совпадающим с профильной линией дна борозды и являющимся проекцией лезвия лемеха, правым обрезом B_2D_0 направленным по верхней грани отваленного

пласта и наклоненным под углом 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 ОУ на высоте пересечения лемеха с отвалом. Вниз от т. О проводят три образующие (1-1', 2-2', 3-3') 3-3' совпадает с лезвием лемеха. Вверх от оси Z от начала координат О проводят образующие.

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

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

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

у- соответствующей ординаты определяющее приращения угла γ в масштабе условно выражено в см.

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

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

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

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				
образую щая	Z см	У см	γ град	100tg γ мм	образ ующа я	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

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

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

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

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

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

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

λ можно подсчитать; здесь y = γ_{max} - γ_{min} - при λ = 1

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

тогда γ_i = λ_y + λ_{min}

N образ	Z см	Y см	γ	tg γ

Строим нулевую образующую под углом γ₀ 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 tg γ. Сносим точки с вертикальной проекции и строим продольно вертикальную проекцию. Строим ортогональные проекции. Для этого 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.

2. Анализ технологических свойств ЛОП. Тяговое сопротивление плуга.

1. Определение расчетной нагрузки на корпус, тяговые предохранители.

Ранее определили Rx, Ry, и Rz, наибольшее значение имеет Rx т.к Ry=0,25...0,45 Rx. Rz=0,2 Rz.

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

Она определяет энергетику процесса. Один из путей определения P-экспериментальный Горячkin B.P. определил, что сопротивление состоит из трех составляющих. P₁=f * σ [H], f- коэффициент протаскивания, σ -вес плуга, f=0,2...0,4; σ =m*g [H]. P₁ -на трение в подшипнике, на трение корпусов о дно борозды и образование колеи опорных колес. P₁ =(35-40%)*P от общего тягового сопротивления. Вторая категория составляющего связана деформацией пласти: отрезание, подъем, крошение, оборот.

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

к- где равен пределу прочности удельного сопротивления почвы вспашки [H]. Величину и размерность k можно определить из выражения (3)

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

к-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.

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

V -скорость перемещения плуга, м/с

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

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

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

$P_3 = (3 \dots 5)\%P$ -при скорости.

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

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

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

КПД плуга

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

P_1 –мертвое сопротивление

P_2 –полезное сопротивление

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

до 5 км/ч, P_3 –полезное

свыше 5 км/ч, P_3 –увеличивается

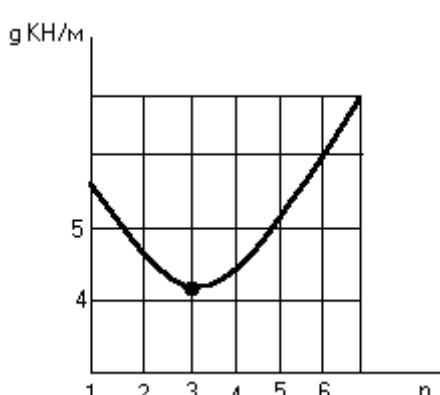
Основная задача конструкторов уменьшить P_3 , тогда

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

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

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

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



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

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

анализ Синеоковым получила зависимость.

Наименьшую металлоемкость имеют 3-х корпусные плуги.

По данным Синеокова

$$\eta_{\text{навесных_плугов}} = 0.6 \dots 0.8$$

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

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

Удельное сопротивление почвы.

В формулу Горячкина входит к

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

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

abn- поперечное сечение пласта.

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

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

P до 5км/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 Rx без учета трения полевой полевой доски
Полевая доска.

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

3) Третий способ определения k

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

$$k_0 = \eta k_1$$

Удельное сопротивление плуга

В формулу Горячина входит 3 коэффициента

$$f=0.2 \dots 0.4$$

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

$$\xi = 200 \dots 1000 - \frac{\kappa \rho c * c^2}{M^4}$$

В практике пользуются упрощенной формулой .

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

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

Физический коэффициент полнее раскрывается если числитель и знаменатель умножить на V

$$k = PV / abnV \quad (11)$$

PV-мощность

abnV- объем почвы.

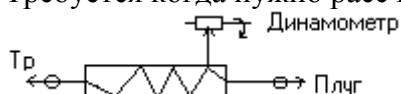
Какую мощность нужно затратить чтобы раскрошить и обернуть единицу объема пласта. $k_{\text{пл}} > k_{\text{почвы}}$ это видно, если подставить в 10 выражение 1.

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

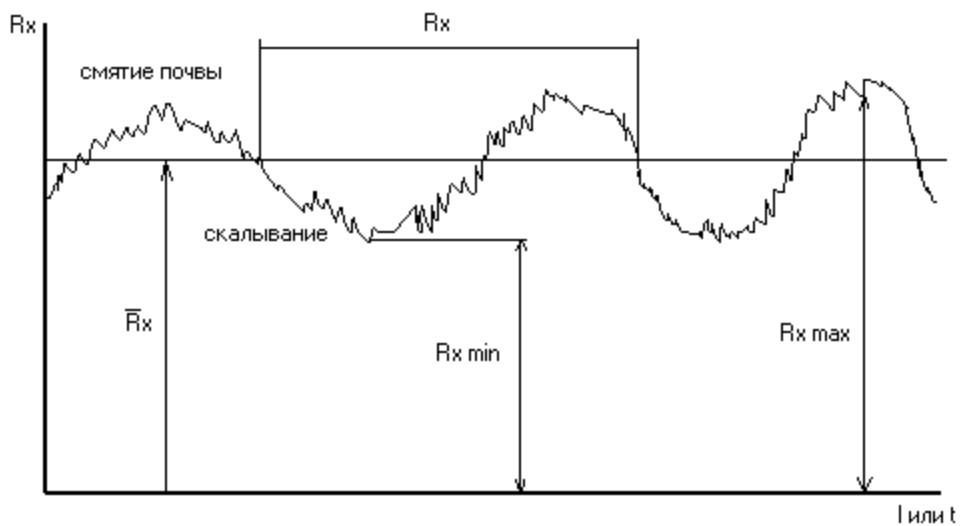
$$k_{\text{пл}} = k_{\text{почвы}} + \left(\frac{fG}{abn} + \xi V^2 \right)$$

Определение расчетной нагрузки на корпус.

Требуется когда нужно рассчитать конструктивные параметры.



типичная диаграмма тягового сопротивления выглядит:



микровсплески – неоднородный состав.

Как показали исследования

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

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

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

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

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

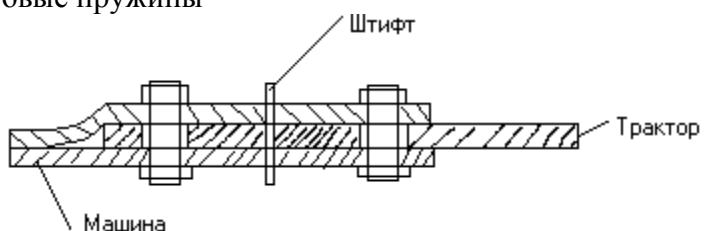
$J_{\text{п}}$ – сила инерции плуга

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.

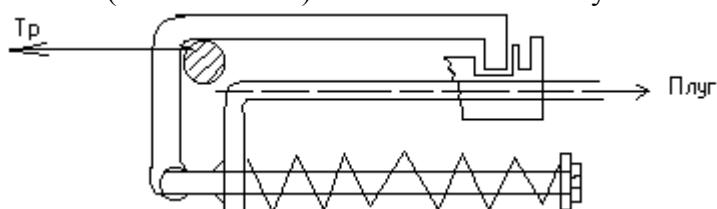
Фрикционно-штифтовые пружины



$$Q_{\text{зат.}} = R_{\text{max}} / 4f$$

Зависит от момента затяжки и диаметра штифта.

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



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

$$R_{\text{пред}} = 2 R_x * n.$$

Когда корпус плуга встретиться с препятствием, плуг испытает

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

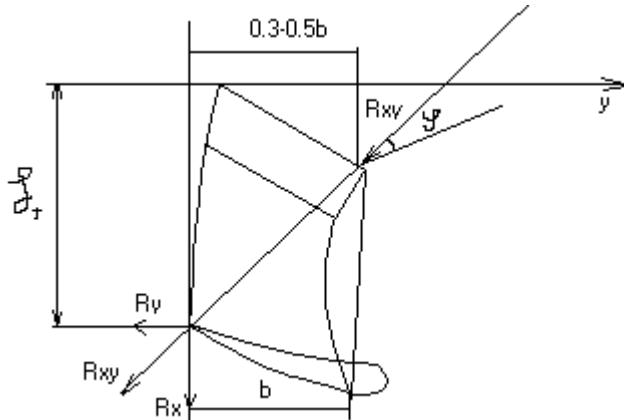
Расчетная нагрузка на корпус, который встретится с препятствием.

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

Расчет полевой доски на прочность

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

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



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

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

Основной силы деформирующей полевую доску – R_y

Изгибающий момент $Mu = R_y L g$



$L_g = 0.5 L t$:

Полевая доска - балка прямоугольного сечения

$$Mu = W[\sigma_u]$$

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

$$R_y L g = \frac{ht^2}{6} [\sigma_u]$$

h- высота, нормируемая по стандарту 150-180мм

$h_{\text{спец}} = 60-80\text{мм}$

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

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

Наибольшее тяговое сопротивление, которое может быть передано штифтовым предохранителем

$P_{\text{max}} = P_{\text{cp}} + P_{\text{tr}}$.

P_{cp} - усилие, необходимое для среза штифта

P_{tr} -суммарная сила трения

$$\text{Т.к } P_{\text{cp}} = 2F \tau_{cp}$$

$$P_{\text{tr}} = 6fN, \text{ то}$$

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

Где F – площадь сечения штифта

τ_{cp} -предел прочности на срез.

f - коэффициент трения

N -нормальное усилие затяжки болтов.

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

если без штифта с двумя плоскостями трения

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

1. 3 Лекция №3 (2 часа).

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

1.3.1 Вопросы лекции:

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

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

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

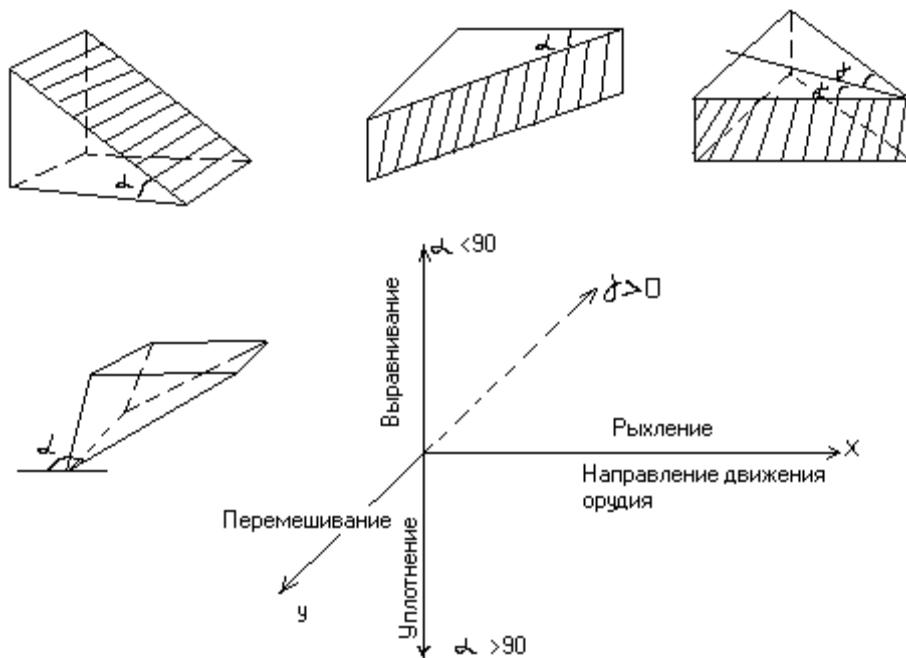
Бороны, культиваторы снабжаются безотвальными рабочими органами – зубьями, лапами. Назначение указанных рабочих органов определяется агротехническими требованиями применительно к предпосевной обработки почвы.

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

Указанными рабочими органами осуществляются следующие процессы.

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

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



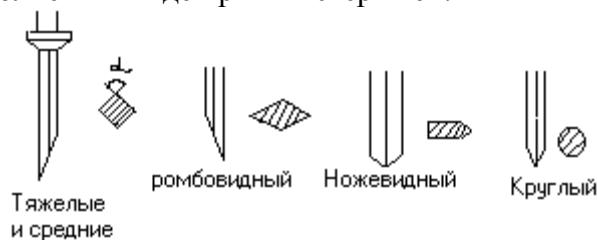
1. Для рыхления и выравнивания применяется простой клин с горизонтометром и $\alpha = \frac{\pi}{2}$
2. Для перемешивания частиц применяется простой клин в вертикальным ребром с углом γ или клин двухсторонний с симметрично расположенным рабочими гранями.
3. Для уплотнения применяется простой клин с горизонтальным 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

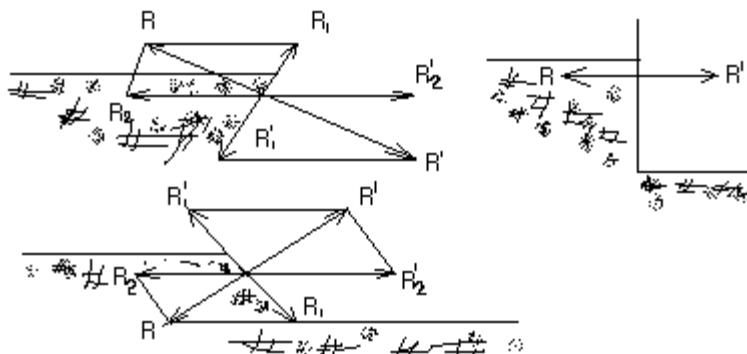
Если пренебречь трением и считать, что сопротивление R' со стороны почвы или корешка растения попавшего на пути зуба нормальным к рабочей грани или ребру последнего, то

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, расчет их основных параметров и рабочего сопротивления. (интерактивно)

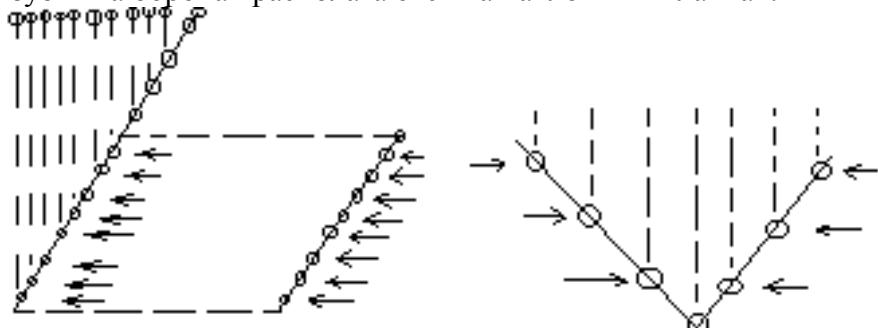
Размещение зубьев на раме бороны.

Требования

Правильное размещение зубьев

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

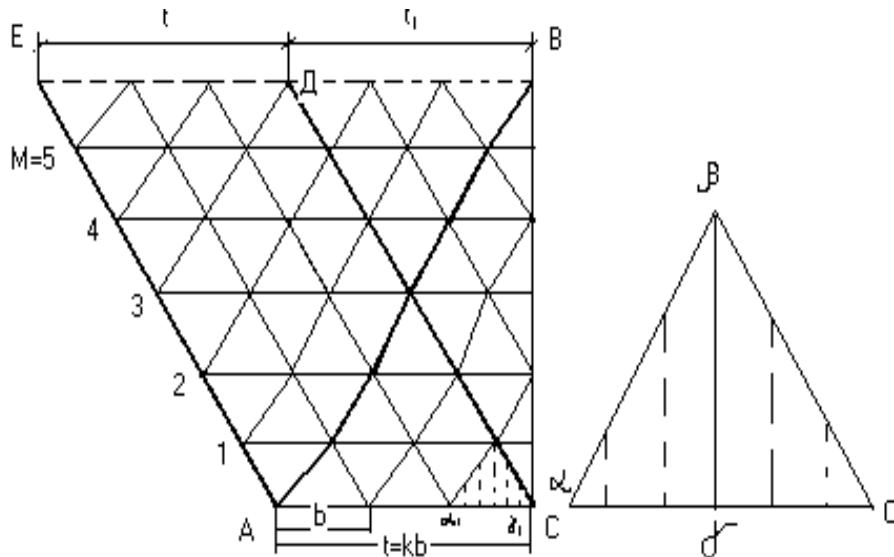
С этой целью зубья на боронах располагаются на наклонных планках.



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

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

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



Рассмотрим связь между величинами определяющими зубовое поле

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

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

Построим борону.
 Связь между величинами определяет зубовое поле.

если рассмотреть данное зубовое поле борону 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.

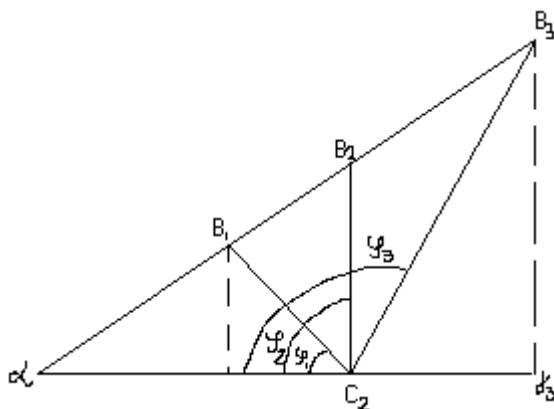
Построим зубовое поле $k=3$, $k_1=2$, $M=5$

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 $\alpha\beta\gamma$ выделив его отдельно.



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

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

Сторона $\beta\gamma$ определяет направление дополнительной развертки. Отметим это направление углом φ

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

и угол φ_1 острый. Для второго $k_1=0$ $\cos\varphi=0$ $\varphi=90$ треугольник $\alpha\beta_2\gamma$ прямоугольный и зубья расположенные в вершинах β_2 и γ 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

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

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

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

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.

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

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

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

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 .

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

Размещение лап на раме культиватора

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

1. Усилие с которым плоский клин действует на почвенный пласт отклоняется от нормали N на угол трения φ
2. Опасные сечения H_1 и H_2 по которым может разрушаться пласт располагаются под некоторым углом Q симметрично к силе R

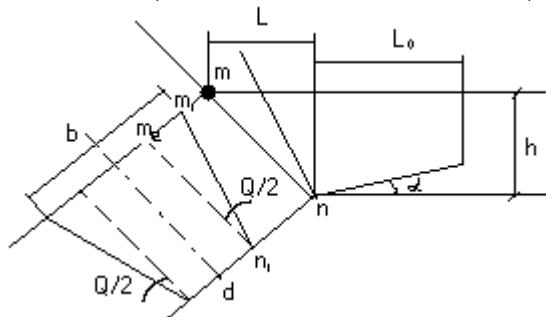
Вес это дает основание считать, что в среднем скальвание не существенно отклоняется от R
На основании этого предположения (которые впрочем подтверждено опытным путем)
построим схему для обоснования размещения лап. Пусть лапа шириной d перемещается в почве, погруженная на некоторую глубину h .

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

$$b = d + 2m_2m_1$$

$$n_2m_1 = m_2n_1 \tan Q/2 = m_1n \tan Q/2$$

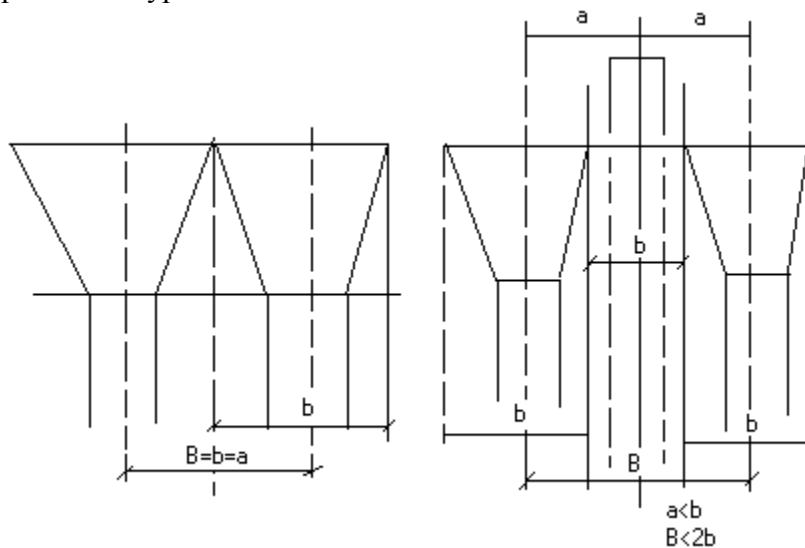
$$mn = \frac{h}{\cos(\alpha + \varphi)} \text{ - тогда } b = d + \frac{2ht \tan Q/2}{\cos(\alpha + \varphi)}$$



B -расстояние между лапами в ряд

b -ширина захвата лапы

a -ширина между рядов



Если лапы в одном ряду, то для осуществляется сплошной обработки надо их поставить на расстоянии $B=b$ друг от друга, в этом случае $a=b$, чтобы не забивались лапы надо увеличить B , тогда расположенный в несколько рядов для двух нужно выполнить условие $2b > B > b \quad a < b$

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

$L=\text{htg}(\alpha + \varphi)$ тогда,

$L=L_0+\text{htg}(\alpha + \varphi)$

Для культиваторов с рыхлительными лапами при глубоком рыхлении установлены следующие размеры

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

при мелком рыхлении

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

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

Это перекрытие позволяет подрезать

сорняки и не допускать огнегов от

прямолинейного движения. Так

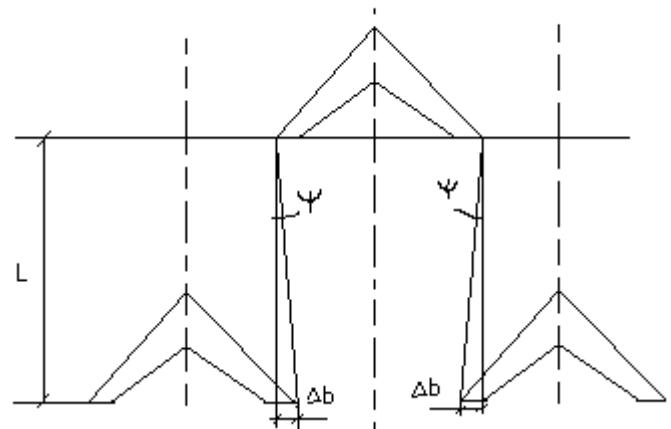
перекрытие $\Delta b=50\text{mm}$ позволяет

культиватору уклониться от

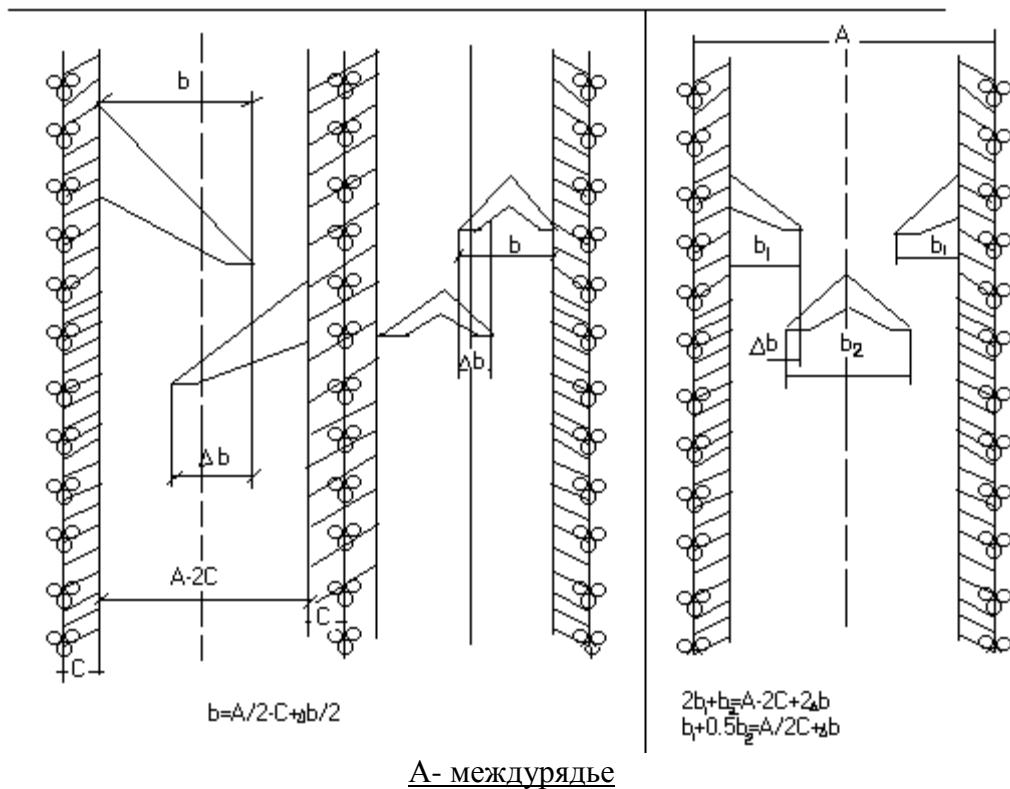
прямолинейного хода на угол $\psi = 5^0 45'$

Определенный из соотношения

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



Ходовое размещение полольных лап



A- междурядье

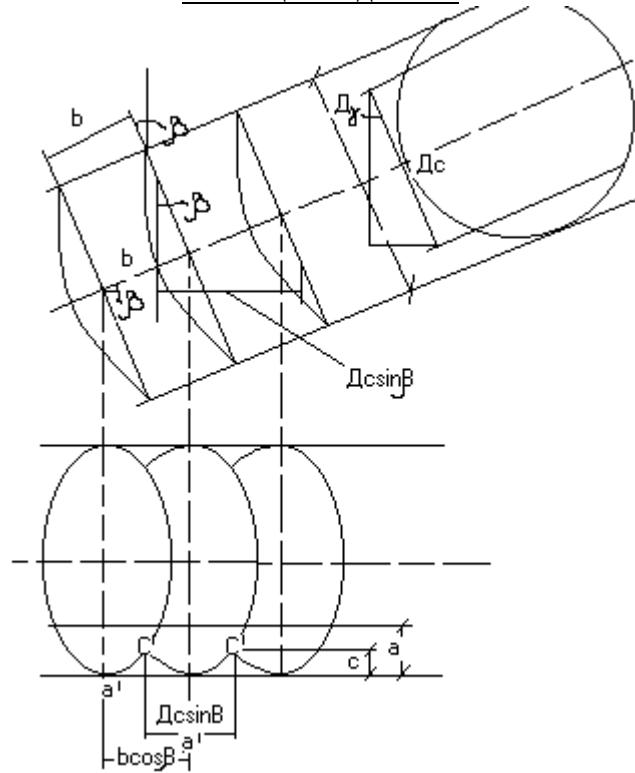
С- защитная зона

Δ b- перекрытие

при использовании готовых лап отсюда можно определить перекрытие

$$\Delta b = 2(b+c) - A = 2(350+50) - 700 = 100 \text{мм.}$$

Размещение дисков.



Диски размещены на расстоянии b диаметров D

β -угол атаки

а- глубина обработки

С- высота гребней

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

$Dc \sin \beta = b \cos \beta$ | $b = Dc \operatorname{tg} \beta$ | Dc – хорда погружения диска на глубину С

$Dc = 2\sqrt{D - C}$ – тогда

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

очевидно, что для определения b нужно задаваться С

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

Для тяжелых $30 < \beta < 35$ при С=35мм.

1. 4 Лекция № 4(2 часа).

Тема: «Основы теории и расчета машин для посева»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Технологические свойства семян
2. Определение рабочего объема катушки
3. Активный слой семян и его свойства
4. Определение размеров катушки, Определение параметров желобка (интерактивно)

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Технологические свойства семян

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

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

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

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

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

Определение рабочего объема катушки

а) Технологические определители расчета аппарата

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

- 1) Ширина междурядий – определяет расстановку высевающих аппаратов под семенным ящиком, следовательно наибольшую длину рабочей и холостой части катушек, и наибольший поперечный размер семенной коробки.

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

2. Определение рабочего объема катушки

Обозначив m_1 – количество семян в гр. выбрасываемых на каждый погонный метр бороздки при заданной норме N кг/га и междурядье a см можно определить, что $m_1 = N \cdot a \cdot 1m / 1000 \text{ га/м} = \text{кг} \cdot \text{см} \cdot \text{м} / \text{га} \cdot 1000 = \text{г/м}$

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

$$\text{То } \mu_1 = \frac{N \cdot a}{\delta} = \frac{\text{шт_зерен}}{\text{на } 1\text{м}} = \text{шт/м}$$

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

Количество семян высеваемых за 1 оборот ходового колеса M_0

$$\text{при } i = n_{\text{валика}} / n_{\text{кол}}$$

$$L_{3a_1ob_nymb} = \pi D \text{ – тогда}$$

$$M_0 = L \cdot m_1 = \pi D \frac{Na}{1000} \text{ – об. колеса}$$

а – при – полном – обороте – катушки

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

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

или – за – один – оборот – колеса

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

$$\mu_0 i = \mu_1 \pi D = M_0' \text{ – об. колеса}$$

Рассмотрим более подробно величины входящие в эти равенства $D=1.2-1.6$ т.е. можно говорить, что D задано M_0 -тоже. Исходные величины i и m_0 (μ_0)

Если γ -объемный вес семян, то г/см^3

$$\frac{M_0}{\gamma} = V_0 - \text{объем_высеянный_за_1об._колеса}$$

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

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

$$\vartheta_0 = \frac{V_0}{i} - \text{рабочий_объем_катушки_см}^3$$

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

ϑ_0 - объем выброшенный за 1 об. катушки. Для перехода к расчету объема катушки необходимо также соблюсти условие определяющее величину i . Это условие определяется оптимальной линейной скоростью катушки $W_{\text{кат.}}$ отнесенной к наружному её диаметру. Практически устанавливают пределы скоростей, когда процесс истечения семян происходит удовлетворительно и создается более менее равнозначная струя, обеспечивающая достаточное постоянство высева при установленном процессе. Связь между ϑ_0 и i может быть установлена следующим образом.

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

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

W_c – поступательная скорость сеялки.

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

Тогда $i = (0,017 \dots 0,05) D/d$

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

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

3. Активный слой и его свойства.

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

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

При $x = C_0$ $W = 0$

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

за функцию можно взять параболу как наиболее подходящую функцию.

$$Wcp = Wkam \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m = f(x)$$

m – показатель, порядок параболы

т.е. выражает характер распределение скоростей

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

$$\text{тогда } \frac{Wcp}{Wkam} = \frac{1}{1+m} = \frac{C_0}{C} \text{ – м.е. – соотношение} - \frac{C_0}{C} \text{ – постоянно}$$

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

$$ac = \frac{V_0 n}{LWkam 60}$$

величины L , W кат, n – можно определить путем измерений.

1. 5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: «Основы теории и расчета рядовых сеялок»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Технологические свойства семян,
2. Определение параметров катушечного высевающего аппарата.
3. Расчетные схемы и исходные предпосылки. (интерактивно)

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Технологические свойства семян,

Зерновые сеялки предназначены для высева семян различных культур всеми возможными способами.

В сельском хозяйстве наибольшее распространение нашли сеялки с механическим высевающим аппаратом, т.к. более надежны в эксплуатации в полевых условиях. Несмотря на это сеялки с механическим высевающим аппаратом имеют большой недостаток: все рабочие органы высевающих катушек состоят из металла, имеет место механическое повреждение семян, что в дальнейшем сказывается на урожайности. Потери всхожести семян из-за физических повреждений составляют 5-10% от общего объема.

В силу этих недостатков ученые не на день не прекращают работу над новыми высокотехнологическими разработками в этой области. Создаются новые механизмы с очень сложными технологическими процессами работы. Обеспечивая надежность эксплуатации таким механизмам, автоматически повышается и их стоимость, что является немало важным фактором.

Основными технологическими свойствами семян и клубней, имеющих существенное значение в процессе их посева и высадки в почву, являются:

Форма семян может быть эллипсоидная, шаровидная, пирамидальная, чечевицеобразная.

Размеры характеризуются длиной l , шириной b и толщиной. Длина семян зерновых культур изменяется в пределах от 4 (яровая пшеница) до 8,6 (овес) мм, пропашных культур – от 1,8 до 13,5 мм. Ширина семян зерновых культур изменяется от 1,4 до 4 мм, толщина от 1 до 4,5 мм.

Форма и размеры семян влияют на процесс высыпания из отверстия бункера, от них зависит выбор типа высевающего аппарата и параметры ячеек высевающих дисков сеялок точного высева.

определяется отношением массы семени к его объему. Плотность семян основных полевых культур колеблется от 1 (овес) до 1,4 (горох) г/м³. На ее значение влияют влажность, содержание воздуха и химический состав семян, чем больше плотность семян. Тем выше полевая всхожесть.

Абсолютная влажность семян (натура) – это масса 1000 семян в граммах, что соответствует средней массе одного семени в миллиграммах. Она у зерновых культур составляет 20-42 г, у кукурузы – 150-300 г, гороха – 100-200 г, проса – 7-9 г, гречихи – 15-25 г. этим понятием пользуются, когда нужно более точно охарактеризовать качество семян.

Объемная масса семян (натура) определяется их абсолютной массой и коэффициентом заполнения объема (плотности укладки), представляющим собой отношение фактической массы единицы объема зерна к теоретической массе того же объема. Натура семян основных зерновых культур изменяется в пределах от 400-563 г/л (овес) до 750-880 г/л (озимая пшеница); натура кукурузы – 700-865 г/л.

Значение коэффициента плотности укладки семян для основных зерновых колосовых культур колеблется в пределах 0,58-0,65. Массу 100 семян и абсолютную массу необходимо учитывать при расчете нормы высева семян и при пересчете с заданной нормы, выраженной в числе зерен на 1 га, на норму, выраженную в кг/га.

Прочность семян определяют исходя из нагрузок, вызывающих их повреждение со снижением всхожести и урожайности. Этот показатель для семян хлопчатника и сои составляет 49-52Н, кукурузы – 49-50Н. его следует учитывать при определении оптимальных параметров рабочих органов и режимов их работы.

Упругость семян характеризуют коэффициентом восстановления при ударе, т.е. отношению нормальных составляющих скоростей семени соответственно до и после удара о поверхность.

Соударение в рабочих органах наблюдается при различных процессах: в зерновых сеялках – при движении семян по семяпроводу, в сошниках и в особенности при наличии в них направителей и отражателей семян при падении их на дно борозды.

Аэродинамические свойства семян характеризуются коэффициентом сопротивления, скоростью витания и коэффициентом парусности.

Посев высококачественными семенами является одним из способов борьбы за урожай. Показателями высокого качества семян являются их крупностью и повышенный абсолютный вес. Семена перед посевом должны быть рассортированы не только по размерам, но и по удельному весу. Очень важно, чтобы семена имели одинаковые размеры и одинаковый удельный вес, поскольку такие семена одновременно всходят.

Фрикционные свойства. Основной вид трения семян – трение скольжения. Динамический коэффициент внешнего трения f_g для семян пшеницы, ячменя кукурузы по различным материалам составляют 0,3-0,5. Со статистическим коэффициентом f_{ct} он находится в соотношении $f_D = (0.6-0.7) f_{ct}$. Коэффициент внутреннего трения семян основных

зерновых культур $= 0,44-0,57$.

Угол естественного откоса семян зависит от их влажности. При увеличении влажности зерна пшеницы от 11-12 до 14-15% (критическая влажность зерна) угол естественного откоса увеличивается от 340 до 370.

2. Определение параметров катушечного высевающего аппарата.

Определение размеров катушки.

$$V_o = V_{ж} + V_{ак}$$

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

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

Объем за 1 оборот катушки

$$V_{ак} = C * L * W_{кат} * 60 / n$$

Т.к. $W_{кат} = \pi dn / 60$ получим

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

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

Или $V_o = f_o L$, где f_o – рабочее сечение катушки

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

Можно определить $L = V_o / f_o$

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

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

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

Объемный вес семян зерновых культур

Культура	Объемный вес кг/л
Пшеница озимая	0,753-0,808

Пшеница яровая	0,700-0,815
Рожь	0,700-0,760
Ячмень	0,534-0,678
овес	0,404-0,565

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

Для овса передаточное отношение будет из условия сохранения объема катушки

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

N'_{\max} – наибольшая норма высева

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

3. Расчетные схемы и исходные предпосылки.

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

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

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

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

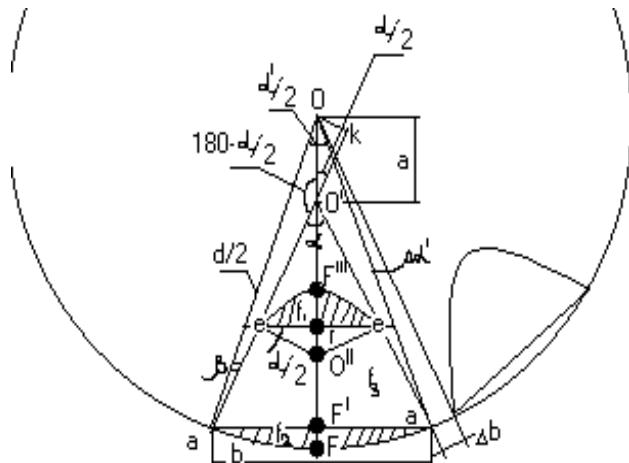
$$\text{тогда получим } \sin \frac{1}{2}(\alpha - \alpha') = 2 \frac{a}{d} \frac{1}{2} \alpha$$

ок

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

ширина желобка измеренная по хорде aa' будет равна

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



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

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

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

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

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

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

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

Например катушка по ГОСТу $d=51\text{мм}$, $\alpha=37^0$, $a=8\text{мм}$, $r=5,5\text{мм}$, условие чтобы $\Delta b \geq 1,5\text{мм}$
По формуле $\alpha'=37-2\arcsin(2*8/51*\sin 18^0 30')=25^0 401$

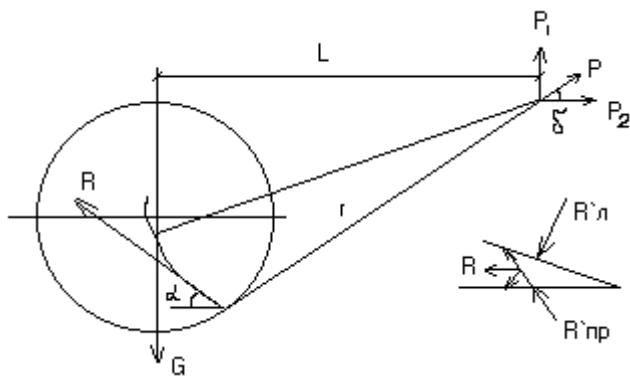
$$B=51\sin(12^0 50')=11,3$$

По формулам $f_1=4,9\text{мм}^2$, $f_2=28,6\text{мм}$, $f_3=14 \text{ мм}^2$ следовательно $f=4.9+28,6+14,0=47,5$
 $\alpha'=0,059$, $\alpha'+\Delta\alpha'=0,448+0,059=0,507$

$z=6,283/0.507=12,3$, т.е. число желобков =12, тогда Δb будет чуть больше вся площадь $f_{ж}=z*f=12*47,5=570 \text{ мм}^2$

установлено с=2,5мм факт= $\pi dC = \pi * 51 * 2.5 = 400 \text{мм}^2$

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



проекции сил по горизонтали

R – сила сопротивления почвы

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

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

Где α угол между горизонталью и направление R

δ -угол наклона к горизонту силы влечения

Для моментов сил $GL = Rr$ (3)

Л, r плечи сил G, r , из выражения 1 и 2 путем исключения α можно получить значение R

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

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

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

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

направление этой силы определяется углом α

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

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

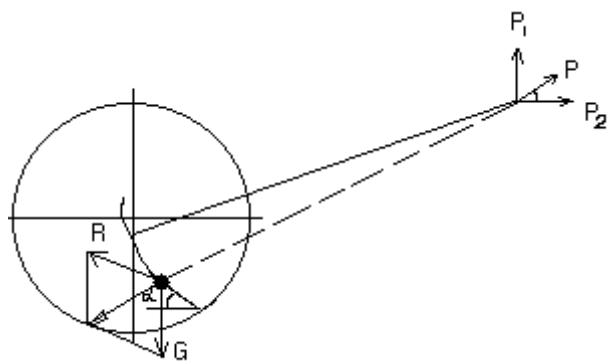
Расстояние от носка сошника до точки подвеса из (3)

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

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

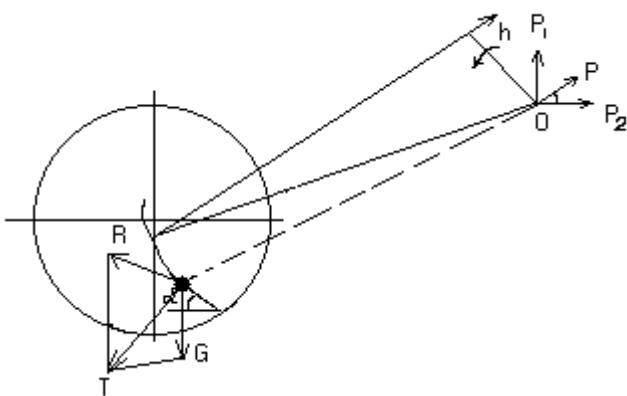
1. Устойчивость хода сошников по глубине при постоянной поступательной скорости сеялки улучшается с удлинением поводка, увеличением веса сошника, уменьшением угла δ наклона поводка
2. Устойчивость хода сошников по глубине не зависит от скорости поступательного движения сеялки, но колебания скорости ухудшают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

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



Равновесие

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

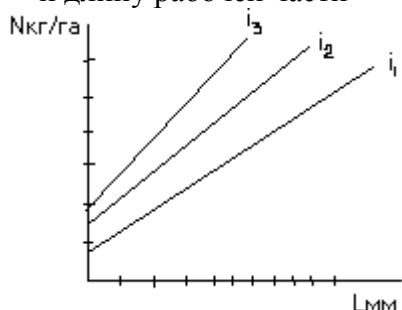


укорочен поводок

Момент Th выглубляет сошник, изменена точка прицепа идет выглубление.

Последовательность установки нормы высева зерновых сеялок

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



2. установить шестерни согласно передаточному отношению
3. Установить рабочую длину катушки
4. Определить число оборотов ходового колеса для засева $1/100$ га
 $F=BL$; $L=\pi dn$; $F=B\pi dn$; $n=F/B\pi d=100\text{м}^2/3,6*3,14*1,22=7,25$ об.
5. Прокрутить 7 оборотов и взвесить семена под каждым семяпроводом – общий вес должен соответствовать $1/100$ N нормы, если не соответствует регулируем
6. Определить неравномерность высева каждым аппаратом для этого
 - Определяем средний высев $Q_{cp}=Q_1+Q_2+\dots Q_n/n$;
 - Определяем отклонение каждым аппаратом $\Delta Q_i = Q_{cp} - Q_i$

в) Определяем процент неравномерности

$$\eta_i = \frac{\Delta Q_i}{Q_{cp}} \cdot 100\% \text{ -- если } \varphi^0 \text{ -- смеющая коробку.}$$

1.6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Основы расчета машин для внесения удобрений»

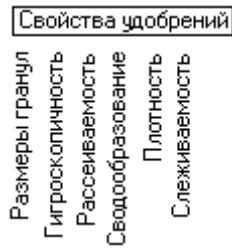
1.6.1 Вопросы лекции:

- 1.Общие сведения- виды удобрений их свойства и способы внесений
- 2.Формы, размеры питающих емкостей
- 3.Аппараты для дозирования удобрений

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

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

Минеральные удобрения бывают гранулированными, порошкообразными, жидкими.



1. Размеры гранул от 1 до 5 мм. Свыше 5мм прочность их падает
2. Гигроскопичность от греческого влагопоглощние свойство минералов материалов поглощать (сорбировать) влагу из воздуха за счет образования хим. Соединений с водой или за счет капиллярный конденсации. Она во многом определяет свойство удобрений. Гигроскопичность оценивают по дясятибалльной шкале. Чем выше балл тем выше гигроскопичность. Аммиачная селитра 5-6баллов, сульфат аммония, хлористый калий, калийная соль –3-4 балла. Фосфоритная мука не гигроскопична.

Рассеиваемость удобрений определяется их влажностью оценивается баллами 10-8 хорошая, 7-6 удовлетворительная, 2-0 плохая.

Сводообразование – способность образовать своды над отверстиями – этот показатель характеризует давлением в N/m^2 которые необходимо приложить для разрушения свода высотой 60мм у отверстия.

Чем больше давление, тем выше способность к сводообразованию. Для порошкообразных удобрений $C=200-500 N/m^2$, диаметр сводообразующих отверстий 50-160мм.

Плотность при влажности 1,5-2%

Аммиачная селитра – 870кг/м³

Сульфат аммония – 770

Калийная соль – 1000-1600

Фосфоритная мука – 750-1400

Следиваемость свойство удобрений образовывать прочные куски и глыбы, сильно проявляется у аммиачной селитры, хлористый калий.

Для измельчения применяют АИР-20.

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; высевающие (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

Бункер служит емкостью для запаса удобрений. Форма и размеры его обусловливаются 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-планчатым. Несущим элементом его является транспортерная лента, перемещающаяся на ведущих и ведомых роликах.

Шнековый транспортер при вращении шнек 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.

Минеральные удобрения разбрасываются дисковыми центробежными аппаратами. Туковые разбросные сеялки имеют тарельчатые высевающие 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 $10\ldots 12^\circ$. 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 $0,015\ldots 0,066$ с-1 тарелка выносит из бункера удобрения тонким слоем, толщина которого регулируется заслонкой в пределах $4\ldots 30$ 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.

1.7 Лекция №7 (2 часа)

Тема: «Расчет машин для внесения органических удобрений»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Расчет дисковых тарельчатых дозирующих аппаратов
- 2.1 Определение толщины слоя удобрений на диске
- 2.2 Расчет пассивных сбрасывателей
- 2.3 Расчет активных сбрасывателей
- 2.4 Транспортерные аппараты и их расчет.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Расчет дисковых тарельчатых дозирующих аппаратов

Теория тарельчатого туковысевающего аппарата.

Технологический процесс тарельчатых туковысевающих аппаратов две основные фазы: вынос слоя туков через регулируемое окно и сбрасывание их с тарелки

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

На частицу m действует центробежная сила mV^2/r и сила тяжести mg разлагая эти силы вдоль борта получим вдоль борта вверх $mV^2/r\cos\beta$ Для определения предельной частоты вращения тарелки, при которой удобрений начинают сбрасываться с неё представим частицу m находящуюся на

Вниз вдоль борта $mgsin\beta$ по нормали $mV^2/rsin\beta + mgcos\beta$

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

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

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

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

Умножим на $r/\cos\beta$ обе части

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

$$V^2 - gr\tan\beta > \tan\varphi V^2 fg\beta + \tan\varphi gr$$

$$V^2 - \tan\varphi V^2 fg\beta > gr\tan\beta + \tan\varphi gr$$

$$V^2(1 - \tan\varphi fg\beta) > gr(\tan\beta + \tan\varphi)$$

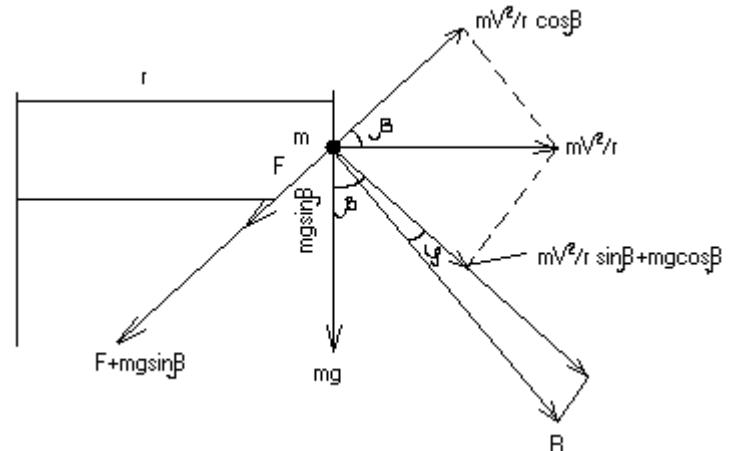
$$V \geq \sqrt{\frac{gr(\tan\beta + \tan\varphi)}{(1 - \tan\varphi fg\beta)}}$$

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

где β - наружный угол наклона бортика тарелки

φ - угол внешнего трения

r - радиус тарелки

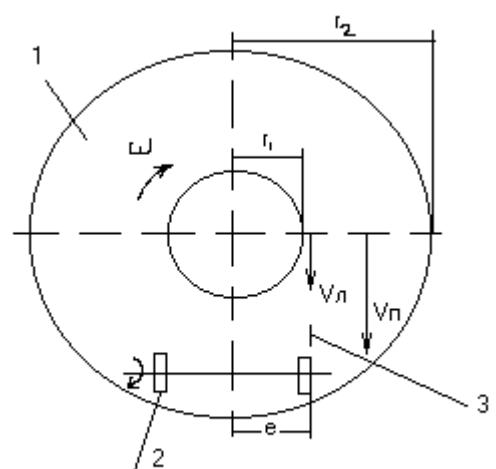
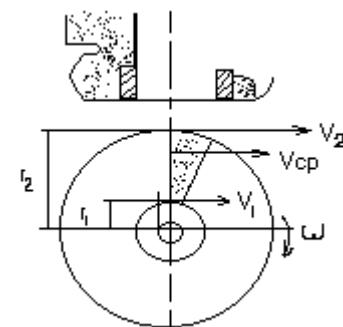


2. Транспортерные аппараты и их расчет.

1. Определение толщины слоя удобрений на диске на диске

Из равенства объемов удобрений направленных к левому и правому сбрасывателям. $V_l h(e - r_1) = V_n h(r_2 - e)$

V_l, V_n , средние скорости подачи туков по правый и левый сбрасыватели.



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

$$тогда - e = \sqrt{\frac{r^2_2 + r^2_1}{2}} - m.e$$

Вывод установка делителя на расстояние e

От оси тарелки обеспечит вынос одинакового количества туков каждым сбрасывателем.

Обоснование оборотов дискового центробежного разбрасывателя

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

ω - угловая скорость диска

f_2, f_1 -коэффициенты трения о диск и лопатку

ψ - угол отклонения лопатки от радиуса ($\psi \neq const$), если лопатка прямолинейная
 $\psi = const$, если лопатка очерчена по логарифмической спирали с полюсом на оси вращения.

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

k_n - коэффициент парусности частиц. Без учета сопротивления воздуха движение частиц

может быть приблизительно выражено параболическим уравнением. $x = V_a t$ — $y = \frac{gt^2}{2}$

где t – время падения

если принять $y=h$ и решив уравнение относительно t и подставив в первое получим

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

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

где Lx – дальность полета

h – высота диска над землей, м

Ширина рассева двухдискового аппарата

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

где La - расстояние между центрами дисков в существующих машинах

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

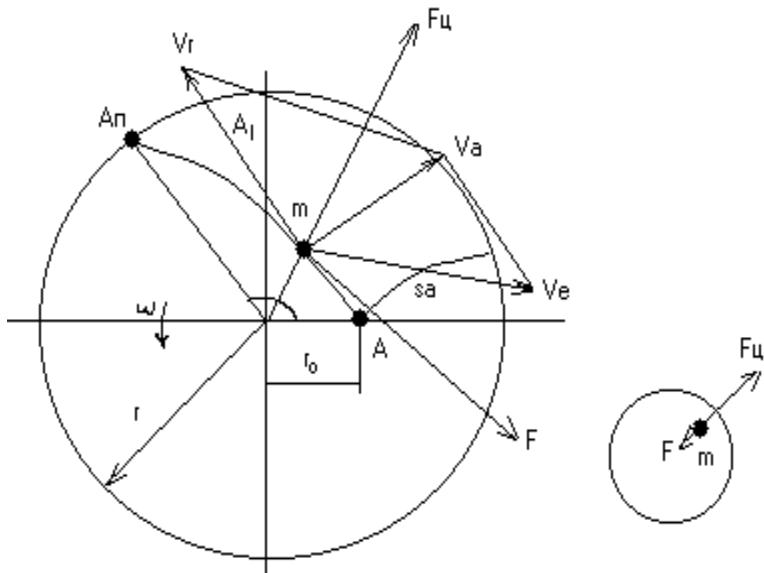
$V_e=V_a=V=6-14\text{м/с}$ $V=(3\dots 4)V_m$

V_m – поступательная скорость агрегата.

2. Расчет пассивных сбрасывателей

Расчет туковызывающих аппаратов с пассивными сбрасывателями

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



1. Равномерно вращающейся плоский диск без лопаток.

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

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

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

Тогда условие равновесия

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

отсюда можно определить угловую скорость

$$\omega = \sqrt{\frac{fg}{r_0}} - \text{ho} - \omega = \frac{\pi n}{30}$$

тогда минимальное число оборотов диска

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

где f - коэффициент трения

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

3. Расчет активных сбрасывателей

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

$$Q'c = \rho S V_{ср}$$

где ρ - плотность удобрения кг/м³

S – площадь поперечного сечения окна

$$\text{но } S = h(r_2 - r_1) \text{ а } V_{cp} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \omega(r_2 - r_1)/2$$

где h – высота тогда

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

с другой стороны

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

Q – норма внесения туков кг/га

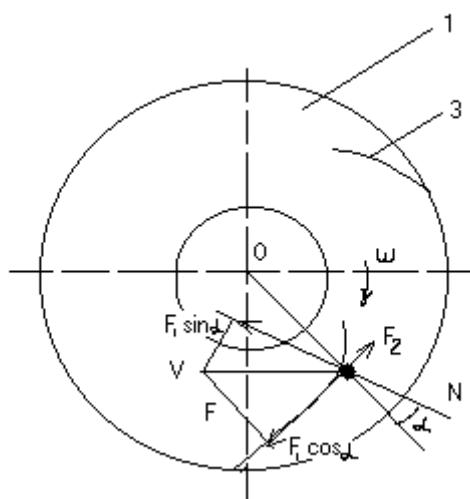
b_p – ширина машины

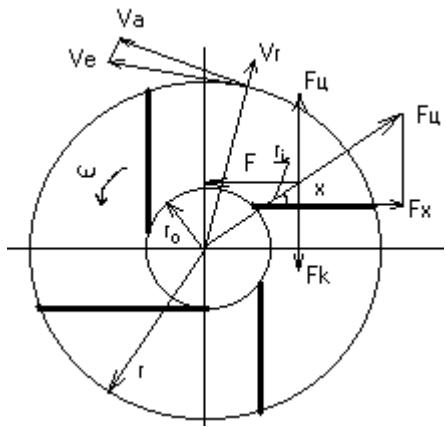
V_m – поступательная скорость м/с

z – число аппаратов

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

Расчет дискового аппарата с лопатками





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

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

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

силы трения о диск $F_1 = f_1 mg \text{ и } o$

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

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

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

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

Нормальная составляющая $F_1 \sin\alpha$ возбудит нормальную реакцию N приложенную к частице со стороны сбрасывателя, а касательная составляющая $F_1 \cos\alpha$ будет стремиться вызвать скольжение частицы по поверхности сбрасывателя которому будет сопротивляться сила трения частицы по сбрасывателю $F_2 = Ntg\varphi = F_1 \sin\alpha \operatorname{tg}\varphi$. Частица будет двигаться к выходной щели если $F_1 \cos\alpha \geq F_1 \sin\alpha \operatorname{tg}\varphi$ или $\operatorname{ctg}\alpha > \operatorname{tg}\varphi$ поскольку $\operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{tg}(90 - \varphi)$, то условие скольжение будет $\alpha \leq 90 - \varphi$.

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

4. Транспортерные аппараты и их расчет.

Органические удобрения

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

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

Наибольшая липкость при влажности 80-85%

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

Распределение удобрений по площади поля

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

Аппараты для дозирования и внесения удобрений

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

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

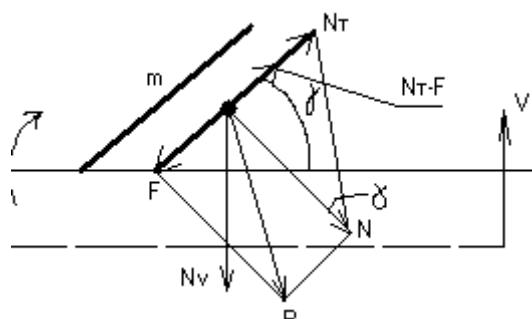
Наибольшее распространение получили механические аппараты – тарельчатые , дисковые шнековые, катушечно – штифтовые , транспортерные. Для подготовки удобрений АИР-20.

Барабанный разбрасывающий аппарата с горизонтальной осью вращения.

Применяются барабанные аппараты двух типов лопастные и шнековые.

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

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



$$N_t = N \tan \gamma$$

Противодействующая ей сила трения

$$F = N \tan \varphi$$

Тогда сила, вынуждающая частицу m перемещаться по плоскости лопатки

$$(N_t - F) = N(\tan \gamma - \tan \varphi)$$

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

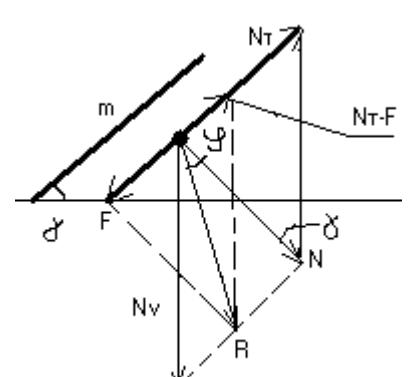
Условие нормальной работы лопатки барабана.

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

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

$$T.e. N \tan \gamma \leq N \tan \varphi$$

$$T.e. \gamma < \varphi$$



Второе условие соблюдается в том случае, если

$Nt > F_{max}$ т.е. $\operatorname{tg} \gamma > \operatorname{tg} \varphi$ т.е. $\gamma > \varphi$ эти два условия совместимы только в случае $\gamma = \varphi$.

Вот для чего мы определяли коэффициент трения, если правильно определить угол φ , то будет нормально работать.

Отсюда вывод угол установки лопаток должен быть равен углу внешнего трения удобрений по рабочей детали машины. Тогда результирующая R будет направлена вдоль вектора Nv т.е единственный действующей силой будет сила Nv т.к. $Nt=F$ и удобрения будут выбрасываться назад по ходу движения. Этим и ограничивается захват машины. Попытки увеличить захват машины неизбежно связаны с изменением направлением результирующей R т.е. увеличение угла γ , что ведет к проскальзыванию удобрений по лопаткам и вызывает уменьшение их нормы внесения.

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

Составляющие скорости V

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

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

Вершина параболы определяется абсциссой

$$x=a=V_x t$$

можно определить из выражения проекций V_y и gt на ось y

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

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

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

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

Условие нормальной работы разбрасывающего аппарата необходимо, чтобы

$Q_{\text{трассп}} < Q_{\text{ротора}}$ - производительность ротора

$$h V_{tr} < b_p h_p V_a$$

где b_p, h_p - ширина и высота захвата ротора

h - толщина слоя подаваемая транспортера

масса лопатки ротора $V_{tr} = b_p h_p V_a / h V_{tr}$

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

Определение режимов работы транспортерного аппарата.

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

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

где ρ - плотность кг/м³

V_{mp} - скорость транспортера, м/с

b_{mp} - ширина транспортера, м

h - приведенная толщина удобрений подаваемых транспортером, м

С другой стороны подачу Q кг можно подсчитать по формуле

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

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

b_p - ширина их разбрасывания, м

V_m - скорость движения машины, м/с.

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

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

формула позволяет определить необходимую скорость транспортера в зависимости от скорости машины, нормы внесения Q_h и толщины слоя в кузове h .

1. 8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Проектирование уплотняющих рабочих органов.»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Уплотняющие и опорные органы машин.

2. Обоснование основных параметров катков

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

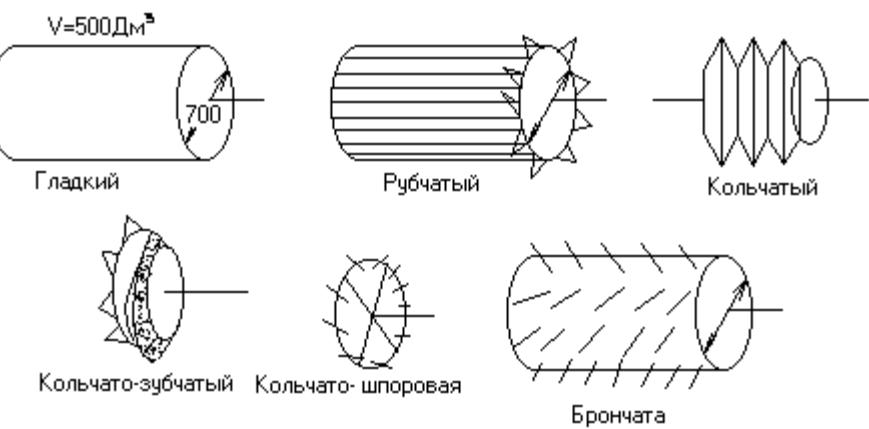
1. Уплотняющие и опорные органы машин.

Уплотняющие и опорные органы машин.

Катки относятся к числу рабочих органов для поверхностной обработки почвы, т.к. они предназначены для выполнения технологической операции уплотнения почвы. Колеса - к числу вспомогательных, служебных органов т.к. они выступают в роли опор. Или одновременно и движителей машины. Их объединяет единство геометрической формы – в основе тех и других лежит круговой цилиндр с горизонтальной осью вращения и аналогичный характер воздействия на почву

Катки могут быть использованы для обработки почв как до посева так и после. До-для выравнивания и уплотнения не осевшей почвы после предпосевной обработки – после для уплотнения почвы после посева и обеспечения контакта семян с влажной почвой и улучшения притока влаги по капилярам к ним из нижних слоев.

Катки могут быть – гладкими, рубчатыми



2. Обоснование основных параметров катков

Основные параметры катков (колес) – это диаметр и длина (ширина) обода и коэффициент трения о почву. Диаметр должен быть таким, чтобы при встрече с крупным комком, каток

легко перекатывался через него, не толкал его вперед. При перекатывании через комок давление концентрируется на нем и разрушает его или он вдавливается в почву. В противном случае каток будет толкать его перед собой т.е. будет происходить сгруживание почвы.

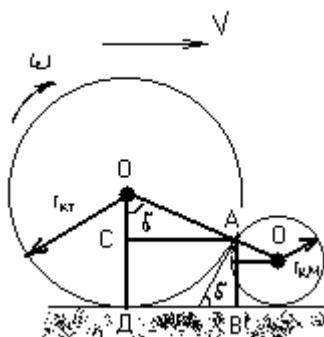
Следовательно для нормальной работы катка необходимо зацепление почвенных комков. Т.е. должно соблюдаться условие $\delta \leq \varphi_1 + \varphi_2$,

Где δ - угол зацепления

φ_1 - угол трения комка о каток

φ_2 - угол трения комка о почву.

Для получения зависимости между радиусами комка r_{km} и радиусом катка r_{kt} выразим высоту расположения точки контакта катка и комка АБ через r_{km} и r_{kt}



$$r_{km} - r_{km} \sin \delta = r_{km} + r_{km} \cos \delta$$

$$r_{km} - r_{km} \sin^2 \frac{\delta}{2} = r_{km} \cos^2 \frac{\delta}{2} : \text{или} - \frac{r_{km}}{r_{km}} = \operatorname{tg}^2 \frac{\delta}{2}$$

$$\text{отсюда} - r_{km} = \frac{r_{km}}{\operatorname{tg}^2 \frac{\delta}{2}}$$

или считая что $\delta = \varphi_1 + \varphi_2$ то получим

$$r_{km \min} = r_{km} / \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = r_{km} : \operatorname{ctg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

$r_{km \min}$ - который будет зацепляться донным катком равен

$$r_{km \min} = r_{km} \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} : \text{если} \varphi_1 = \varphi_2 \text{ то} r_{km \min} = r_{km} + \operatorname{tg}^2 \varphi$$

Вывод 1. Минимальный радиус катка прямо пропорционален среднему радиусу катков по поверхности обрабатываемого поля – комки можно измельчать.

2. Чем больше коэффициент трения катка о комок тем меньше может быть радиус катка коэффициент можно изменять изменяя например поверхность гладкую на гладко – рубчатую.

3. В зависимости от структурного состава почвы и размеров комков на поверхности поля целесообразно применять катки разного диаметра в различных почвенных зонах

4. Длину катка выбирают из условий рельефа. Для равнинных условий она как правило до 2-х м., для горных не более 1м.

1.9 Лекция №9 (2 часа)

Тема: «Режимы качения. Зависимость тягового сопротивления от параметров катка и свойств почвы»

1.9.1 Вопросы лекции:

1.Режимы качения

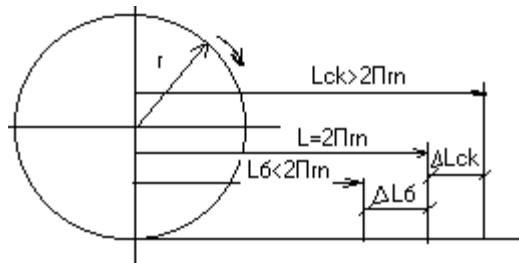
2.Зависимость тягового сопротивления от параметров катка и свойств почвы

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1.Режимы качения

При качении без скольжения и буксования. $L=2\pi rn$

при качении со скольжением каток пройдет путь больший чем $L=2\pi rn$



в этом случае часть пути каток проходит ΔLck - со скольжением

Такой режим характерен для большинства катков и ведомых колес.

При качении с буксованием путь $Lб$ меньше чем $2\pi rn$ и часть пути оказывается потерянный. Такой режим характерен для ведущих колес, катков.

$$\text{степень_скольжения_}\xi = \frac{\Delta Lck}{Lck} = \frac{2\pi(r + \Delta r)n - 2\pi rn}{2\pi(r + \Delta r)n} = \frac{\Delta r}{r + \Delta r}$$

изменяется от 0 до 1

$$\text{коэффициент_буксования_}\eta = \frac{\Delta Lб}{Lб} = \frac{2\pi(r + \Delta r)n - 2\pi rn}{2\pi(r + \Delta r)n} = \frac{\Delta r}{r + \Delta r}$$

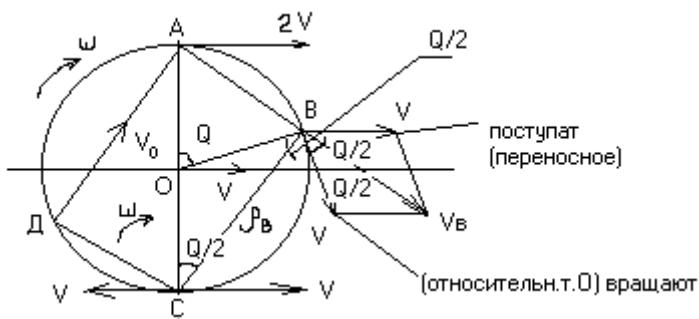
от 0 до ∞

Скорости точек при движении.

Движение без скольжения и буксования

Может происходить с образованием и без образования колеи. Любая точка участвует в двух движениях : поступательном (переносном) вместе с орудием и вращательном (относительном) относительно оси О.

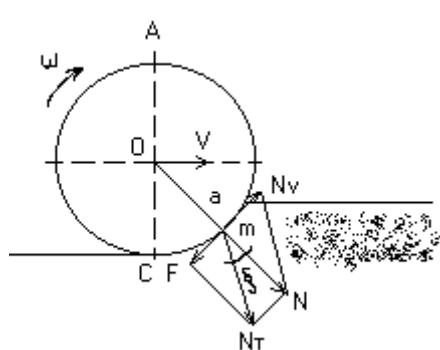
При движении без ск. и буксв. относит. и переносном скорости равны по модулю, но относительная скорость изменена по направлению. Поэтому абсолютная скорость как геометрическая сумма этих двух скоростей в процессе движения изменяется как по величине так и направлению.



В точке С векторы относительной и переносной скорости направлены по одной прямой, но в разных направлениях. Следовательно абсолютная скорость т. С=0, а точно носит название мгновенно центра скоростей (МЦС) т.к. все остальные точки катка в данный момент в абсолютном движении поворачиваются относительно МЦС, то их абсолютная скорость пропорциональна угловой скорости вращения и расстоянию этих точек от точки С например абсолютная скорость т. В=V_б=ωρ_В, если к ρ_В - провести перпендикуляр, то он покажет направление абсолютной скорости.

Качение с образованием колеи

Пусть каток катится по полю с образованием колеи. Т. а перемещаясь в направлении скорости V_a давит на соприкасающиеся с ней почвенную частицу по нормали с силой N. Разложим силу N на две составляющие по направлению скорости т. а вокруг МЦС и по касательной к окружности N_v и N_t.



$$N_t = N \tan \xi$$

Сила N_t стремиться заставить почвенную частицу m скользить по рабочей поверхности катка. Но этому препятствует сила F трения. Характер движения почвенной частицы будет зависеть от соотношения угла ϕ и ξ угла

Если $\xi < \phi$, то $N_t = N \tan \xi < F_{max} = N \tan \phi$

и скольжения не будет т.к. сила трения вызванная действием силы N_t не

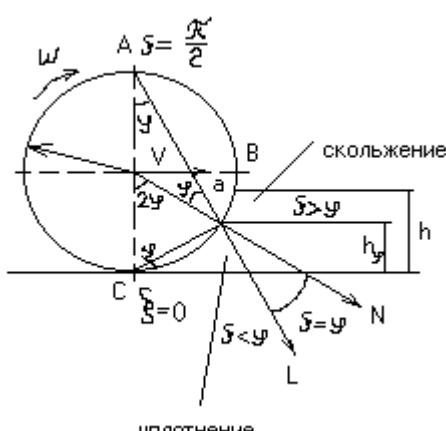
достигнет своего максимума и как сила реакции будет равна возбудившей её силе N_t=F. В этом случае силы уравновешиваются и почвенная частица m окажется лишь под действием силы N_v при этом частица m будет перемещаться вместе с точкой a катка, в направлении ее скорости V_p т.е. будет происходить уплотнение без проскальзывания.

Если $\xi < \phi$, то $N \tan \xi > N \tan \phi$

Следовательно N_t>F_{max}. В этом случае сила трения достигнув своего максимума не

уравновешивает N_t и уплотнение почвы будет сопровождаться скольжением почвенных частиц под действием силы N_t-F_{max}=N(tan ξ - tan φ).

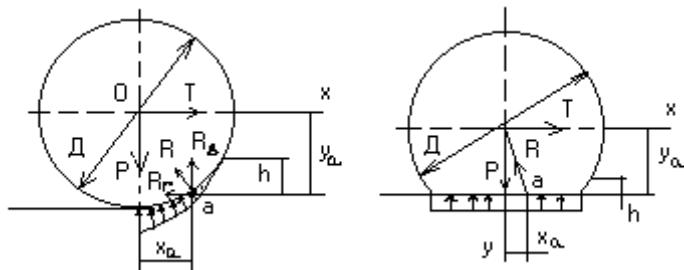
угол ξ изменится от О в т. С до $\frac{\pi}{2}$ в т. А



в процессе возрастания от 0 до $\frac{\pi}{2}$ ξ принимает и значение $\xi = \varphi$, тогда выше т. а происходит скольжение почвы а ниже т. а уплотнение без скольжения как видно из рисунка $h_y = OC - OD = r - r \cos 2\varphi = 2r \sin^2 \varphi$ следовательно на глубине от 0 до $h - h_y$ от поверхности поля будет скольжение, а от $h - h_y$ до h уплотнение почвы без скольжения т.е. при контакте частицы или комка выше т. а, где $\xi \geq \varphi$ будет происходить скольжение а при контакте ниже т. а т.е. диаметре комка меньше предельного будет происходить его уплотнение, т.е. вдавливание в почву или разрушение.

Движущий момент и момент сопротивления

Пусть каток движется по полю с образованием колеи. В этом случае к оси вращения О приложена вертикальная сила Р складывающаяся из веса части машины и веса самого катка и горизонтальная сила тяги или толкающая сила Т. Вместе эти силы дают равнодействующую которая обязательно пересекает дно колеи в некоторой точке а. Действие этой силы вызывает реакцию колеи R приложенную к катку в той же точке а по направлению в противоположную сторону. Эта реакция колеи R складывается из элементарных сил, значения которых при относительно небольшой глубине колеи пропорциональны линейной деформации почвы.



Разложив силу R на две составляющие-горизонтальную и вертикальную R_t и R_v составим условие равновесия (равномерного движения катка) которое определяется следующими уравнениями.

$$\sum x = T - R_g = 0 \quad (1)$$

$$\sum y = P - R_v = 0 \quad (2)$$

$$\sum m_z (A) = Ty - Px_a = 0 \quad (3)$$

Из первого уравнения следует, что $T = R_g$; $P = R_v$. Следовательно на каток действует две пары сил Р и R_v и Т и R_g

Т и R_g с плечом y_a образуют движущий момент а вторая пара Р и R_v с плечом x_a момент сопротивления. Тогда из третьего уравнение системы $T = P \frac{x_a}{y_a}$ (4)

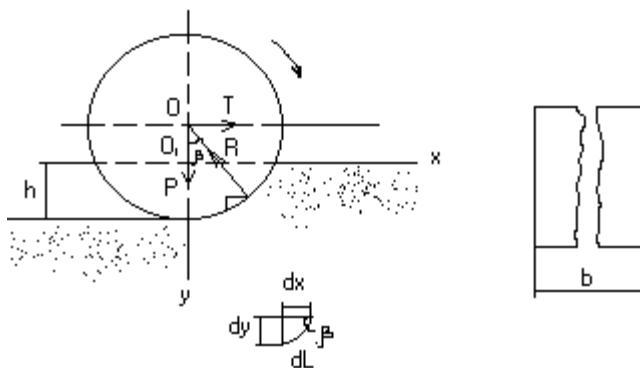
2. Зависимость тягового сопротивления от параметров катка и свойств почвы.

Из рисунка видно 1) чем меньше глубина колеи, тем меньше плечо x_a и следовательно меньше момент сопротивления P^*x_a и сила Т.

2) Из выражения четыре следует, что с увеличением диаметра катка D увеличивается y_a и уменьшается сила Т.

Например при увеличении диаметра катка вдвое почти вдвое увеличивается и плечо y_a а плечо x_a удлиняется в меньшей мере, а глубина колеи уменьшается. Уменьшение силы T произойдет как в следствии увеличения плеча y_a так и в следствии уменьшения глубины h

3) Из рисунка и выражения следует, что для качения пневматического колеса (катка) при одинаковом диаметре D и вертикальной нагрузки P потребуется меньше усилие T . Во первых в следствии деформации шины увеличивается опорная площадь, что вызывает уменьшение удельного давления, а следовательно глубины колеи а при меньшей глубине колеи требуется меньшая энергия на деформацию, а следовательно и на качение колеса. Во вторых при жестком ободе элементарные силы реакции почвы располагаются лишь перед нижним концом вертикального диаметра, а при пневматическом ободе по обе стороны от нижнего конца диаметра. По этой причине равнодействующая элементарных сил при пневматическом ободе расположится ближе к нижнему концу диаметра (плечо x_a меньше), что приведет к снижению момента сопротивления и уменьшению движущей силы T .



Пусть каток катится по полю и образует колею. Выбрав начало координат O_1 в точке пересечения вертикального диаметра с поверхностью поля выделим на дуге окружности обода катка элементарный отрезок dL . При длине катка b на его поверхности будет выделена площадь $dS = bdL$, которую с достаточной точностью при малом dL можно считать прямоугольником

Тогда элементарная сила реакции на эту площадь будет равна $dR = \sigma bdL$, где σ - напряжение сжатия почвы

При относительно небольшой глубине

$\sigma = gy$ - где

g - коэффициент объемного сжатия

y - линейная деформация почвы

часть сегмента со сторонами dy , dx и dL с точностью до малых высшего порядка можно считать треугольником в котором угол между dL и dx = β - центральный угол т.к. взаимно перпендикулярные стороны.

Тогда $dL = dy / \sin \beta$, подставим в выражение для элементарной силы получим

$$dR = bgydy / \sin \beta$$

в результате интегрирования имеем

$$R = \frac{bg}{\sin \beta} \int_0^h y dy = \frac{bg h^2}{2 \sin \beta}$$

т.к. из рисунка $T = R \sin \beta$, то $T = bgh^2 / 2$ – вывод: сила T зависит от b , g и h^2

Однако в уравнение не входят такие параметры как D и P .

Подставим в выражение элементарной силы dR вместо dL его значение через dx ; $dL = dx / \cos \beta$ и изменив пределы интегрирования получим

$$R = \frac{bq}{\cos \beta} \int_0^x y dx$$

верхний предел $x = \sqrt{Dh}$

а $y = h = x^2/D$ получим

$$R = \frac{2bgh\sqrt{Dh}}{3\cos \beta}$$

При условии равновесия $P = R \cos \beta$

Следовательно $P = 2/3bgh\sqrt{Dh}$

$$\text{Отсюда } h = 1,31 \sqrt{\frac{P^2}{b^2 g^2 D}}$$

$$\text{Или } T = 0,863 \sqrt{\frac{P^4}{b g D^2}}$$

В практике пользуется упрощенной формулой $T = \mu P$ где $\mu = 0,863 \sqrt{\frac{P}{g b D^2}}$

μ - коэффициент перекатывания

Зная вес катка и его диаметр можно определить колею, или задаваясь колеёй определить диаметр катка

$\frac{1}{\mu}$ - транспортирующая способность.

Принимая $\frac{2}{3}gh\sqrt{h} = k$ формула примет $P = kb\sqrt{D}$

Причем предлагается брать

Машины почвообработки $k = 3 \dots 4$

Уборочные $k = 4 \dots 5$

Транспортные $k = 6 \dots 7$

Формула проста и позволяет для любого диаметра подобрать подходящую ширину обода b и наоборот Например полевое колесо тракторного плуга несет нагрузку 450 кг.

Определить b и D

Исходя соображений конструктивного характера берем $D = 60$ см., для $k = 4$ определяем ширину обода

$$b = \frac{450}{4\sqrt{60}} = 14.5 \text{ см}$$

Выводы:

Вопросы:

Для пневматических шин

$$T = C_1 G_3 \sqrt{\frac{P}{q_0 D}} + C_2 \sqrt{\frac{G^2}{P D^2}}$$

C_1 - коэффициент определяет слагающую тягового сопротивления на деформацию пути

C_2 - коэффициент определяет слагающую тягового сопротивления на деформацию шины

P - давление в шине

1. 10 Лекция №10 (2 часа).

Тема: «Теория режущего аппарата»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Типы режущих аппаратов
2. Достоинства и недостатки режущих аппаратов. скорость, ускорение ножа

1.10.2 Краткое содержание вопросов

1. Типы режущих аппаратов

При заготовке кормов растения срезаются режущими аппаратами косилок или кормоуборочных машин, которые бывают подпорного и бесподпорного резания.

При подпорном резании стебель защемляется между двумя лезвиями, одно из которых подвижное (режущее), второе – неподвижное (противорежущее). Резание происходит при скоростях 1,5…3,0 м/с. К режущим аппаратам подпорного резания относят сегментные, которые, в свою очередь, можно подразделить на сегментно-пальцевые и сегментно-беспальцевые режущие аппараты. Наибольшее распространение получили сегментно-пальцевые аппараты.

К режущим аппаратам бесподпорного резания относят ротационные, или ротационно-дисковые и роторные, или ротационно-барабанные. Они работают при скоростях резания порядка 50…65 м/с.

Сегментно-пальцевый режущий аппарат состоит из пальцевого бруса 7 с закрепленными на нем пальцами 2 и ножа, совершающего возвратно-поступательное движение (рис. 10.1). К пальцу прикреплена стальная противорежущая пластина 13 с острыми боковыми гранями, имеющими насечки для удерживания срезаемых стеблей. Пальцы крепятся на пальцевом брусе болтами. Пальцы бывают закрытые и открытые. Закрытые имеют сверху отросток, ограничивающий движение ножа в вертикальной плоскости. Выступы и ушки на пальцах предотвращают конструкцию от бокового смещения пальцев. Палец имеет желобок для спинки ножа.

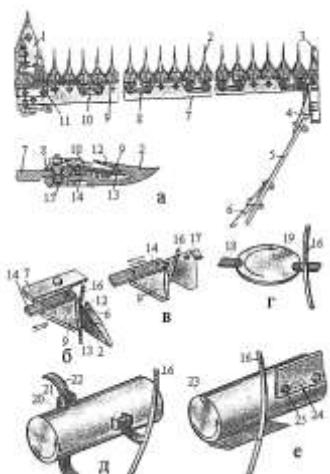


Рис. 10.1. Типы режущих аппаратов:

а, б – сегментно-пальцевый; в – сегментный беспальцевый; г – ротационный; д, е – роторный; 1 – внутренний башмак; 2 – палец; 3 – наружный башмак; 4 – опорный полозок; 5 – доска стеблеотвода; 7 – пальцевый брус; 8 – пластина трения; 9, 17 – сегменты; 10 – прижим; 11 – головка ножа; 12 – отросток; 13 – противорежущая пластина; 14 – спинка ножа; 15, 25 – болты; 16 – стебель срезаемого растения; 18, 22, 24 – ножи; 19 – диск; 20, 23 – барабаны; 21 – ось шарнирного соединения ножа с барабаном.

Нож состоит из спинки 14, сегментов 9 и головки 11 с полым шаром. Сегменты – это стальные пластины трапецидальной формы с острыми боковыми гранями. Сегменты и головка соединены со спинкой ножа заклепками. Ложечки шатуна охватывают шар, в результате образуется шаровой шарнир.

Для скашивания сеянных трав и грубостебельных растений применяют сегменты с насечками на режущих кромках. Для среза растения насечным сегментом требуется большее усилие по сравнению с гладким сегментом. Однако насечные сегменты не нужно точить, и они надежно удерживают стебли в режущей паре.

Чтобы при срезании растений уменьшить усилие на перемещение ножа и ограничить отклонение ножа назад и вверх, устанавливают пластины трения и прижимы. Прижимы прижимают нож к противорежущим пальцевым пластинам. Носок сегмента должен соприкасаться с пальцевой пластиной, а основание – опираться на пластину трения.

Для нормальной работы режущего аппарата пальцево-сегментного типа зазоры должны быть равными: 0...0,5 мм – между прижимом и сегментом и между носком противорежущей пластины и сегментом и 0,5...1 мм между пяткой противорежущей пластины и сегментом. В крайних положениях ножа оси симметрии сегментов и оси пальцев должны совпадать.

Под пальцевым бруском на концах режущего аппарата закреплены наружный 3 и внутренний башмаки 1, на которые опирается режущий аппарат во время работы и относительно которых регулируется высота среза.

Пальцево-сегментные режущие аппараты могут быть нормального, низкого и скоростного резания. Наиболее широко применяются режущие аппараты нормального резания. Для них:

$$S=t=t_0=76,2 \text{ мм}, \quad (10.1)$$

где S – ход ножа из одного крайнего положения в другое; t – шаг режущей части, т.е. расстояние между осями сегментов; t_0 – шаг противорежущей части, т.е. расстояние между осями пальцев.

2. Достоинства и недостатки режущих аппаратов. скорость, ускорение ножа

На режущих аппаратах низкого резания в два раза чаще расставлены пальцы. Для них:

$$S=t=2t_0=76,2 \text{ мм}. \quad (10.2)$$

Режущие аппараты скоростного резания характеризуются двойным пробегом сегментов. Для них:

$$S=2t=2t_0=101,6 \text{ мм}. \quad (10.3)$$

Сегментно-беспальцевый режущий аппарат отличается от сегментно-пальцевого конструкцией противорежущего элемента, в качестве которого применяют подвижные или неподвижные сегменты (ножи). Такие аппараты хорошо работают при срезании спутанных и полеглых растений.

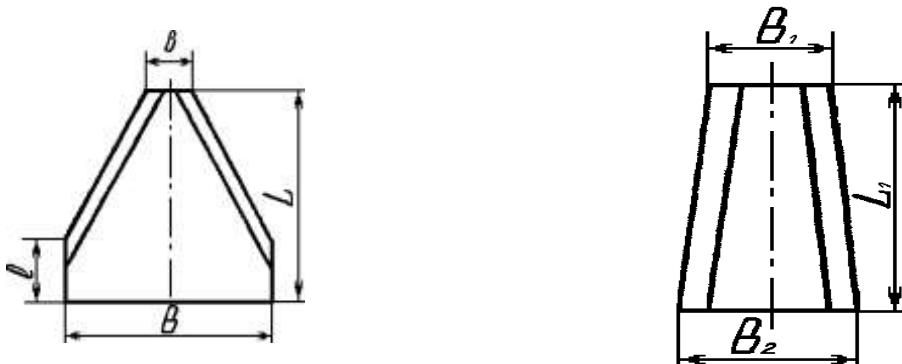
Ротационный или ротационно-дисковый режущий аппарат состоит из бруса и дисков, вращающихся вокруг вертикальной оси, с ножами, закрепленными на диске шарнирно или жестко. Вращаясь с окружной скоростью 50...65 м/с, ножи срезают стебли растений. Такие аппараты позволяют работать на высоких скоростях и обеспечивают качественный срез высокоурожайных и грубостебельных растений.

Ротационный или ротационно-барабанный режущий аппарат состоит из барабана (ротора), вращающегося вокруг горизонтальной оси и ножей, закрепленных на барабане шарнирно или жестко.

При вращении ротора ножи срезают стебли и бросают их на транспортирующее устройство или в транспортное средство. При работе роторных режущих аппаратов срез растений совмещен с их частичным измельчением, однако длина измельченных частиц варьирует в пределах до 20 см, т.е. качество измельчения режущими аппаратами роторного типа невысокое.

Размеры сегмента и противорежущей пластины

Рис.1. Сегмент и противорежущая пластина



1. Размеры сегментов и противорежущих пластин для режущих аппаратов косилок и жаток (мм)

Машина	Сегмент				Пластина		
	B	b	L	ℓ	b_1	b_2	L_1
Косилка	76	16	80	25	27	37	65
Жатка	76	16	75	21	21	24	58
Жатка грубостебельная	90	12	85	34	21	37	65

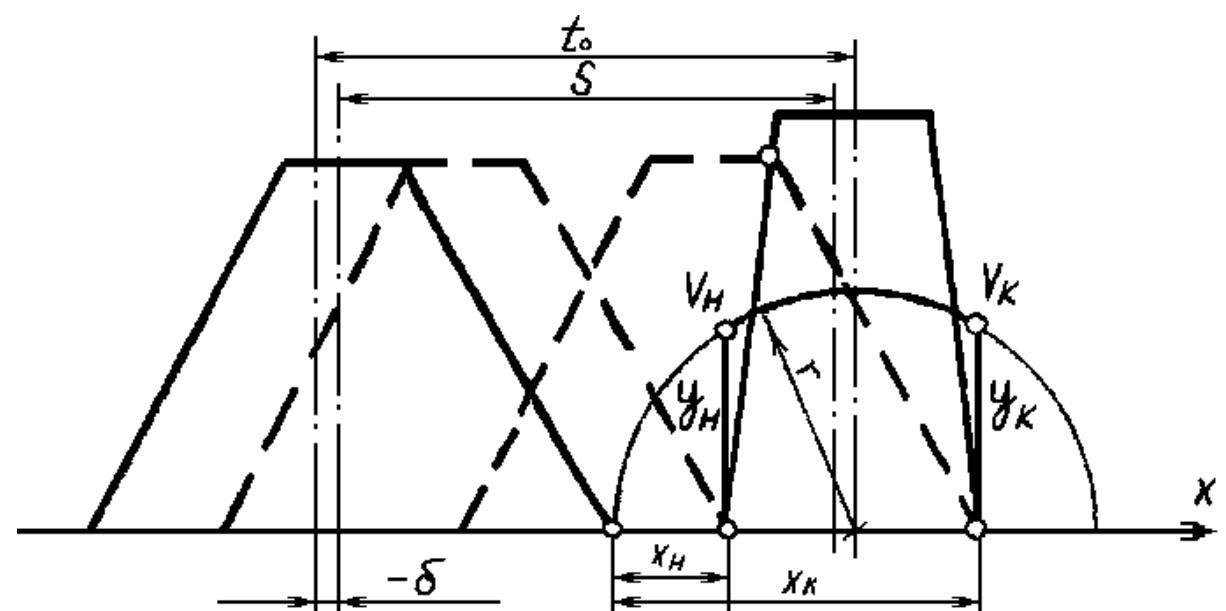
Отложив от угла сегмента вправо расстояние $r = \frac{S}{2}$ из полученной точки, как из

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.

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

Перемещая сегмент вдоль пальцевого бруса, найдем моменты x_h и x_k – начала и конца резания. Им соответствуют ординаты y_h и y_k , которые в масштабе v_h 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 однопробежного с недобегом ножа

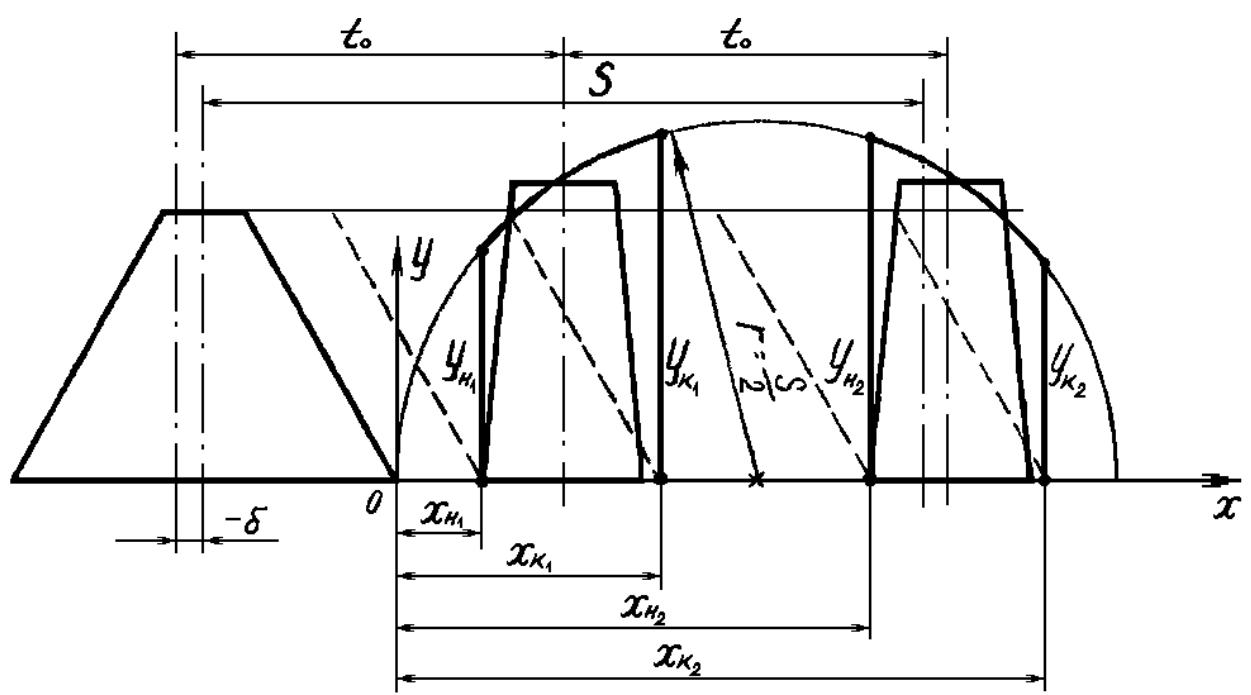


Рис.3. График скоростей резания для аппарата нормального двухпробежного с перебегом ножа

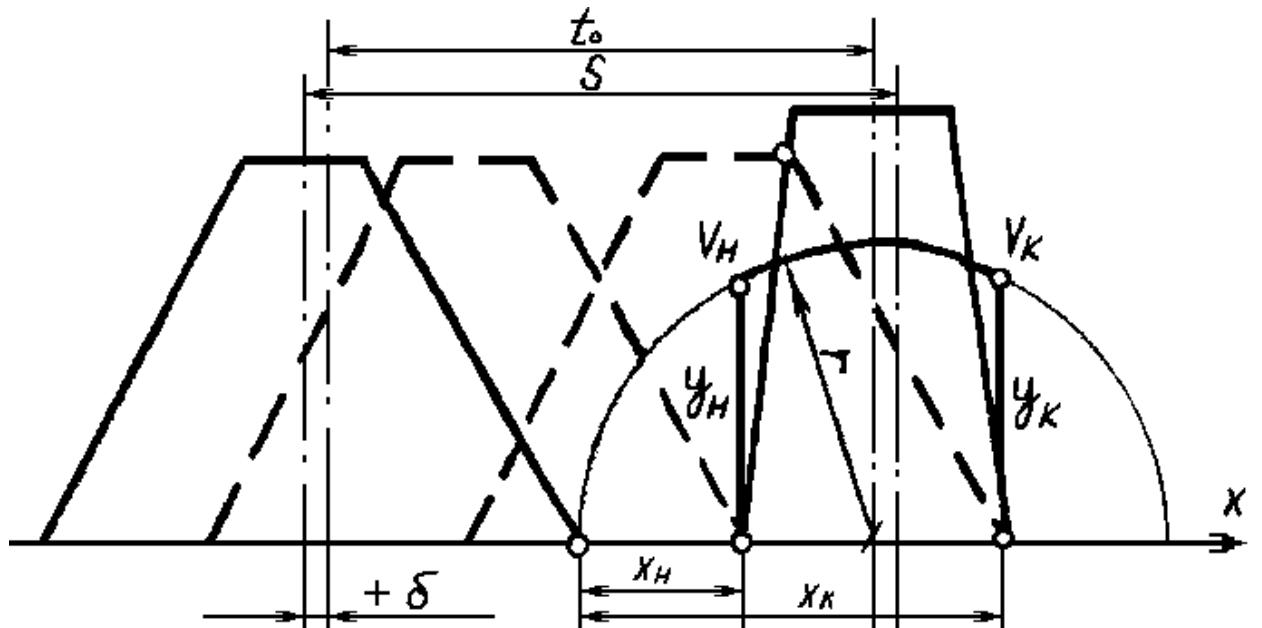


Рис. 4. График скоростей резания для аппарата нормального однопробежного с перебегом ножа

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

ОПРЕДЕЛИТЬ ПОДАЧУ: $h = \frac{\pi \cdot V_m}{\omega}$ (м)

4.2. ОТГИБ СТЕБЛЕЙ

Рас считать наибольший поперечный отгиб:

$$q_0 = \left(t_0 - \frac{b_{cp}}{2} \right) \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \theta} ;$$

где $\tan \theta = \frac{h}{\pi \cdot r}$; θ - угол поперечного отгиба;

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b_2}{2}$$

Рассчитать наибольший продольный отгиб:

$$q_1 = y_f - y_e ;$$

где

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

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

$$h' = L - e$$

Для однопробежных аппаратов: $x_f = r + \frac{b_{cp}}{2}$;

$x_e' = \frac{b_{cp} - b}{2}$ – если аппарат центрированный ($S = t_0$);

$x_e' = \frac{b_{cp} - b}{2} + \delta$ – если имеется перебег ($S > t_0$);

$x_e' \approx h'$ – если имеется недобег ($S < t_0$);

Для двухпробежных аппаратов:

$$x_f = \frac{B + b_{cp}}{2} ;$$

$$x_e' = r + \frac{b_{cp} - b}{2} .$$

Окончательный выбор скорости вращения кривошипа

Сопоставьте значения наибольшего продольного и поперечного отгибов. Для косилок продольной отгиб должен быть меньше поперечного или, в крайнем случае, приблизительно равняться ему – $q_1 \leq q_0$

Для жаток допустимо некоторое превышение продольного отгиба над поперечным, но чем меньше продольный отгиб, тем меньше вероятности потерь колосьев.

Если при сопоставлении отгибов условие не выполняется, нужно увеличить частоту вращения кривошипа ω , вновь рассчитать подачу и отгибы, сравнить их. И так, до тех пор, пока не получим желаемого соотношения отгибов.

Увеличивать ω необходимо понемногу, так как это ведет к резкому увеличению сил инерции и затрат мощности на работу аппарата. Поэтому, выбрав ω , желательно сразу подсчитать потребную мощность (см. пункт 4.9) и сравнить ее с затратами мощности на работу режущих аппаратов существующих машин этого же класса.

Принимая во внимание соотношение отгибов и затраты мощности, выбрать окончательно частоту вращения кривошипа. Это значение ω использовать во всех последующих расчетах и графических построениях.

1. 11 Лекция №11 (2 часа).

Тема: «Проектирование режущего аппарата»

1.11.1 Вопросы лекции:

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

1.11.2 Краткое содержание вопросов

1. Площадь нагрузки на лезвие

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

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

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

пальцев, проводятся под углом $\beta + \phi_2$ к горизонтали (см. точки а, е, с и др. на рис. 6).

Доказано, что

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

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

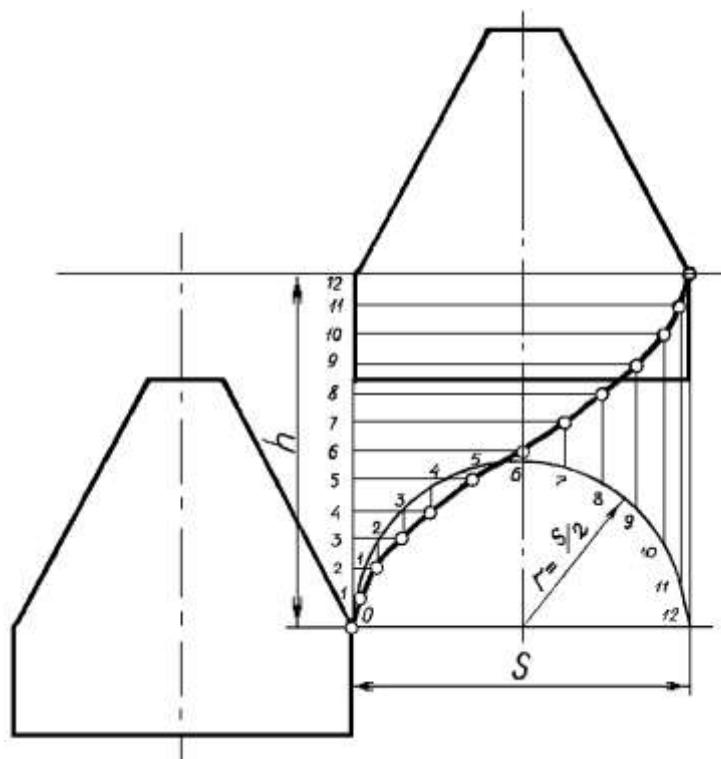


Рис.5. Построение траектории движения нижней точки лезвия (аппарат центрированный однопробежный)

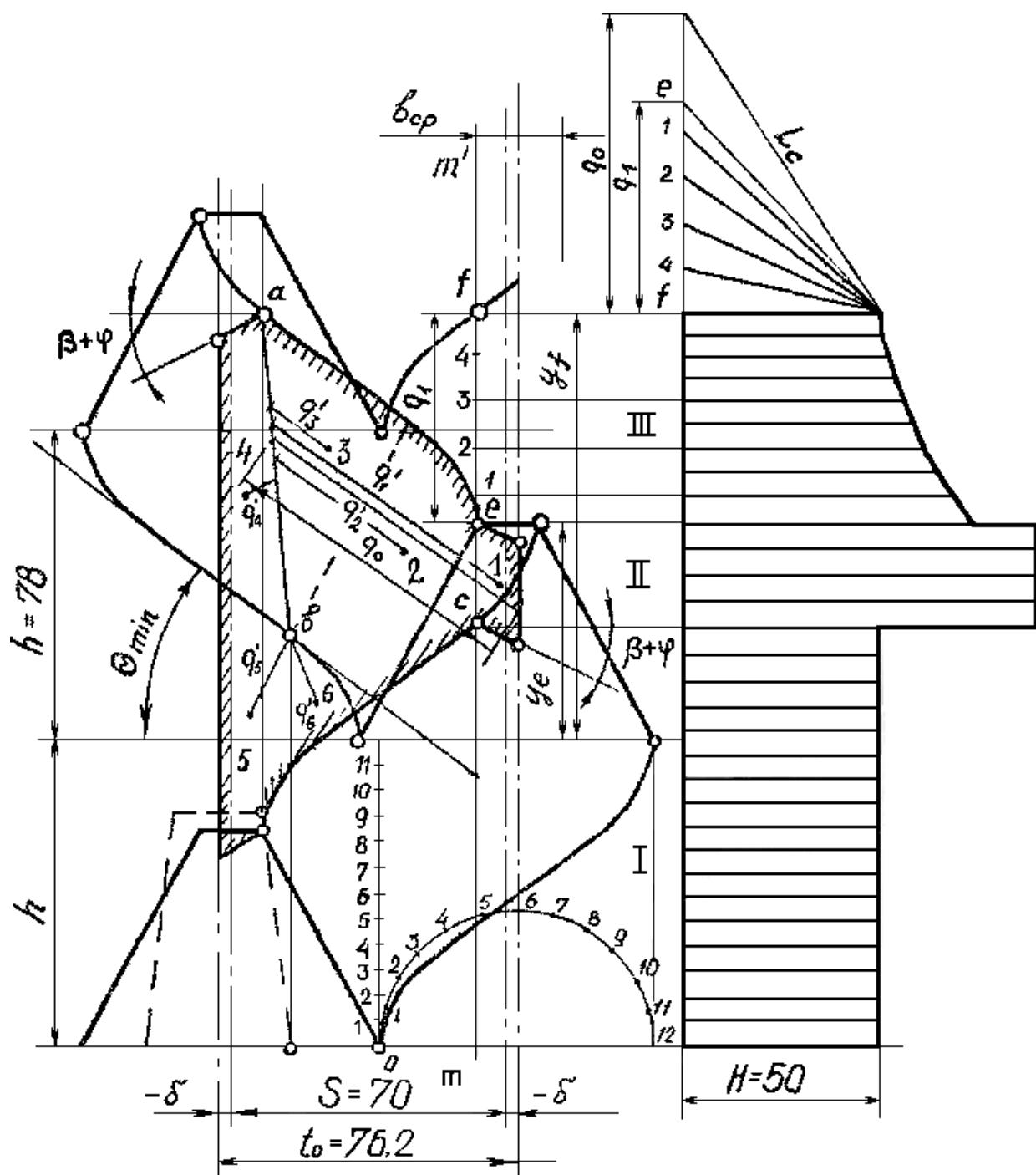


Рис. 6. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат однопробежный с недобегом ножа)

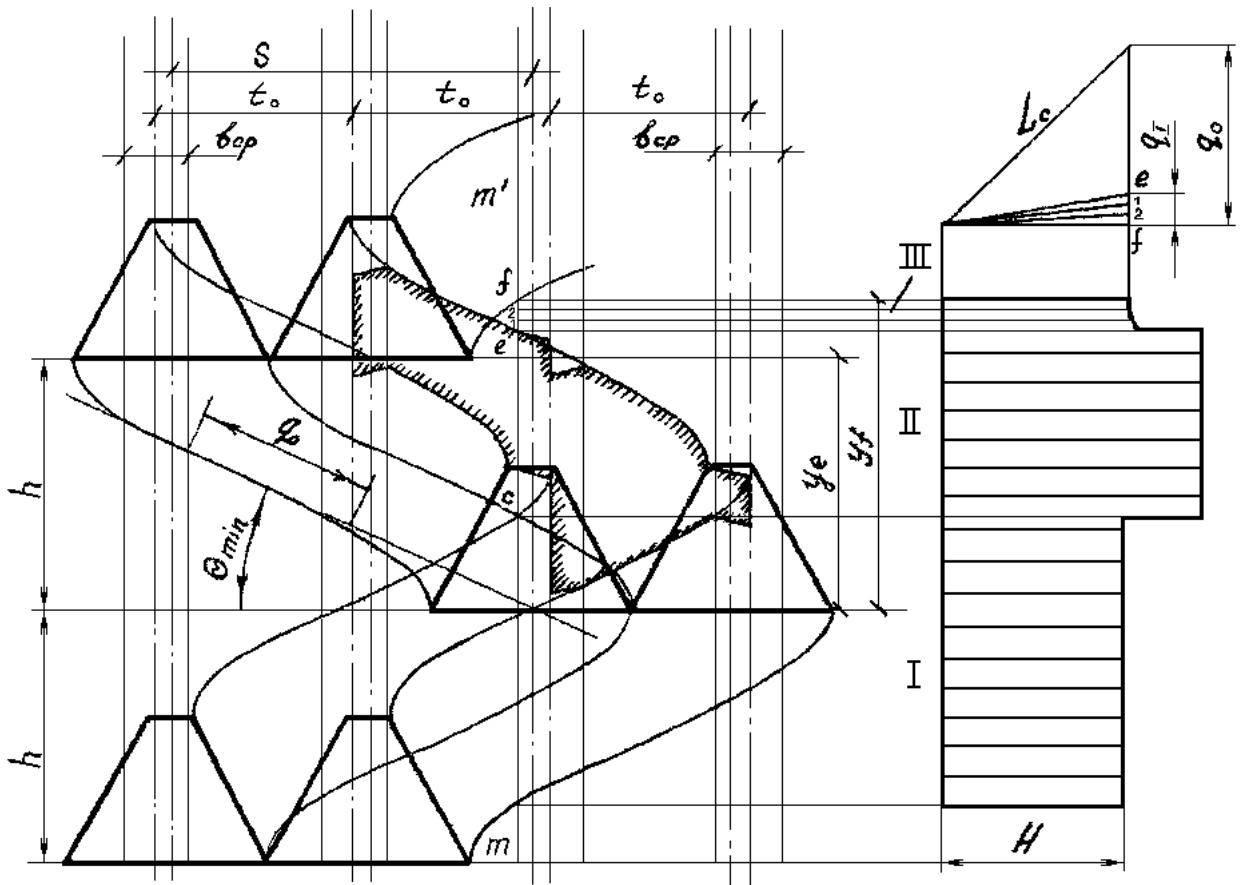


Рис. 7. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат двухпробежный с недобегом ножа)

Определить количество стеблей, срезаемых лезвием за один ход ножа:

Однопробежный аппарат: $v=Shk$

Двухпробежный аппарат: $v=0,64Shk$

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

ВЫСОТА СТЕРНИ

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

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

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

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

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

Построенный график показывает стерню одного продольного ряда стеблей.

Средняя высота среза

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

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

Расчетом или любым другим способом (планиметрирование, наложение миллиметровой кальки) определяем площадь каждой фигуры $-f_1', f_2', f_3'$ и т. д. Затем находим центр каждой фигуры и отгиб стебля, расположенного в центре q_1', q_2', q_3' и т.д. Зная отгибы, можно подсчитать высоту стерни каждого стебля по формуле:

$$e_i' = \sqrt{q_i'^2 + H^2}$$

или графически, как показано на рис. 8.

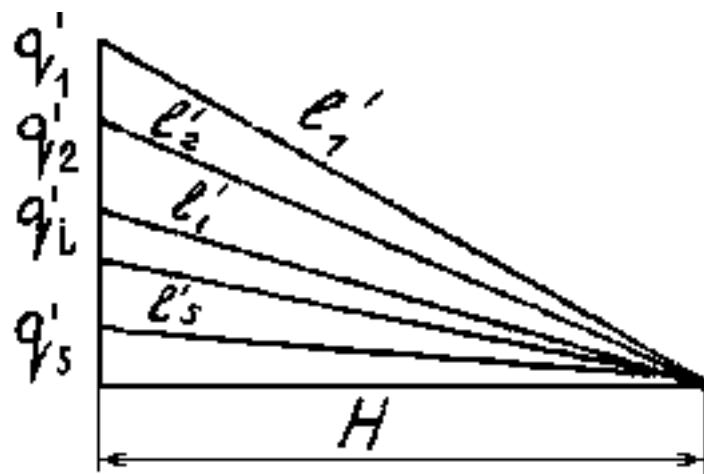


Рис. 8. Определение средней высоты стерни в пределах фигур 1, 2, 3 и т.д.

Средняя высота среза рассчитывается по формуле:

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

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

2. Скорость начала и конца резания

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

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

Пример. $V_m = 2,2 \text{ м/с}; \omega = 68,75 \text{ с}^{-1}; \alpha = 29^\circ$.

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

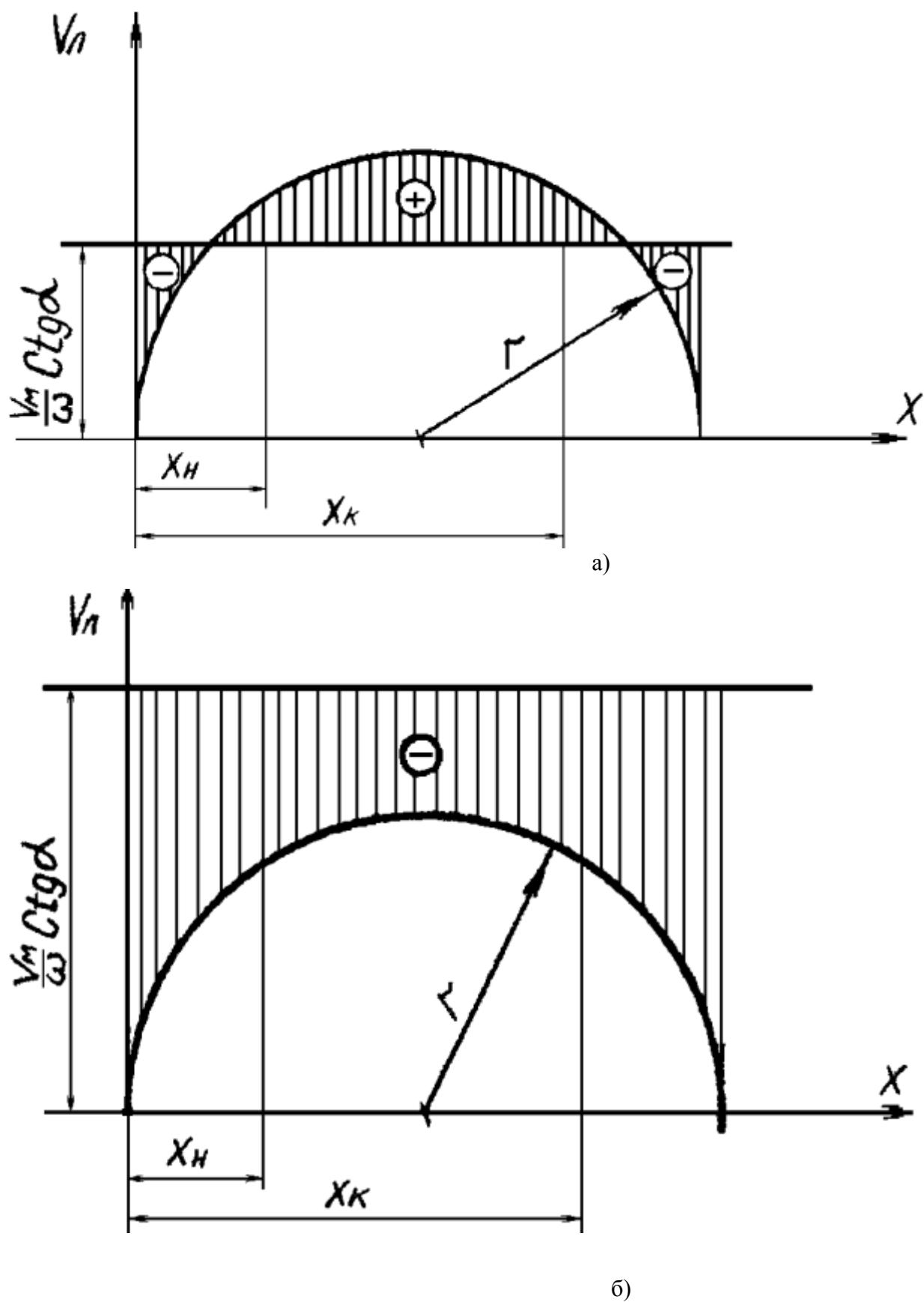


Рис. 9. График изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия

Слагаемая скорости представлена на графике разностью ординат окружности и прямой. Масштаб скорости $\lambda_v = \omega \cdot \operatorname{Sin} \alpha$

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

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

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

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

Отсутствие выскальзывания стеблей можно проверить аналитически:

$$V_M \geq \frac{r\omega \cdot \lg\alpha - f_1}{1 + f_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha}$$

3. Определение оптимальной скорости

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

Проверить условие защемления стеблей: $\alpha + \beta \leq \varphi_1 + \varphi_2$. Для лезвий с остротой 120 мкм при влажности стеблей 14...22% сумма $\varphi_1 + \varphi_2 = 25...35^0$; при 55...70% влажности $\varphi_1 + \varphi_2 = 40...60^0$. Для лезвий с остротой 30 мкм сумма углов возрастает на 15..40 %. Насечка лезвий увеличивает углы на 30..50 %.

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

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

Определение силы 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_h , x_k . Из полученных точек радиусом, равным длине шатуна $R = \ell_{ш}$ делаем засечки на окружности. Соединив одноименные точки отрезка S и окружности, получим положения шатуна при различных положениях ножа в пальцевом брусе. Для каждого положения ножа можно легко определить тангенс угла, наклона шатуна к линии движения ножа. Например, $\operatorname{tg}\gamma_3$ для положения ножа в точке 3 находим следующим образом. Из точки 3 влево откладываем отрезок 100 мм и восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с соответствующим положением шатуна.

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

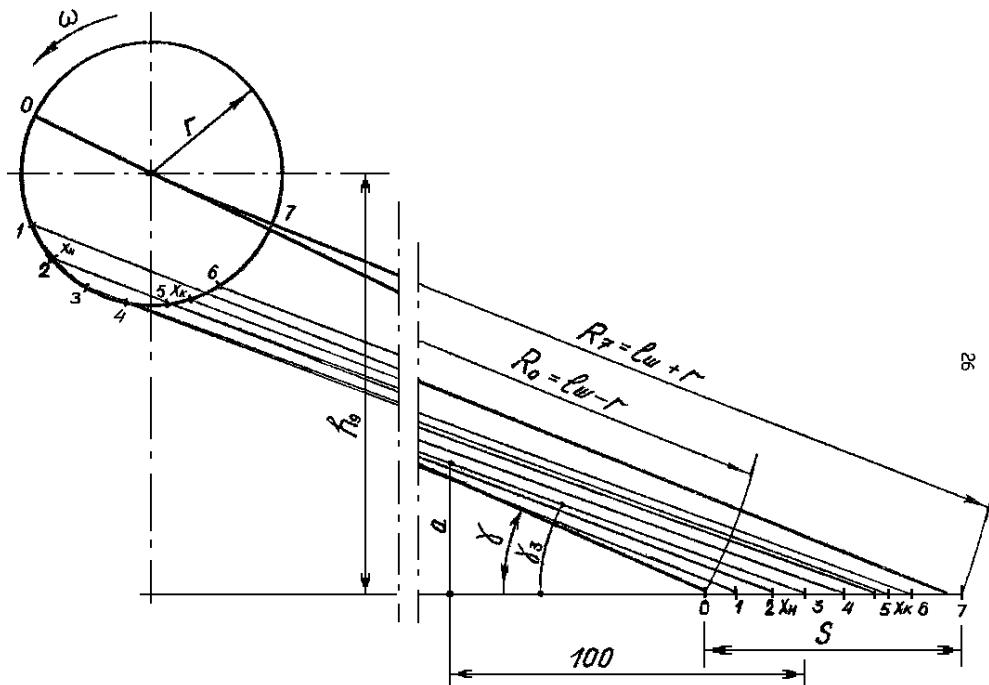


Схема кривошипно-шатунного механизма

Определим максимальную силу инерции.

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

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 средину хода ножа S проведем прямую U , которая в принятом масштабе показывает изменение силы инерции в зависимости от хода ножа X .

Рассчитаем силу сопротивления стеблей резанию

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

где ε - работа, затрачиваемая на срез растений с 1 м²; для трав - $\varepsilon = 200 \dots 300$ Дж; для зерновых культур 100...200 Дж.

Для однопробежных аппаратов площадь нагрузки определяется по формуле;

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

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

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

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

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

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

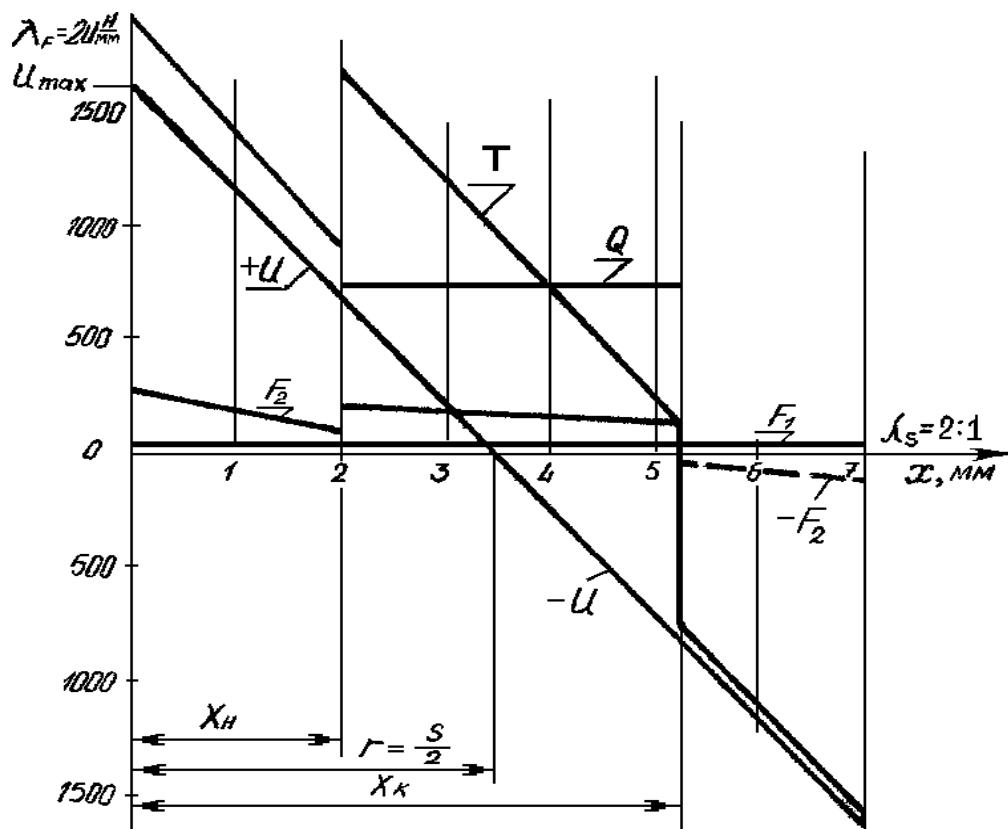


Рис. 11. График сил, действующих на нож

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

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

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

Сила трения F_1 от веса ножа равна:

$$F_1 = mg\ell_H f$$

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

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

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

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

Для расчета F_2 составим таблицу.

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

№ Точки	$tg\gamma$	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 - 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 - резание еще продолжается, x_k - резание прекратилось. На графике, на оси абсцисс обе точки x'_k 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 :

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

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

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

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

Наибольшее значение T используется при расчетах деталей на прочность.

4. Мощность на привод ножа

Мощность определить по формуле академика В.П. Горячина.

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

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

1. 12 Лекция №12 (2 часа).

Тема: «Проектирование мотовила»

1.12.1 Вопросы лекции:

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

1.12.2 Краткое содержание вопросов

1. Траектория планки мотовила.

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 -усиление, действующее на планку;
 p -удельное давление на планку;
 R -радиус мотовила;
 S -перемещение машины за один оборот мотовила;
 S_z -шаг мотовила;
 U -окружная (относительная) скорость планки;
 V_m -скорость жатки(агрегата);
 Z -количество планок мотовила;
 θ -вспомогательная расчетная величина;
 ΔX_μ -прибавка к активным фазам за счет взаимодействия стеблей;
 ΔX_k -прибавка к активным фазам за счет выноса мотовила;
 $\Delta\phi$ -угол поворота планки из вертикального положения до момента среза последнего стебля пучка;
 $\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3$ -коэффициенты полезности, резания, холостого хода, пропусков, соответственно;
 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, параллелограммное, копирующее). Вспомогательные рабочие органы(механизмы подъема и опускания, изменения выноса и частоты вращения, приспособления для уборки низкорослых и длиностебельных хлебов и т.д.). Недостатки существующих конструкций.

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

1. Траектория планки мотовила.

Известно, чем выше показатель режима работы мотовила

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

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

3. Соотношение скоростей планки и машины.

При скашивании хлеба в восковой и полной спелости зерна комбайновыми жатками напрямую (однофазная уборка) максимальная скорость планок не должна превышать

$U_{\max}=2,7$ м/с, при скашивании в молочно-восковой спелости в валки (двухфазная уборка) допустима скорость $U_{\max}=3,2$ м/с.

Из теории мотовила известно, что коэффициент полезности мотовила- 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

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

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

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

Расчет режимов работы

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

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

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

1. Режимы работы мотовила

Показатели	Номер режима		
	1	2	3
Скорость жатки - V_M , м/с	$V_{M \max} =$	$V_{M \text{ср}} =$	$V_{M \min} =$
Показатель режима работы, λ	$\lambda_{\min} =$	$\lambda_{\text{ср}} =$	$\lambda_{\max} =$
Окружная скорость планки – U , м/с	$U_{\max} =$	$U_{\text{ср}} =$	$U_{\min} =$

Число планок (граблин)

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

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

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

3. Предельно допустимая скорость планки.

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

4. Режимы работы мотовила

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

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

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

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

Построение траектории планки мотовила

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

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

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

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

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

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

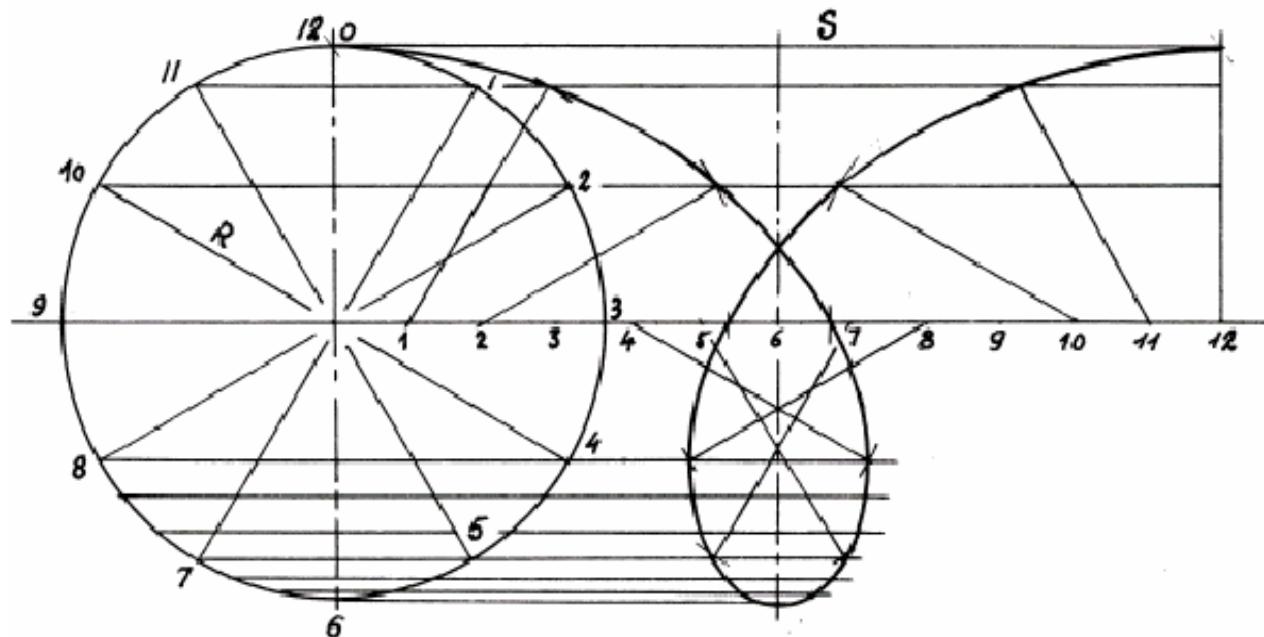


Рис.1 построение траектории планки мотовила

Построение траекторий трех смежных планок

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

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

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

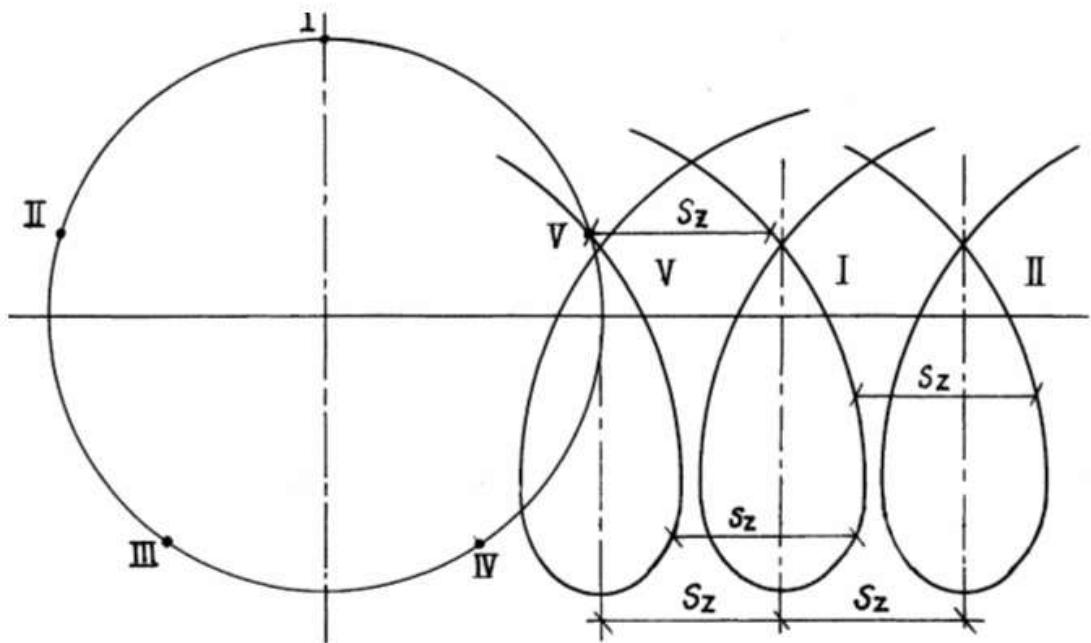


Рис. 2 Построение траектории трех смежных планок

Схема совместной работы мотовила и режущего аппарата при отсутствии выноса мотовила
Под осью мотовила на расстоянии H_{cp} (рис.3) провести горизонтальную линию, показывающую траекторию режущего аппарата. Ниже ее на расстоянии h_{cp} (таблица 3) провести поверхность поля.

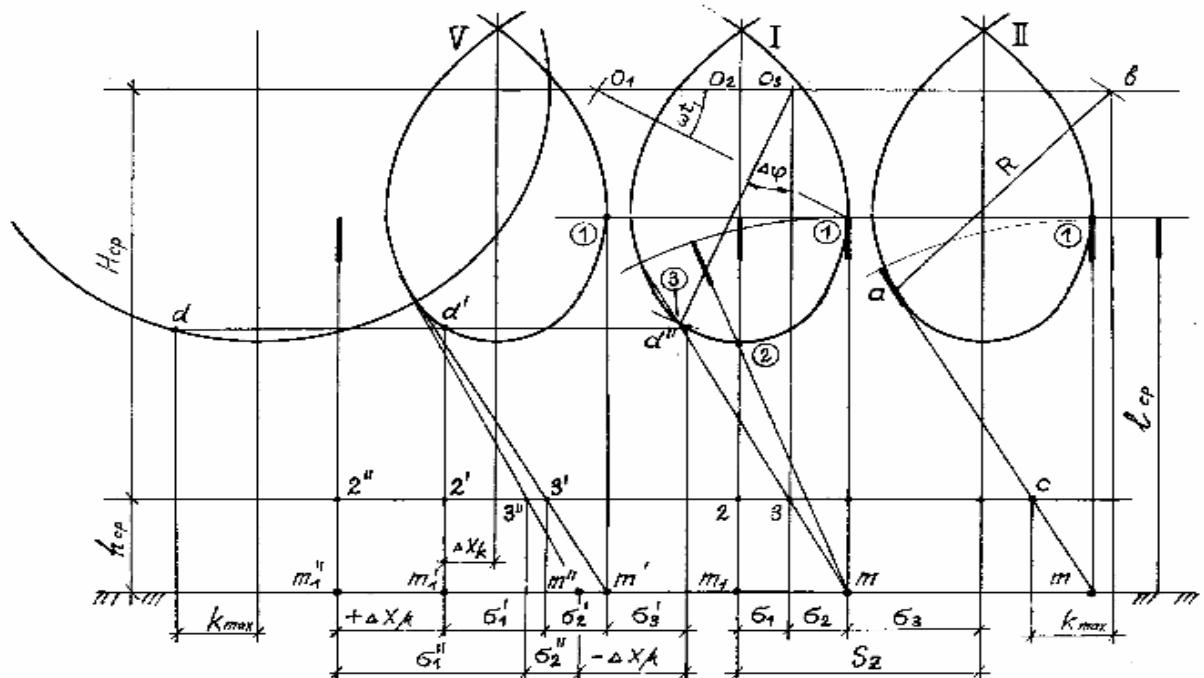


Рис. 3 Фаза совместной работы мотовила и режущего аппарата

От поверхности поля отложить вверх длину стеблей l_{cp} и провести горизонталь, показывающую высоту хлебостоя. Отметить пересечение этой горизонтали с траекториями планок точками 1. Точки 1 соответствуют моментам вхождения планок в хлеб. Из точки 1 средней траектории радиусом мотовила R сделать засечку на оси мотовила O_1 и обозначить фазу вхождения планки в хлеб ωt_1 . Далее определить фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата для трёх вариантов, указанных в пункте 5.

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

Выполним построение на траектории планки I. Точкой m на поверхности поля обозначить первый стебель, захватываемый планкой в точке 1. В этот момент режущий аппарат располагается под осью мотовила 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 мотовила 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 мотовила – режущего аппарата – планки – стебля m . Следует помнить, что режущий аппарат в любой момент будет располагаться под осью мотовила, так как вынос мотовила отсутствует.

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

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

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

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

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 М 1:10,(М 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:

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

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

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

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

5. Показатели работы мотовила в первом режиме $(\lambda_{min} = \dots)$, 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 мотовила и режущего аппарата при максимальном выносе мотовила

Максимальный вынос мотовила- k_{max} .

Максимальный вынос определить по методу проф. М.Н.Летошнева, построение выполнить на правой (планке Z) петле. Из точки m провести касательную $m-a$ к траектории планки. Из точки касания a радиусом мотовила 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 мотовила.

Определить только графическим методом.

Под начальной окружностью отложить влево от вертикальной оси максимальный вынос k_{max} и провести вертикаль d . Через точку d провести горизонталь, на левой и средней петлях отложить точки d' и d'' ; через эти точки провести вертикали. На вертикали d' располагается первый стебель m_1 пучка, срезаемого при выносе мотовила. 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 мотовила. 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 мотовила в 1-м режиме

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

Условия		Величины						
$\lambda_{\max} =$	$k_{\max} =$	σ_1^1	σ_2^1	σ_3^1	$\sum \sigma^1$	η_1^1	η_2^1	η_3^1
$\mu = 0$								

Расчет параметров траектории планки

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

Перемещение машины за один оборот мотовила:

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

Ширина петли:

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

Шаг мотовила:

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

2. Расчетные параметры траекторий планок мотовила для трех режимов работы

№ режима	Показатель Режима	S, м	B _{max} , м		S _z , м	
			расч.	граф.	расч.	граф.
1	$\lambda_{\min} = \frac{U_{\max}}{V_{M_{\max}}} =$					
2	$\lambda_{cp} = \frac{U_{cp}}{V_{M_{\max}}} =$					
3	$\lambda_{\max} = \frac{U_{\min}}{V_{M_{\min}}} =$					

4. Высота установки мотовила. Радиус мотовила.

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

Максимальная высота:

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

Средняя:

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

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:

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

Радиус мотовила

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

где $l_{cp} = \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2}$ (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

1. 13 Лекция №13 (2 часа).

Тема: «Проектирование молотильного аппарата»

1.13.1 Вопросы лекции:

1. Типы молотильных аппаратов.
2. Приход ускорения. Расход ускорения.
3. Оптимальные обороты барабана.

1.13.2 Краткое содержание вопросов

1. Типы молотильных аппаратов.

Молотильно-сепарирующее устройство (МСУ) современного зерноуборочного комбайна (рис.1) включает молотильный барабан 1 с решётчатым подбарабаньем 2, отбойный битер 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.

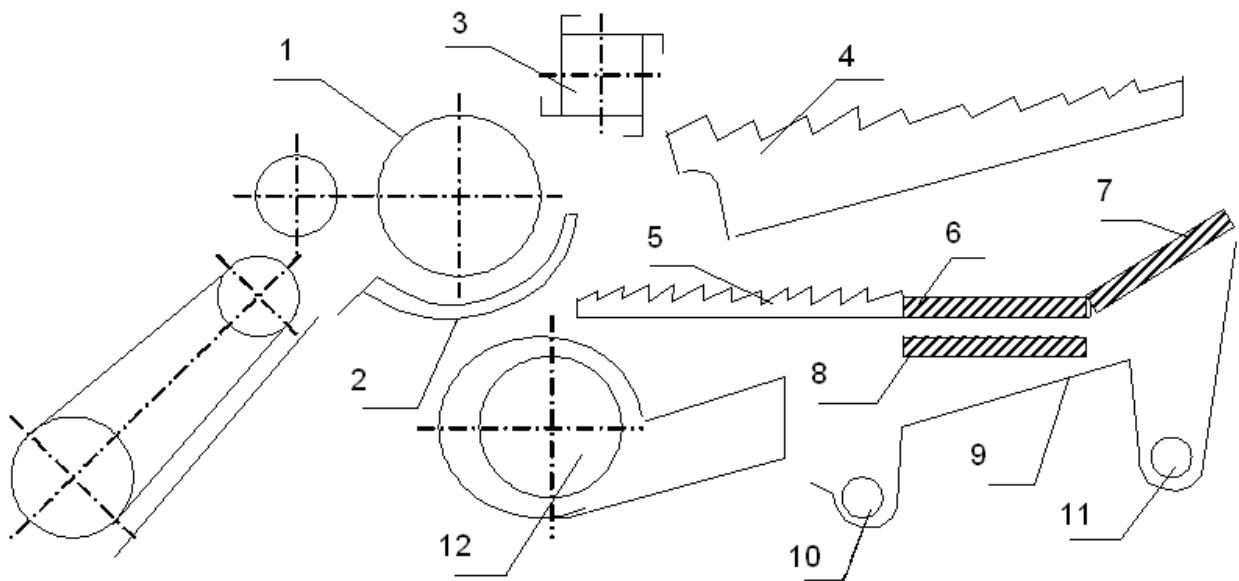


Рис. 1. Схема молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна: 1-барабан, 2- подбарабанье, 3-отбойный битер, 4-соломотряс, 5-транспортная доска, 6- верхнее решето, 7- удлинитель, 8- нижнее решето, 9- скатная доска, 10- зерновой шнек, 11- колосовой шнек, 12- вентилятор

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 подбарабанья. Под действием удара и перетирания хлебной массы происходит обмолот колосьев, в результате которого получается свободное зерно, полова, 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 – соломистый ворох, выбрасывается молотильным барабаном к отбойному битеру, 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 решёто с удлинителем, как единый транспортно-сепарирующий рабочий орган, совершают колебательное движение, а через решёто и удлинитель продувается воздушный поток, создаваемый вентилятором.

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

2.Приход ускорения. Расход ускорения.

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 Pv , или:

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

Памятую 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.

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.):

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

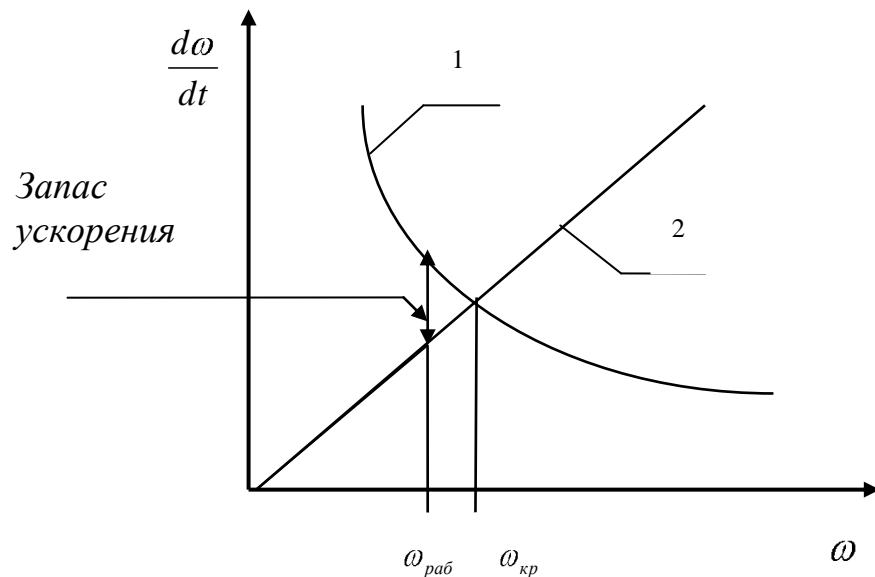


Рис.2. Графическое определение критической угловой скорости барабана

3. Оптимальные обороты барабана.

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

$$\omega_{kp} = \sqrt{\frac{N \cdot (1-f)}{m' \cdot r_b^2}}, \quad (10)$$

где r_b - 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 ω_{pab} должна быть меньше критической.

1. 14 Лекция №14 (2 часа).

Тема: «Проектирование соломотряса»

1.14.1 Вопросы лекции:

1. Теория соломотряса
2. Назначение, типы, рабочий процесс соломотрясов, размеры соломотрясов
3. Фазы отрыва (I уравнение соломотряса)
4. Предельный угол наклона клавиш

1.14.2 Краткое содержание вопросов

1. Теория соломотряса

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 клавищного 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.

2. 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 клавищные соломотрясы. Рабочим органом является клавиша, представляющая собой металлический короб с каскадами и жалюзными не регулируемыми решетками на поверхности. У некоторых комбайнов короб делают с открытым днищем. Соломотряс может быть одно и двухвальный. В этом случае каждая

точка соломотряса совершают 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 пятиклавищные соломотрясы.

Пятиклавищные

Трех, шести клавищные

Четырехклавищные

Четырехклавищные «Нива», «Дон-1200»

Пятиклавищные «Дон-1500», «Колос»

2 группы I 3,4,6 клавищные для мелкосоломистой массы; II пятиклавищные.

Достоинства клавищных 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 СОЛОМОТРЯСА

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

$B_c=L_b$, а при зубовом $B_c=(1,4\dots1,6)L_b$.

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 клавищах 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:

$$\Pi_{3don} = \frac{q_{3kop}}{q_{3m}} \cdot 100 = 1,25\%,$$

где q_{3kop} – подача зерна в солому копнителя;

q_{3m} – подача зерна в молотилку.

$$q_{3y} = q_{3yo} \cdot e^{-\mu_{yo}},$$

где μ – коэффициент сепарации, равный $0,6-1,8 \text{ м}^{-1}$.

$$L_c = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{q_{3yo}}{q_{3sdo}};$$

$$q_{3yo} = \frac{(100 - \vartheta) \cdot q_{3m}}{100}, \text{ кг/с,}$$

где v - количество зерна, выделенное через подбарабанье.

$$q_{3\text{сдво}} = \frac{\Pi_{3\text{доп}}}{100} \cdot q_{3y}$$

$$L_c = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{(100 - \varepsilon)}{\Pi_{3\text{сдопуст}}}$$

$$L_c = V_{(my)\text{ср}} \cdot T,$$

где $V_{(my)\text{ср}}$ – средняя скорость перемещения вороха по С;

T - время нахождения вороха на соломотрясе.

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

где n^1 - количество ударов в минуту:

$$n^1 = n - \text{соломотряс I типа},$$

$$n^1 = 2n - \text{соломотряс II типа};$$

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.

3.Фазы отрыва (I уравнение соломотряса)

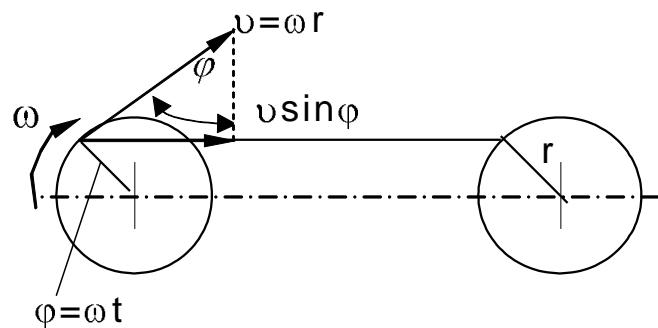


Рис.3. Схема для определения дальности полета частицы

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: $t = \frac{\pi}{\omega}$,

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

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

4. Предельный угол наклона клавиш

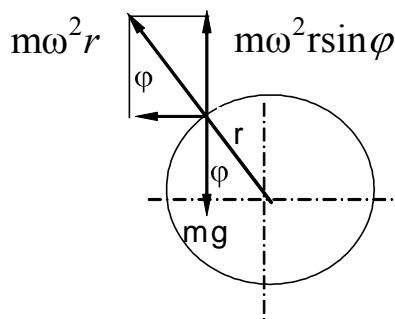


Рис.4. Схема определения угла отрыва частицы от поверхности клавиши

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: $\ell_c = S \cdot n_e \cdot \alpha$, 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 :

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

1. 15 Лекция №15 (2 часа).

Тема: «Проектирование соломотряса»

1.15.1 Вопросы лекции:

1. Уравнение движения.
2. Скорость и ускорение клавиш (интерактивно)
3. Фаза соударения (II уравнение соломотряса)
4. Область эффективных режимов работы (интерактивно)

1.15.2 Краткое содержание вопросов

1. Уравнение движения.

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.

2. Скорость и ускорение клавиш (интерактивно)

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 клавищные соломотрясы. Рабочим органом является клавиша, представляющая собой металлический короб с каскадами и жалюзными не регулируемыми 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 пятиклавищные соломотрясы.

Пятиклавищные

Трех, шести клавищные

Четырехклавищные

Четырехклавищные «Нива», «Дон-1200»

Пятиклавищные «Дон-1500», «Колос»

2 группы I 3,4,6 клавищные для мелкосоломистой массы; II пятиклавищные.

Достоинства клавищных 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 СОЛОМОТРЯСА

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

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

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 клавишиах 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:

$$\Pi_{3don} = \frac{q_{3kop}}{q_{3m}} \cdot 100 = 1,25\%,$$

где q_{3kop} – подача зерна в солому копнителя;

q_{3m} – подача зерна в молотилку.

$$q_{3y} = q_{3yo} \cdot e^{-\mu_{yo}},$$

где μ - коэффициент сепарации, равный $0,6-1,8 \text{ м}^{-1}$.

$$L_c = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{q_{3yo}}{q_{3c\partial o}};$$

$$q_{3yo} = \frac{(100 - \sigma) \cdot q_{3m}}{100}, \text{ кг/с},$$

где σ - количество зерна, выделенное через подбарабанье.

$$q_{3c\partial o} = \frac{\Pi_{3\partial on}}{100} \cdot q_{3y}$$

$$L_c = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{(100 - \sigma)}{\Pi_{3c\partial o \text{ допустим}}}$$

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

где $V_{(my)cp}$ - средняя скорость перемещения вороха по С;

T - время нахождения вороха на соломотрясе.

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

где n^1 - количество ударов в минуту:

$$n^1 = n - \text{соломотряс I типа},$$

$$n^1 = 2n - \text{соломотряс II типа};$$

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.

3.Фаза соударения (II уравнение соломотряса)

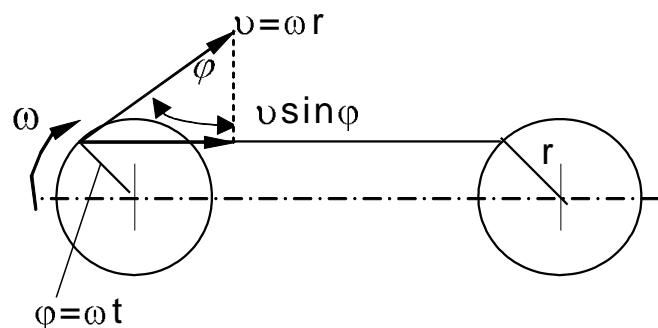


Рис.3. Схема для определения дальности полета частицы

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: $t = \frac{\pi}{\omega}$,

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

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

4. Область эффективных режимов работы (интерактивно)

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: $\ell_c = S \cdot n_e \cdot \alpha$, 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 :

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

1.16 Лекция №16 (2 часа)

Тема: «Проектирование грохota»

1.16.1 Вопросы лекции:

1. Теория грохota
2. Основные определения, задачи теории
3. Условия перемещения материала вверх по поверхности грохota (дифференциальное уравнение грохota для правых интервалов).

1.16.2 Краткое содержание вопросов

1. Теория грохota

Решетные стани большинства зерноочистительных машин приводятся в работу механизмом грохota.

Грохот характеризуется следующими параметрами:

- α - угол наклона решет к горизонту;
- ε - угол направленности колебаний;
- φ - угол трения материала о поверхность решета;
- к - показатель кинематического режима работы грохota;
- r - радиус кривошипа (эксцентрика).

При выборе основных параметров можно руководствоваться таблицей 1.

1. Рекомендуемые параметры грохota

Обрабатываемый материал	α, град.	ε, град.	φ, град.		к	r, мм		
			Вид обработки					
			первичная	вторичная				
1. Хлебные злаки	6...12	0...8	20...22	17...19	2,2...3,0	7...13		
2. Клевер	4...8	3...5	18...24	12...18	0,8...1,5	8...12		
3. Люцерна	5...9	4...6	20...28	14...20	1,0...1,7	8...12		

Рассчитать граничные режимы:

$$k_1 = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}; \quad k_2 = \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}; \quad k_0 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\varepsilon + \alpha)} \quad (1)$$

Рабочий режим $k = \frac{w^2 r}{g}$ берётся из таблицы 1 так, чтобы выполнялось соотношение:

$$k_0 > k > k_1 > k_2 \quad (2)$$

Выбрать r и подсчитать частоту вращения эксцентрикового вала:

$$\omega = \sqrt{\frac{k \cdot g}{r}}, \text{ c}^{-1} \quad (3)$$

Режимы с отрывом материала, когда $k > k_0$, принимаются крайне редко, потому что в этих случаях заметно снижается производительность решет и резко возрастают нагрузки на детали грохота.

Подсчитать постоянные для грохота величины:

$$p = g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}; \quad (4)$$

$$q = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}. \quad (5)$$

2.Основные определения, задачи теории

Построение графика скоростей и ускорений, определение основных характеристик грохота

На левой стороне 1-го листа графической части построить график скорости (синусоида) и ускорения (косинусоида), рабочей поверхности грохота (см. рис.1).

Период колебаний $T = 2\pi/\omega$ выражаем отрезком $a = 270\text{мм}$, наибольшую скорость ωr - отрезком $b = 75 \dots 80\text{мм}$, наибольшее ускорение $\omega^2 r$ - отрезком $c = 75 \dots 80 \text{ мм}$.

Внимание! Прежде чем выносить построение на лист, необходимо выполнить его на черновике, затем графическим методом по формулам 24 и 26 определить смещение материала вниз - вверх и рассчитать скорость и толщину слоя материала, поступающего на очистку (формулы 28, 29). Если толщина слоя не будет соответствовать оптимальной, изменить параметры грохота, вновь провести построение и, только добившись выполнения требования, сформулированного в разделе 2.3 перенести построение на чистовик.

Определить масштабы:

$$\text{времени} - \lambda_t = \frac{2\pi}{\omega \cdot a}, \text{ с/мм}; \quad (6)$$

$$\text{скорости} - \lambda_v = \frac{\omega \cdot r}{b}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{мм}; \quad (7)$$

$$\text{ускорения} - \lambda_j = \frac{r \cdot \omega^2}{c}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}/\text{мм}. \quad (8)$$

На графике ускорений отложить в принятом масштабе постоянные p и q (см. рис.1) и провести горизонтали:

$$c_p = \frac{p}{\lambda_j}, \text{ мм}; \quad c_q = \frac{q}{\lambda_j}, \text{ мм}. \quad (9)$$

Отметить точки I и I пересечения прямых с косинусоидой и соответствующие им углы Θ_1 и ψ_1 .

Уточнить найденные из графика значения Θ_1 и ψ_1 расчетом:

$$\cos\Theta_1 = \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{k \cdot \cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}; \quad \Theta_1 = \underline{\hspace{100pt}} \quad (10)$$

$$\underline{\Theta_0} = 2\pi - \Theta_1 = 360^0 - \Theta_1 = \underline{\hspace{100pt}} \quad (11)$$

$$\cos\psi_0 = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{k \cdot \cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}; \quad \psi_0 = \underline{\hspace{100pt}} \quad (12)$$

$$\underline{\psi_1} = 360^0 - \psi_0 =$$

На графике скоростей через точку 1 провести прямую под углом γ к горизонтали:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{2\pi \cdot b}{k \cdot a} \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}; \quad \gamma = \quad (14)$$

Отметить точку 2 пересечения этой прямой с синусоидой и определить приближенное значение Θ_2 . Уточнить значение угла Θ_2 , решив уравнение:

$$\sin\Theta_2 - \theta_2 \cdot \cos\theta_0 = \sin\theta_1 - \theta_1 \cdot \cos\theta_0 \quad (15)$$

Результат: $\Theta_2 =$

Пример решения уравнения (15).

На конкретном числовом примере рассмотрим, как решается уравнение.

Предположим: $\Theta_1 = 96^0 40^I$ и $\Theta_0 = 263^0 20^I$

Тогда: $\Theta_1 = 96^0 40^I = 1,687$ рад.; $\sin\Theta_1 = \sin 96^0 40^I = 0,993$
 $\cos\Theta_0 = \cos 263^0 20^I = -0,116$.

Подставив значения в уравнение, получаем:

$$\sin\Theta_2 + 0,116 \Theta_2 = 0,993 - 1,687 \cdot (-0,116) \quad \text{или} \quad \sin\Theta_2 + 0,116 \Theta_2 = 1,188$$

С графика скоростей (рис.1) снимаем значение угла Θ_2 , предположим оно равно $\Theta_2 = 384^0 = 6,70$ рад. Подставив это значение в левую часть уравнения, получаем:

$$\sin 384^0 + 0,116 \cdot 6,70 = 0,406 + 0,777 = 1,183$$

То-есть, левая часть несколько меньше правой:

$$1,183 < 1,188.$$

Увеличив угол до $\Theta_2 = 384^0 20^I = 6,707$ рад, и вновь решая левую часть, получаем:
 $\sin 384^0 20^I = 0,116 \cdot 6,707 = 0,412 + 0,777 = 1,189$.

Величина левой части уравнения – 1,189 очень близка правой – 1,188; с достаточной точностью можно сказать что в результате $\Theta_2 = 384^0 20^I$.

Найти момент окончания движения материала вверх, для чего через точку I провести прямую под углом β к горизонтали:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{2\pi \cdot b}{k \cdot a} \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\varepsilon + \alpha + \varphi)}; \quad \operatorname{tg}\beta = \quad ; \quad \beta = \quad (16)$$

Отметить точку II пересечения этой прямой с синусоидой, затем провести прямую 2-II' и найти приближённое значение угла ψ'_2 . Уточнить ψ'_2 , решая уравнение:

$$\sin\psi'_2 - \psi'_2 \cdot \cos\psi_0 = \sin\theta_2 - \theta_2 \cdot \cos\psi_0; \quad (17)$$

Результат – $\psi'_2 =$

Если в принятом Вами варианте $\theta_2 > \psi_1$ и $\psi_2 > 2\pi + \theta_1$, грохот необходимо привести к установившемуся режиму, проводя прямые под углами β и γ , как это делалось в лабораторной работе.

Определить значения предельных углов $\theta_{2np} = \psi_{1np}$ и $\psi_{2np} = 2\pi + \theta_{1np}$ графическим построением и расчетным путем из зависимости:

$$\sin(\theta_{2np} + \chi) - \sin\theta_{2np} = \chi \cdot \cos\theta_0, \quad (18)$$

$$\text{где } \chi = \frac{2\pi \cdot \cos\psi_0}{\cos\theta_0 - \cos\psi_0}$$

$$\text{и } \sin\psi_{2np} - \psi_{2np} \cdot \cos\psi_0 = \sin\psi_{1np} - \psi_{1np} \cdot \cos\psi_0 \quad (19)$$

Результат: $\theta_{2np} = \psi_{1np} = \quad$, $\psi_{2np} = 2\pi + \theta_{1np} = \quad$.

Из графика скоростей найти наибольшую скорость материала при сдвигах вниз, для чего отрезок n-n умножить на масштаб λ_v и коэффициент σ :

$$\frac{d\xi_n}{dt} = l_n \cdot \lambda_v \cdot \sigma, \quad \text{м} \quad (20)$$

$$\text{где } \sigma = \frac{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}{\cos \varphi}$$

Проверить полученное значение расчетом:

$$\frac{d\xi_n}{dt} = \sigma \left[\omega \cdot r (\sin \theta_0 - \sin \theta_{1np}) - g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)} \cdot \frac{\theta_0 - \theta_{1np}}{\omega} \right] \quad (21)$$

Результат: $\frac{d\xi_n}{dt} = \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Найти из графика наибольшую скорость при сдвигах вверх, умножив длину отрезка m - m на λ_V и σ :

$$\frac{d\xi_e}{dt} = l_n \cdot \lambda_V \cdot \delta = \text{м}; \quad (22)$$

$$\text{где } \delta = \frac{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}{\cos \varphi}$$

3. Условия перемещения материала вверх по поверхности грохота (дифференциальное уравнение грохота для правых интервалов).

Рассчитать граничные режимы:

$$k_1 = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}; \quad k_2 = \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}; \quad k_0 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\varepsilon + \alpha)} \quad (1)$$

Рабочий режим $k = \frac{w^2 r}{g}$ берётся из таблицы 1 так, чтобы выполнялось соотношение:

$$k_0 > k > k_1 > k_2 \quad (2)$$

Выбрать r и подсчитать частоту вращения эксцентрикового вала:

$$\omega = \sqrt{\frac{k \cdot g}{r}}, \text{ с}^{-1} \quad (3)$$

Режимы с отрывом материала, когда $k > k_0$, принимаются крайне редко, потому что в этих случаях заметно снижается производительность решет и резко возрастают нагрузки на детали грохота.

Подсчитать постоянные для грохота величины:

$$p = g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}; \quad (4)$$

$$q = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}. \quad (5)$$

1.17 Лекция №17 (2 часа).

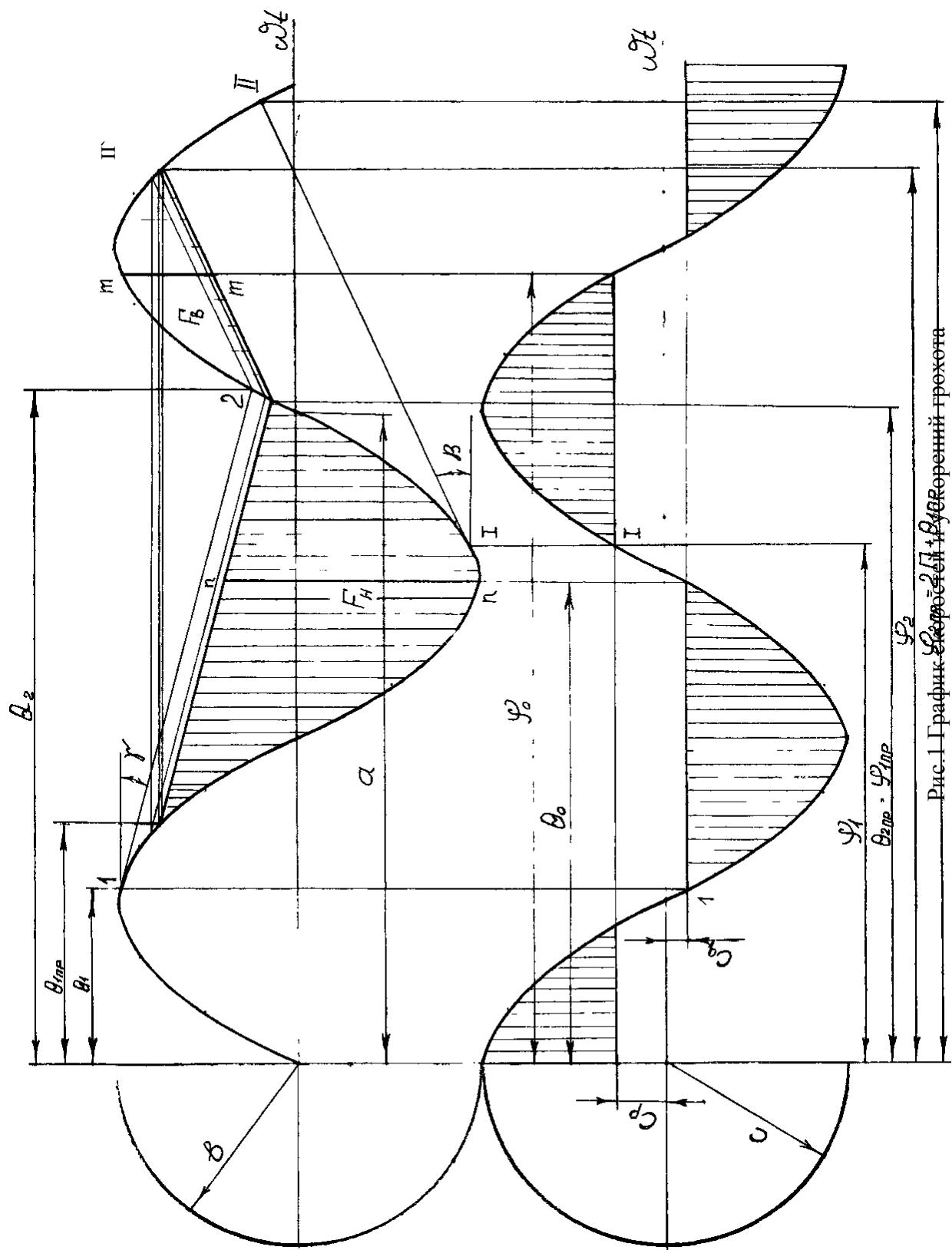
Тема: «Проектирование грохота»

1.17.1 Вопросы лекции:

1. Условия перемещения материала вниз (дифференциальное уравнение грохота в левых интервалах)
2. Условие отрыва материала от поверхности грохота
3. Области типичных режимов работы грохота
4. Скорость относительного движения материала

1.17.2 Краткое содержание вопросов

1. Условия перемещения материала вниз (дифференциальное уравнение грохота в левых интервалах)



Проверить значение расчетом:

$$\frac{d\xi_e}{dt} = \delta \left[\omega \cdot r (\sin(2\pi + \psi_0) - \sin \psi_{1np}) - g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)} \cdot \frac{2\pi + \psi_0 - \psi_{1np}}{\omega} \right] \quad (23)$$

Результат: $\frac{d\xi_e}{dt} = \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Определить по графику скоростей величину относительного смещения материала вниз, для чего измерить планиметрированием или миллиметровой бумагой, или построить равновеликий треугольник, как это делали в лабораторной работе, площадь, характеризующую смещение материала вниз, и умножить её на масштабы λ_v , λ_t и коэффициент σ .

$$\xi_n = F_n \cdot \lambda_v \cdot \lambda_t \cdot \sigma, \text{ м} \quad (24)$$

Уточнить полученное значение расчетом:

$$\xi_n = \sigma \cdot r \left[\cos \theta_{1np} - \cos \theta_{2np} - (\theta_{2np} - \theta_{1np}) \cdot \sin \theta_{1np} - \frac{1}{2} (\theta_{2np} - \theta_{1np})^2 \cdot \cos \theta_0 \right], \text{ м} \quad (25)$$

Определить по графику смещение вверх:

$$\xi_e = F_e \cdot \lambda_v \cdot \lambda_t \cdot \delta, \text{ м} \quad (26)$$

Уточнить полученное значение расчетом:

$$\xi_e = \delta \cdot r \left[\cos \psi_{1np} - \cos \psi_{2np} - (\psi_{2np} - \psi_{1np}) \cdot \sin \psi_{1np} - \frac{1}{2} (\psi_{2np} - \psi_{1np})^2 \cdot \cos \psi_0 \right], \text{ м} \quad (27)$$

Определить среднюю скорость перемещения материала по грохоту:

$$V_{cp} = \frac{\xi_n + \xi_e}{2\pi} \cdot \omega, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \quad (28)$$

Смещение вниз ξ_n подставляется с отрицательным знаком, в результате и скорость получается отрицательной, это говорит о том, что в конечном итоге, материал перемещается вниз.

2.Условие отрыва материала от поверхности грохота

Качество работы решёт оценивается коэффициентом полноты разделения. Наилучшие результаты получаются, если толщина слоя материала, подаваемого на очистку, соответствует оптимальным значениям:

$H = 10 \pm 2 \text{ мм}$ – предварительная и первичная очистка;

$H = 5 \pm 1 \text{ мм}$ – вторичная очистка и сортирование;

$H = 3 \pm 0,5 \text{ мм}$ – обработка семян трав.

Определите толщину слоя материала при подаче на решётный стан:

$$H = \frac{q}{3,6 \cdot \gamma \cdot B \cdot V_{cp}}, \text{ мм} \quad (29)$$

где q , кг/ч – производительность решётного стана;

γ , кг/м³ – насыпной вес семян (см. приложение 1);

B , м – ширина решётного стана. Учитывая ширину стандартных решёт – 990мм, можно принять $B = 1 \text{ м}$.

V_{cp} , м/с – средняя скорость перемещения материала по грохоту (формула 28)

Если толщина не будет соответствовать оптимальной, необходимо изменить параметры грохота и добиться желаемого результата.

Увеличение угла наклона решет α ведёт к увеличению смещения материала вниз и уменьшению – вверх и наоборот.

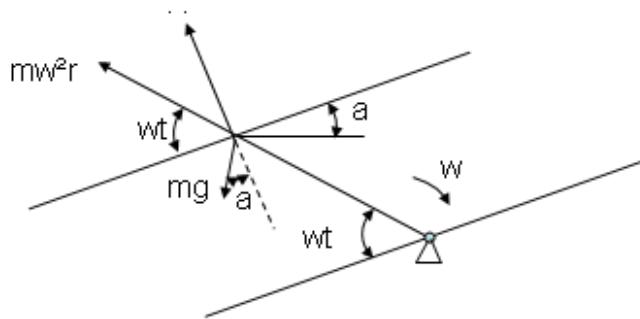
Увеличение угла ε , в применяемом для решётных станов диапазоне, почти не влияет на смещение материала вниз, но заметно увеличивает его смещение вверх.

Увеличение показателя режима работы K ведёт к возрастанию перемещения материала и вверх и вниз.

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



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

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

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

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

3. Области типичных режимов работы грохота

Решето делит зерновой материал на две части (фракции): сход и проход. Полезная фракция называется выходом, отделённые от неё примеси – отходом.

Решёта, установленные в зерноочистительных машинах, выполняют разные функции и обозначаются заглавными буквами русского алфавита: А, Б, В, Г, иногда с цифровым индексом.

А – колосковое решето, предназначенное для отделения грубых, крупных примесей. В современных зерноочистительных машинах используется редко, так как грубые примеси хорошо удаляются жалюзийными решётами зерноуборочных комбайнов.

Б (Б₂) – проходовое решето, отделяет крупные примеси, зерно проходит через отверстия решета, крупные примеси идут сходом.

Б₁ – делительное решето, разделяет материал на две равные по массе части; мелкое

зерно вместе с мелкими примесями проходит через решето, крупное зерно вместе с

крупными примесями идёт сходом.

В (B_1) – подсевное решето, отделяет мелкие примеси, которые проходят через решето. B_2 – подсевное решето, устанавливается вслед за решетом B_1 , имеет отверстия на номер больше, чем B_1 , и отделяет в проход мелкие примеси.

Г – сортировальное решето; если оно работает в режиме сортирования, то разделяет семена на I и II сорта; I сорт идёт сходом. Если решето Г работает в режиме первичной или вторичной очистки, оно отделяет проходом мелкие примеси.

Γ_1 и Γ_2 – последовательно установленные, разделяют материал на два сорта; Γ_2 имеет отверстия на номер больше чем Γ_1 .

Промышленность выпускает решёта с круглыми и прямоугольными отверстиями.

Первые разделяют материал по ширине частиц, вторые по толщине.

Образец одного из возможных вариантов схемы показан на рис.2. При изображении схемы рекомендуется использовать обозначения, указанные в табл.3.

Условные обозначения на схеме решётного стана и вариационных кривых

Наименование компонента зерновой смеси	Процентное содержание фракций				Примечание	
	Исходный материал (подача на решётный стан)	Выход (очищенный материал)		Отход (примеси)		
		I сорт	II сорт			
1. Культура	A	a	a`	a ₁	a + a` + a ₁ = 100%	
2. Первый сорняк	B	b	b`	b ₁	b + b` + b ₁ = 100%	
3. Второй сорняк	C	c	c`	c ₁	c + c` + c ₁ = 100%	
4. Третий сорняк	D	d	d`	d ₁	d + d` + d ₁ = 100%	
5. и т.д....	

$$A + B + C + D = 100\%$$

На сложных схемах принятые обозначения дополняются буквенными индексами, например:

$A_{B2} (B_{B2}, C_{B2} \dots)$ – подача семян культуры (1,2-го сорняка) на решето B_2 ;
 $a_{\Gamma} (b_{\Gamma}, c_{\Gamma} \dots)$ – выход семян культуры (1,2-го сорняка) с решета Γ ;
 $a_{1B} (b_{1B}, c_{1B} \dots)$ – содержание компонентов в отходе с решета B .

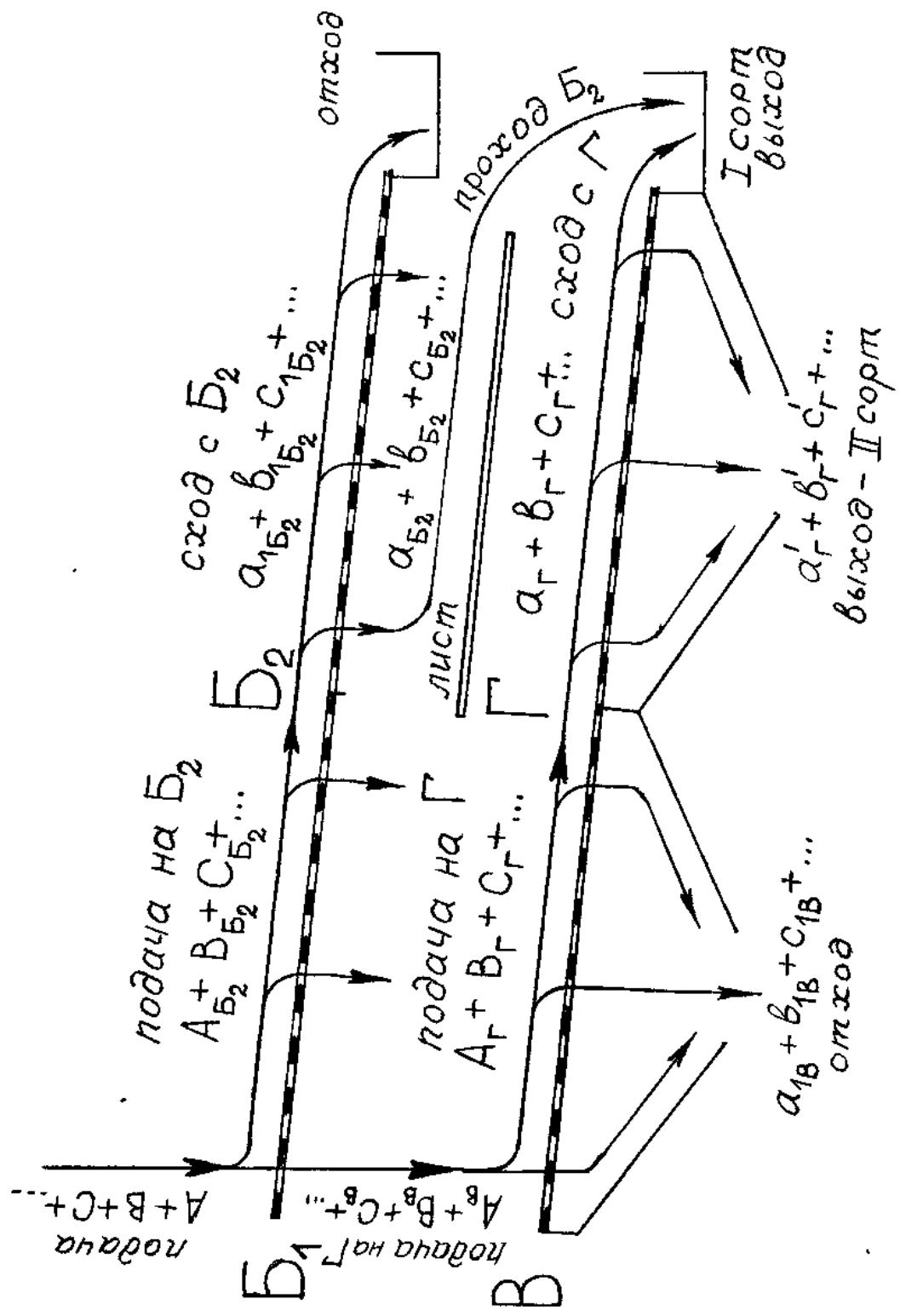
Работу решётного стана, изображённого на рис.2, в режиме сортирования можно описать следующим образом. Исходный материал ($A + B + C + \dots$) подаётся на решето

B_1 , которое делит его на две примерно равные по массе части. Сход с решета B_1 подаётся на B_2 ($A_{B2} + B_{B2} + C_{B2} + \dots$), проход на решето B ($A_B + B_B + C_B + \dots$).

Сход с решета B_2 это крупные примеси ($a_{1B2} + b_{1B2} + c_{1B2} + \dots$) они попадают в лоток отходов; проход – чистое зерно ($a_{B2} + b_{B2} + c_{B2} + \dots$), которое по стальному скатному листу идёт на выход в первый сорт.

Решето B проходом ($a_{1B} + b_{1B} + c_{1B} + \dots$) выделяет в отходы мелкие примеси, сход с решета подаётся на решето Γ ($A_\Gamma + B_\Gamma + C_\Gamma + \dots$), которое разделяет материал на два сорта: первый сорт ($a_\Gamma + b_\Gamma + c_\Gamma + \dots$) сходит в выход, объединяясь с проходом решета B_2 . Проход решета Γ это семена второго сорта.

Если решётный стан работает в режиме первичной или вторичной очистки, решето Γ выделяет мелкие примеси, подобно решету B .



4. Скорость относительного движения материала

Скорость относительного перемещения может быть определена интегрированием дифференциальных уравнений (3), (4).

Для того чтобы определить скорость в любой произвольный момент времени t , интегрирование необходимо вести в пределах от времени начала сдвигов t_1 до t .

Скорость при сдвигах вниз будет равна

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sigma} \int_{t_1}^t \frac{d^2 \xi_{\text{ни}}}{dt^2} dt &= \int_{t_1}^t \omega^2 r \cdot \cos \omega t \cdot dt - \int_{t_1}^t g \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)} \cdot dt = \\ &= \omega r \cdot (\sin \omega t - \sin \omega t_1) - g(t - t_1) \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{d \xi_{\text{ни}}}{dt} = \omega r \cdot (\sin \omega t - \sin \omega t_1) - g(t - t_1) \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}. \quad (12)$$

Ранее уже было отмечено, что начало сдвигов вниз определится наличием избыточного ускорения материала на грохоте правее точки 1 (рис. 5).

Если начало координат уравнения для относительной скорости перенести в точку начала сдвигов 1, то уравнение (12) можно представить в более простом виде:

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{d \xi_{\text{ни}}}{dt} = \omega r \cdot \sin \omega t - gt \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}. \quad (13)$$

Данное уравнение представляет собой разность между синусоидой (скоростью самого грохота (1)) и прямой линией, наклонной к оси времени под углом γ (рис. 6)

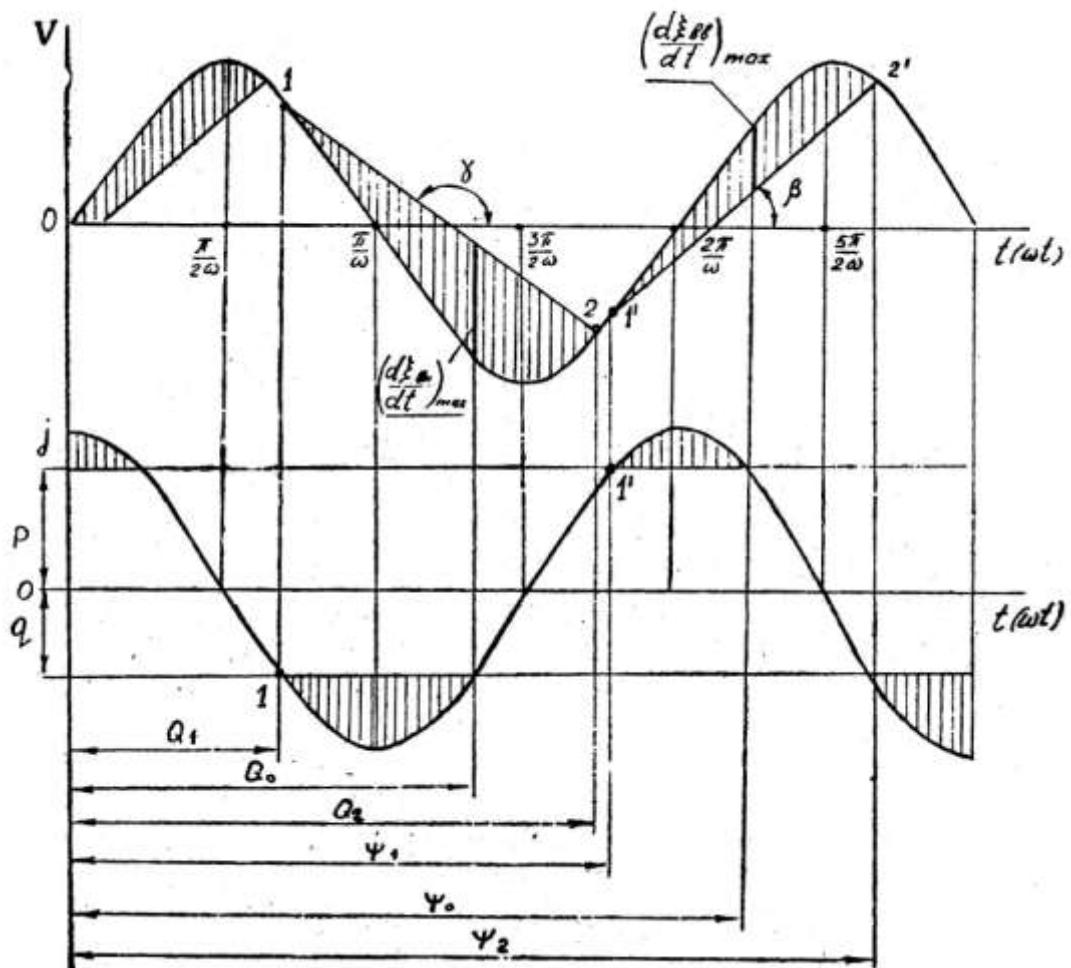


Рис.6. Графики относительных скоростей и ускорений частиц

Известно, что коэффициент при t в уравнении прямой линии определяет тангенс угла наклона ее к оси координат, тогда

$$\operatorname{tg} \gamma = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}. \quad (14)$$

Относительная скорость частиц при перемещениях материала вверх (правые интервалы) может быть определена аналогичным образом:

$$\frac{1}{\delta} \cdot \frac{d\frac{\xi}{2\omega}}{dt} = \omega r \cdot (\sin \omega t - \sin \omega t_1) - g(t - t_1) \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}. \quad (15)$$

Для того чтобы не перепутать моменты начала сдвигов вниз (t_1) - вниз и вверх (t_1) - вверх, обычно вводят понятия фаз начала t_0 сдвигов вниз (t_0)_{вн} = Q_1 и вверх (t_0)_{вв} $\psi = 1$ (рис. 6).

С учетом этих обозначений уравнения относительных скоростей частиц (12) и (15) могут быть приведены к виду:

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{d\xi_{\text{отн}}}{dt} = r\omega \cdot (\sin \omega t - \sin Q_1) - g \frac{\omega t - Q_1}{\omega} \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}. \quad (16)$$

$$\frac{1}{\delta} \cdot \frac{d\xi_{\text{отн}}}{dt} = r\omega \cdot (\sin \omega t - \sin \psi_1) - g \frac{(\omega t - \psi_1)}{\omega} \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}. \quad (17)$$

Если начало координат для уравнения, описывающего скорость частиц при сдвигах вверх, переместить в точку начала сдвигов t_1 то оно примет вид

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{d\xi_{\text{отн}}}{dt} = r\omega \cdot \sin \omega t - gt \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}. \quad (18)$$

Это выражение также представляет собой разность между синусоидой и прямой к оси β линией, проведенной под углом времени (рис. 6), а в свою очередь

$$\tan \beta = g \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}. \quad (19)$$

Использование уравнений (16) и (17) возможно лишь после определения значений фаз начала сдвигов Q_1 и ψ_1 .

Для фаз Q_1 и ψ_1 характерным является отсутствие относительных ускорений частиц.

Иными словами,

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{d^2\xi_{\text{отн}}}{dt^2} = \omega^2 r \cdot \cos Q_1 - g \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)} = 0.$$

Откуда

$$\omega^2 r \cdot \cos Q_1 = g \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)},$$

$$\cos Q_1 = \frac{g}{\omega^2 r} \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}$$

и

$$\cos Q_1 = \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{k \cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}. \quad (20)$$

Аналогичным образом можно получить

$$\cos \psi_1 = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{k \cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}. \quad (21)$$

Когда Q_1 и ψ_1 определены, скорость относительного перемещения может быть легко найдена для любого момента времени или фазы колебаний грохота. По графику рис. 6 нетрудно заключить, что значения относительной скорости непрерывно меняются. После

начала сдвигов она начинает возрастать от нуля до некоторого максимального значения $\left(\frac{d\xi_{\text{сп}}}{dt}\right)_{\text{max}}$ или $\left(\frac{d\xi_{\text{сп}}}{dt}\right)_{\text{min}}$, а затем уменьшается до нуля.

На ход технологического процесса могут существенно влиять величины максимальной и средней скорости частиц.

От значения $\left(\frac{d\xi}{dt}\right)_{\text{max}}$ зависит способность семян просеиваться через отверстия решета, а от значения $\left(\frac{d\xi}{dt}\right)_{\text{sp}}$ толщина слоя вороха на грохоте.

От $(M-\sigma)$ до $(M+\sigma)$ - (68, 26 % семян)

$(M-2\sigma)$ до $(M+2\sigma)$ - $(47,73 \times 2)$

$(M-3\sigma)$ до $(M+3\sigma)$ - $(49,87 \times 2)$

Если проинтегрировать кривую, то получим площадь под этой кривой. Возьмем функцию:

$$f(\ell) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\alpha_h^2}{2}}$$

Введем обозначение:

$$\alpha_h = \frac{\ell - M}{\pm\sigma} \text{ - нормализованное (нормированное отклонение) в теории}$$

вероятности t.

Отклонение от среднего размера заданного размера, выраженного в долях σ :

При $\ell = \ell_{\text{min}} \Rightarrow \alpha_h = -3; \ell - M = -3\sigma$

При $\ell = \ell_{\text{max}} \Rightarrow \alpha_h = +3; \ell - M = 3\sigma$

Получим формулу Лапласа?

$$\Phi_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\alpha_h} e^{-\frac{\alpha_h^2}{2}} d\alpha_h$$

Он взял $\sigma = 1$ и получил:

$$\Phi_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\alpha_h} e^{-\frac{\alpha_h^2}{2}} d\alpha_h$$

Получаем площадь между средним значением M и α_h .

Возьмем интервал $\alpha_h = \pm 4\sigma$ и по формуле Лапласа получаем значение нормального интеграла.

1. колонка $\frac{\ell - M}{\sigma}$, т.е. α_h . Таблица рассчитана из условия, что взять 10000 шт.

семян. Показывает отклонение размера от M в долях σ . Если площадь под кривой $F=1$, то при $\alpha_h = 0,5$ - площадь = 0,1915. Для нашего случая 1000 семян.

2. Значение нормального интеграла. Какое количество семян из 10000 имеет размер в интервале от M до ℓ мм.

3. колонка – дифференция, т.е. с учетом интервала $-\frac{\ell - M}{\alpha}$, поэтому если у нас получилось 0,32, а в таблице 0,3, то 0,02 нужно умножить на дифференсы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа)

Тема: «Определение коэффициента трения сельскохозяйственных материалов. Определение коэффициента трения почвы. Определение коэффициента трения соломы., зерна»

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

2.1.2 Задачи работы:

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

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.1.4 Описание (ход) работы:

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Ознакомление с конструкцией прибора проводится под руководством преподавателя.
2. Принцип работы прибора академика Желиговского В.А. (рис. 1) состоит в том, что на горизонтальной плоскости устанавливается (под произвольным углом α к направляющей) линейка. При этом между направлением движения V и нормалью N к линейке образуется угол ε , который приобретает строго определенное значение в зависимости от значения угла α , поскольку

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

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

$$(N=T+P)$$

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

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

а предельное значение силы трения

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

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

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

$$R = N + F_{\text{пр}}$$

Из треугольника ORN имеем

$$NR/ON = \tan \angle NOR.$$

Но так как

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

значит

$$\angle NOR = \varphi$$

Рис.2. Силовая схема прибора

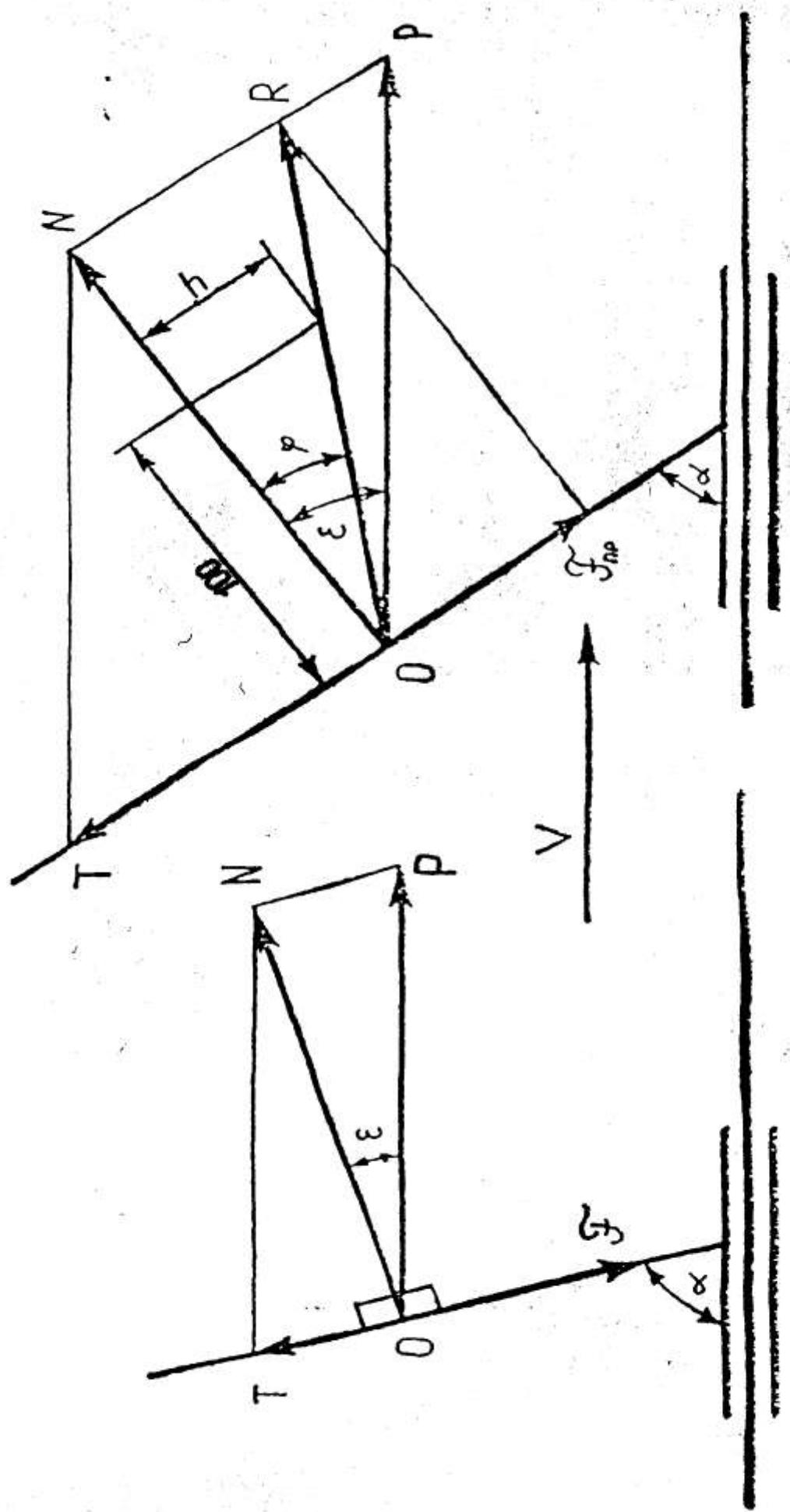


Рис.1. Принципиальная схема прибора

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

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

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

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

3. Результаты экспериментов занести в таблицу 1

ТАБЛИЦА 1

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

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

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

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

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \text{ -- среднее квадратическое отклонение.}$$

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

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа)

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

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

2.2.2 Задачи работы:

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

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.2.4 Описание (ход) работы:

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

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

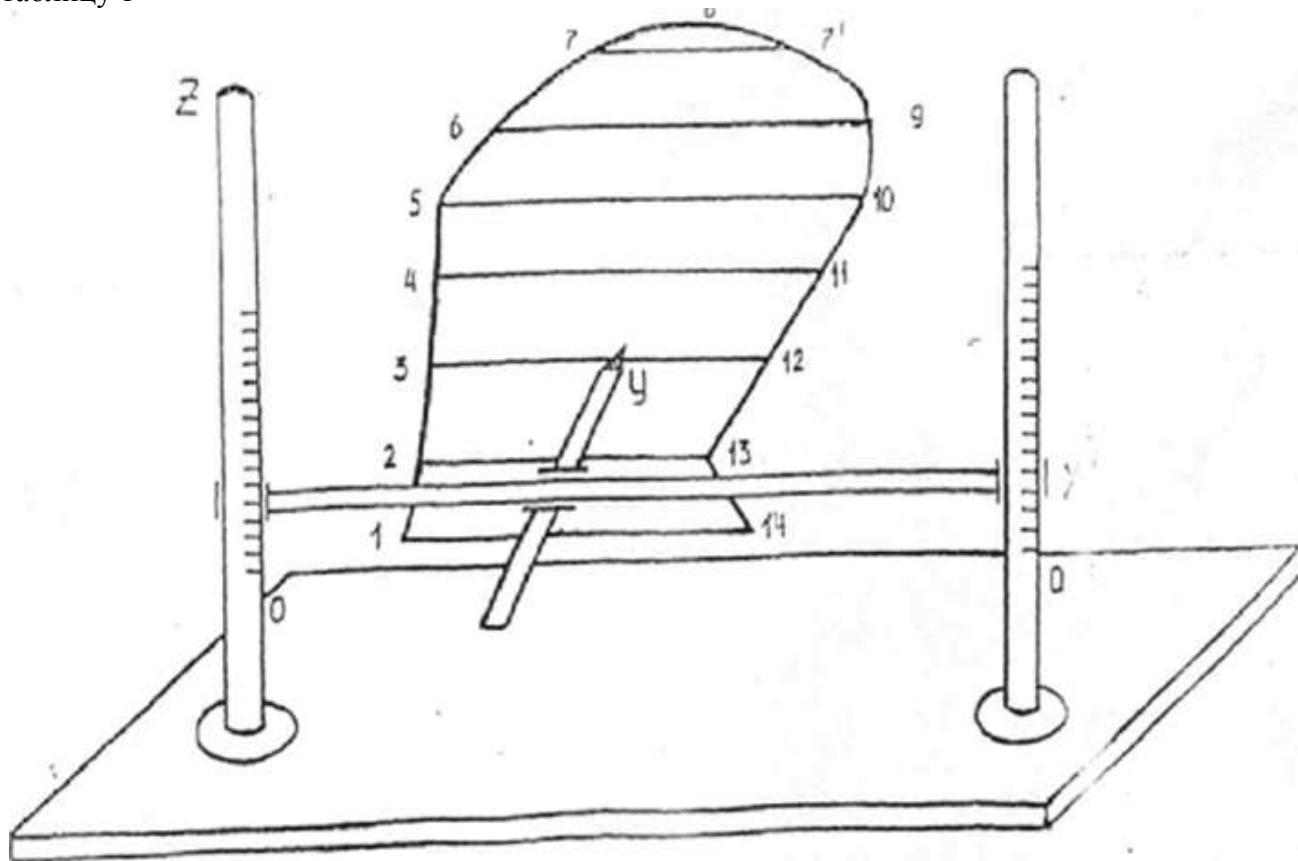
Корпус плуга должен быть расположен на платформе профиломера таким образом, чтобы крыло отвала 9-13 не пересекало ось X и находилось бы от нее на некотором удалении.

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

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

Для точности профилирования рабочей поверхности между указанными точками выделяем дополнительные точки таким образом, чтобы линия полевого обреза корпуса 1-5 была равномерно разделена примерно на равные отрезки. Через дополнительные точки 3,4... строим образующие, параллельные линии лезвия лемеха 1-14. Противоположные концы образующих нумеруем. Таким образом рабочая поверхность корпуса плуга

подготовлена нами к профилированию. Далее с помощью профиломера снимаем координаты отмеченных на рабочей поверхности точек по осям X, Y и Z и записываем их в таблицу 1



КООРДИНАТЫ ТОЧЕК РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА ПЛУГА

ТАБЛИЦА 1

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

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

Из построения на горизонтальной проекции (IV квадрант) определяем координаты левых (1,2,7) и правых (14,13,7') точек соответствующих образующих, указанных в табл

1, а также начальное уо, минимальное y_{min} и максимальное y_{max}

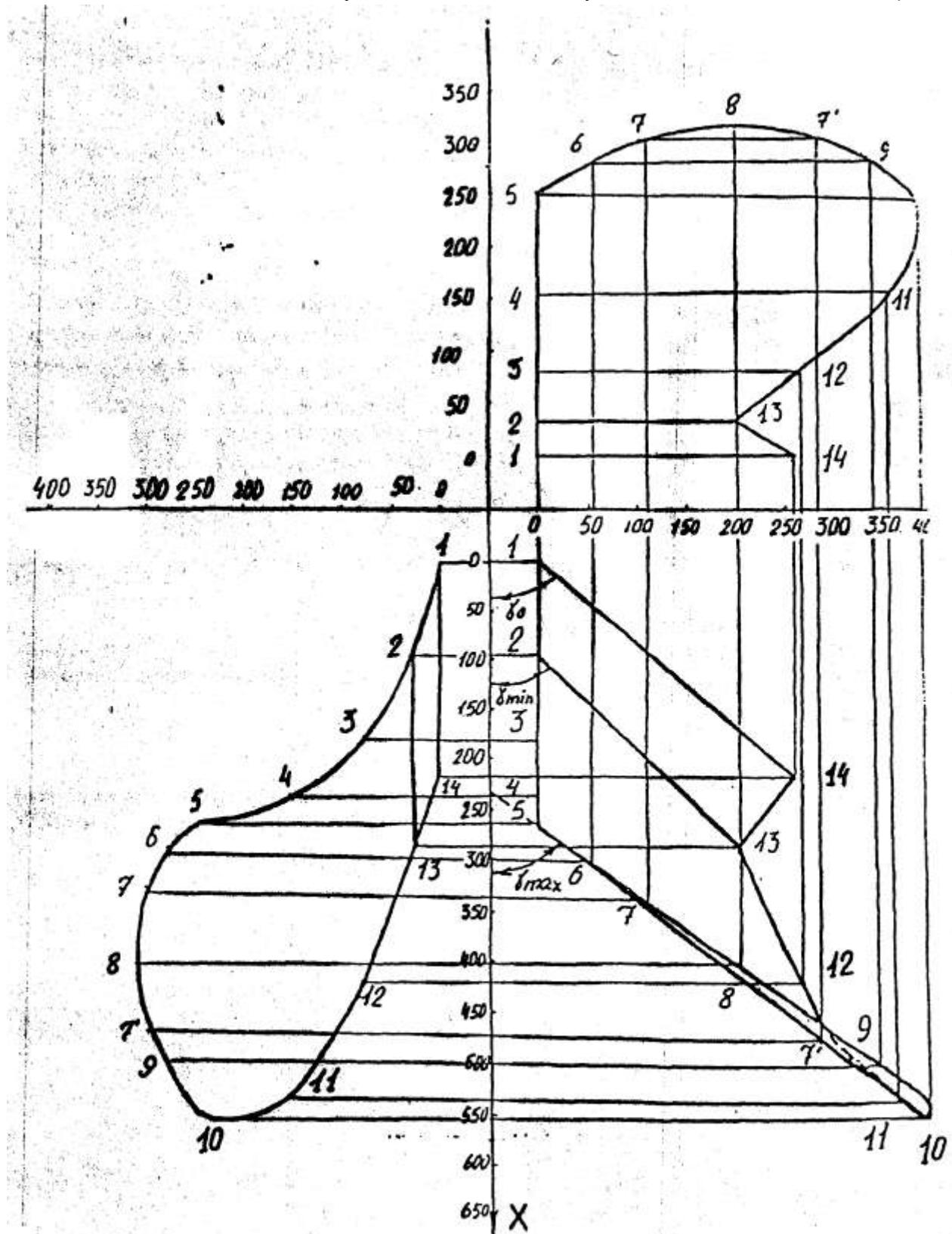


Рис.2.Проекции рабочей поверхности корпуса плуга

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

КООРДИНАТЫ КРАЙНИХ ТОЧЕК РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ ПРЯМОЙ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

ТАБЛИЦА 2

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

Сравнивая полученные значения углов γ_0 , γ_{\min} , γ_{\max} со стандартными (см. указанную литературу) для различных типов поверхностей, делаем заключение, что исследуемая рабочая поверхность относится к: полувинтовой, культурной, скоростной, цилиндрической (нужное подчеркнуть).

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

$$\Delta X = 100 \text{ мм.}$$

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

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

$$\Delta Y = 100 \text{ мм.}$$

Из построения получаем:

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

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

2.3 Лабораторная работа №3 (4 часа)

Тема: «Проектирование лемешно-отвальной поверхности плуга. (интерактивно)
Построение профиля борозды. Построение лобового контура корпуса. Построение
направляющей кривой»

2.3.1 Цель работы: по исходным данным заданного варианта спроектировать
лемешно-отвальную поверхность культурного или полувинтового типа.

2.3.2 Задачи работы:

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.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. программа расчета лемешно-отвальной поверхности

2.3.4 Описание (ход) работы:

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 $\gamma_0 =$ град.
5. Угол верхней образующей со стенкой борозды $\gamma_{\max} =$ град.
6. Угол образующей, расположенной в стыке лемеха с отвалом, со стенкой борозды $\gamma_{\min} =$ 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

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 записи 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 a, 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 B 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 пласти деформируется, происходит его разуплотнение и размеры пласти увеличиваются. На положение отваленного пласти влияет размер a, поэтому построим кинематику движения пласти с увеличенным размером, равным (a + 25 мм) x 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 К полевого обреза находится на высоте b от дна борозды (от точки A). 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 задирания 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 пласти). Из середины отрезка KE восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с продолжением вертикального отрезка DE и находит 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''' отваленного пласти. 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' отваленного пласти 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.

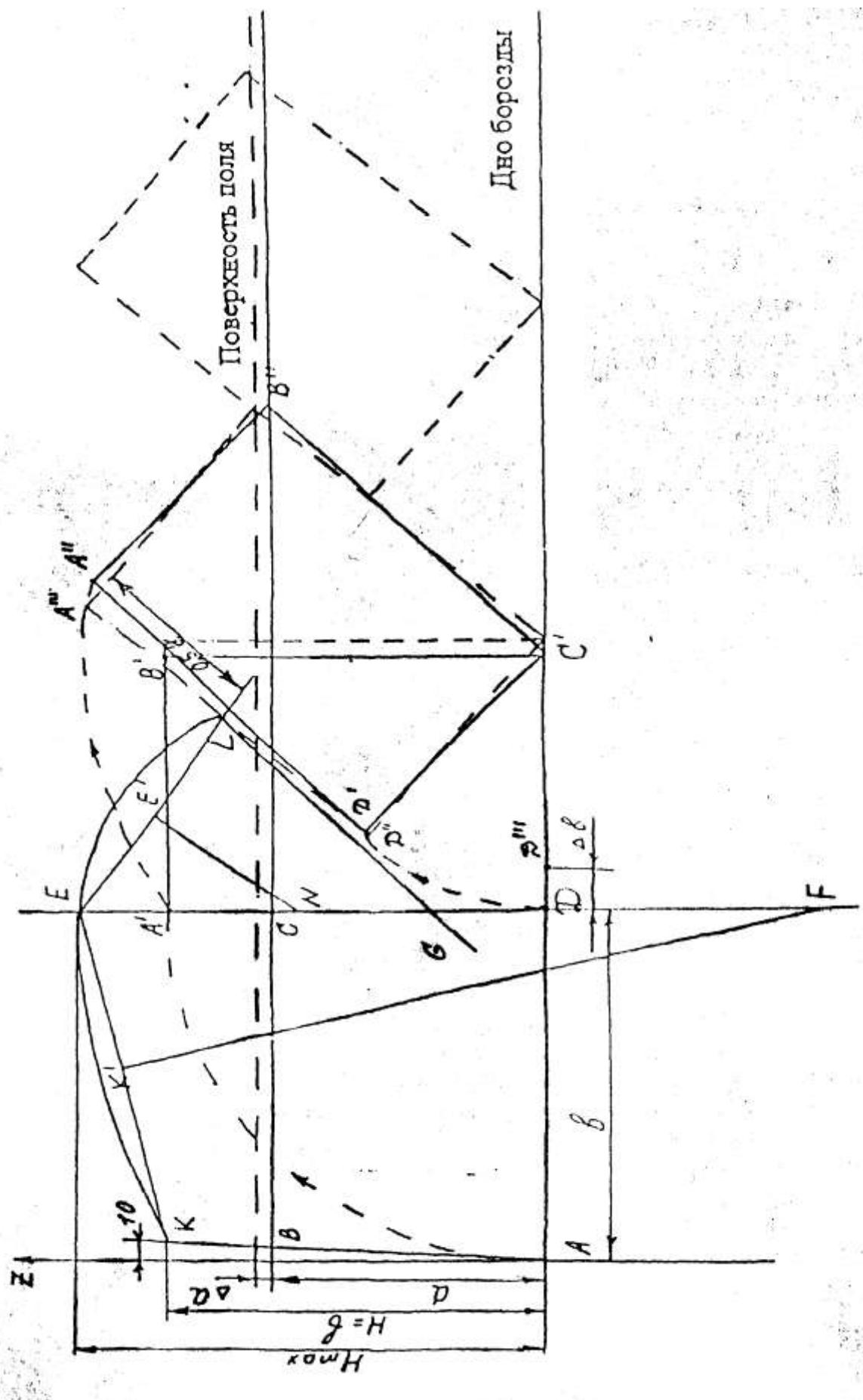


Рис. 1. Построение лобового контура корпуса плуга

Для построения направляющей кривой необходимо определить ее радиус R по формуле

$$R = H_{\max} x (\cos \epsilon + \sin \Delta \epsilon)^{-1}, \text{см} \quad (1.1)$$

где ϵ - угол постановки лезвия лемеха к дну борозды, град.

$\Delta \epsilon$ - приращение этого угла, град.

Выбирают на линии дна борозды (справа от отваленного пласта) точку M (рис. 2) и из нее вправо под углом ϵ проводят линию Mm . Затем через, точку E верхнего обреза отвала проводим образующую и от точки пересечения ее с вертикалью MM_1 (на высоте верхней образующей) откладывают величину отрезка L и из полученной точки M_0 проводят прямую M_0m таким образом, чтобы в пересечении прямых M_0m и Mm получился угол, равный ω .

На линии Mm откладывают величину S - ширину плоской (прямолинейной) части лемеха.

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

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

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 соединяют с точкой J - получаем линию GJ - бороздовой обрез 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.

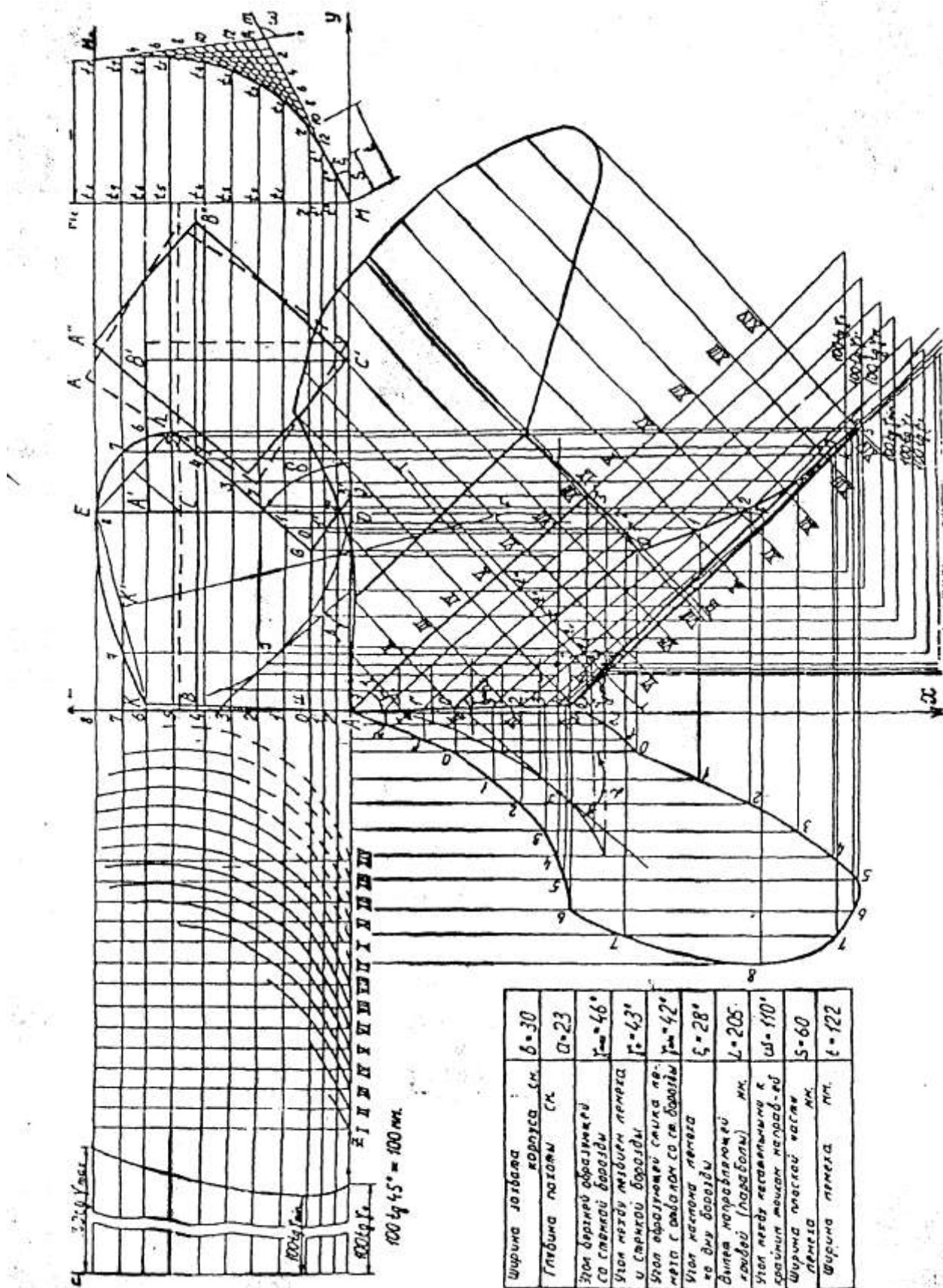
Углы образующих со стенкой борозды для отвалов культурного типа изменяются по уравнению параболы

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

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 выраженным в см.

Измеряя на чертеже значение Z от нулевой точки до очередной образующей и переведя 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_{\max} (верхняя ветвь) необходимо определить масштаб для величины γ - $\mu = \Delta \gamma x (\Delta y)^{-1}$, град./см.



Для верхней ветви кривой:

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

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.

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

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					
образую- щая	Z, см	Y, см	γ , град.	$\operatorname{tg} \gamma$	100 $\operatorname{tg} \gamma$, мм	образу- ющая	Z, см	Y, см	γ , град	$\operatorname{tg} \gamma$	100 $\operatorname{tg} \gamma$, мм
1-1						1-1					
2-2						2-2					
3-3						3-3					
4-4											
5-5											
6-6											
7-7											
8-8											

(1.6)

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

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

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

y -соответствующие ординаты, определяющие приращения углов γ 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:

$$y_1 = Z_1^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_2 = Z_2^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_3 = Z_3^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_4 = Z_4^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_5 = Z_5^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_6 = Z_6^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_7 = Z_7^2 \times (2P)^{-1} = ;$$

$$y_{\max} = Z_{\max}^2 \times (2P)^{-1} = , \text{ см}$$

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

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + 1 \times y_1 = \quad (1.7)$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + 1 \times y_2 =$$

$$\gamma_3 = \gamma_{\min} + 1 \times y_3 =$$

$$\gamma_4 = \gamma_{\min} + 1 \times y_4 =$$

$$\gamma_5 = \gamma_{\min} + 1 \times y_5 =$$

$$\gamma_6 = \gamma_{\min} + 1 \times y_6 =$$

$$\gamma_7 = \gamma_{\min} + 1 \times y_7 =$$

$$\gamma_{\max} = \gamma_{\min} + 1 \times y_{\max} =$$

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

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

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):

$$\gamma_1 = \gamma_{\min} + 1 \times y_1 =$$

$$\gamma_2 = \gamma_{\min} + 1 \times y_2 =$$

$$\gamma_3 = \gamma_{\min} + 1 \times y_3 = \gamma_0 =$$

Расчетные величины сводят в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Расчетные значения углов образующих со стенкой борозды

Верхняя ветвь параболы						Нижняя ветвь параболы					
образую-щая	Z, см	Y, см	γ, град.	tg γ	100tg γ, мм	образую-щая	Z, см	Y, см	γ, град	tg γ	100tg γ, 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 у является ординатами, определяющими приращение γ в масштабе, условно выраженном в см, то по оси Y откладывают значения $100\operatorname{tg} \gamma$ в масштабе $\operatorname{tg} 45^\circ = 100$ 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 $(2/3) \times L_{\text{раб}}$ (рабочей длины) от носка лемеха; для полувинтовых отвалов - в конце его рабочей длины $L_{\text{раб}}$.

На след этой плоскости с направляющей кривой сносятся 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 $r-r$, представляющая собой проекцию ширины лемеха в плане. Параллельно лезвию лемеха с отвалом и на эту линию из вертикальной проекции проектируется точка $N(r)$. Точку A_2 соединяют с точкой r - получают горизонтальную проекцию бороздного обреза лемеха. Из точек t'' ; t' ; O ; t_1 ; t_2 и т.д. проводят вертикальные прямые длиною 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. Странят 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 сносятся 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.

10. 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 .

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа)

Тема: «РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛУГА»

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

2.4.2 Задачи работы:

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

2.4.4 Описание (ход) работы:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

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

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

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

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

где Q - вес плуга [кгс];

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

n - число корпусов плуга;

При подстановке значений параметров в формулу соблюдаем единую размерность.

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

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

3. КПД плуга для заданных условий определим по формуле:

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

$$\eta =$$

Аналогично КПД плуга для предельных условий:

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

$$\eta_{\text{пр}} =$$

4. Проектирование полевой доски

4.1 Длину полевой доски определяем графически. Для этого в масштабе отложим ширину захвата корпуса: отрезок b . Из начала отрезка b вниз, перпендикулярно к нему, опустим луч, символизирующий собой стенку борозды, затем из начала отрезка b под углом γ_0 к стенке борозды построим линию лезвия

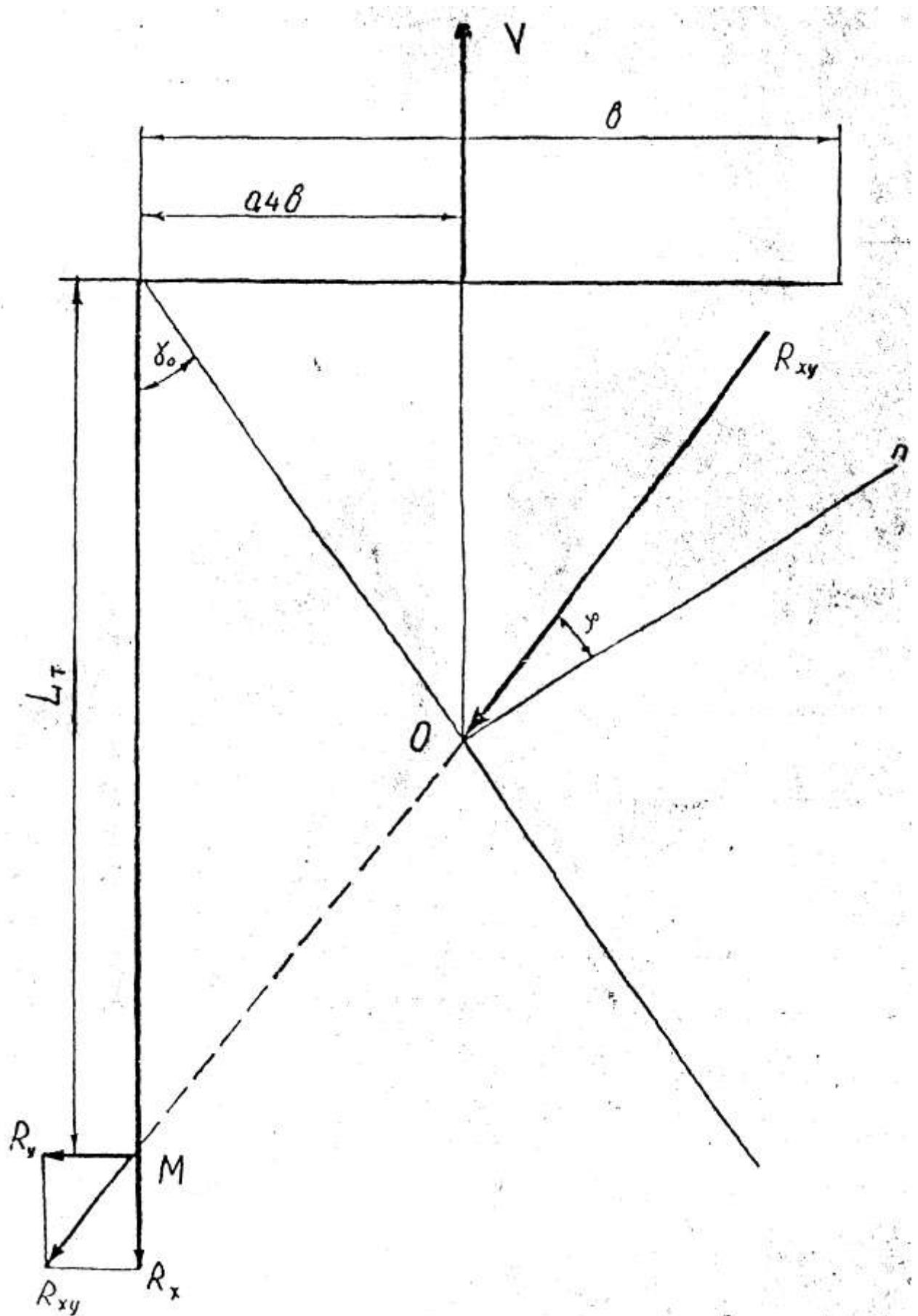


Рис.1. Графическое определение длины полевой доски

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

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

Действительная длина полевой доски L_d приблизительно равна половине теоретической L_t :

$$L_d = 0,5 L_t =$$

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

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

$$R_x =$$

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

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

$$R_y =$$

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

где t - толщина

h - высота.

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

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

$$t =$$

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

5. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛУГА.

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

2.5 Лабораторная работа №5,6 (4 часа)

Тема: «Проектирование зубовой боронь»

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

2.5.2 Задачи работы:

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

2.5.4 Описание (ход) работы:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Расстояние между следами зубьев $a = \dots$ мм
2. Число поперечных рядов зубьев $m = \dots$
3. Расстояние между поперечными планками $h = \dots$ мм
4. Число ходов развёртки 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 развёртке

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И УКАЗАНИЯ

Зубья на раме боронь 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 боронь строят по развёртке на плоскость двух многоходовых (основного и дополнительного) винтов. Зубья на раме боронь 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 развёртки

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

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 BC и т. С соединить с т. А и с т. Д.

Линия AC - развернутая линия основного винта.

Линия CD - развернутая линия дополнительного винта. Вправо и влево от наклонных линий проводим ряд наклонных прямых, параллельных AC и CD и удаленных друг от друга на 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. Контуры наклонных продольных планок между образующими 2-4 варианты А выполняют по развертке основного винта, а варианты Б - дополнительного. И, соответственно, контуры продольных планок между образующими 1-2, 4-5 варианты А выполняют по развертке дополнительного винта, а варианты Б - по развертке основного винта.

3. Заключение о работе зубьев бороны.

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

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

3. Ширина захвата звена бороны:

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

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

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

легкие $-h_3 = 100 \dots 140$ мм;

средние $- h_3 = 150 \dots 200$ мм;

тяжелые $- h_3 = 220 \dots 300$ мм;

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

$$\alpha =$$

где 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 определяется 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.

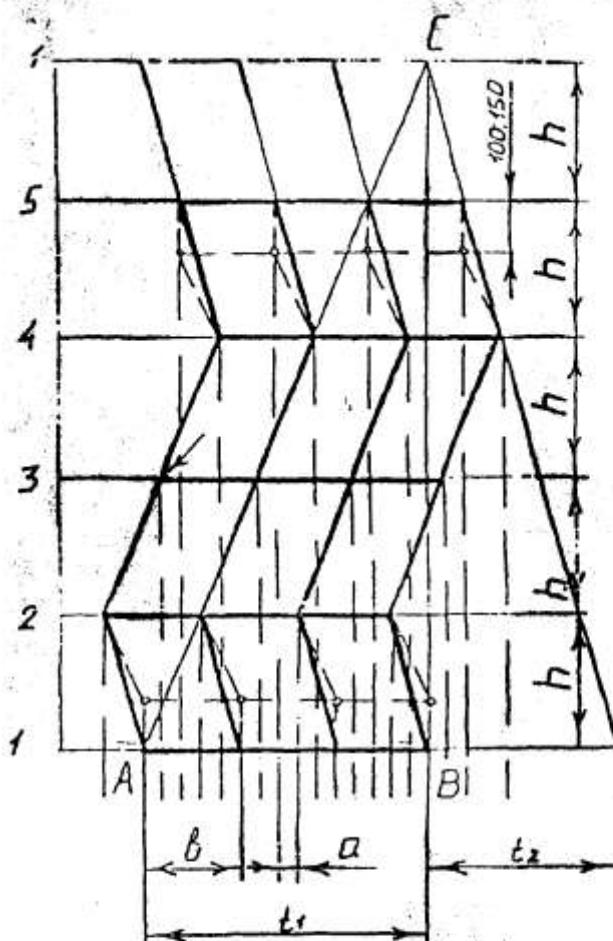


Рис.1а.Зубовая борона
типа “Зигзаг”

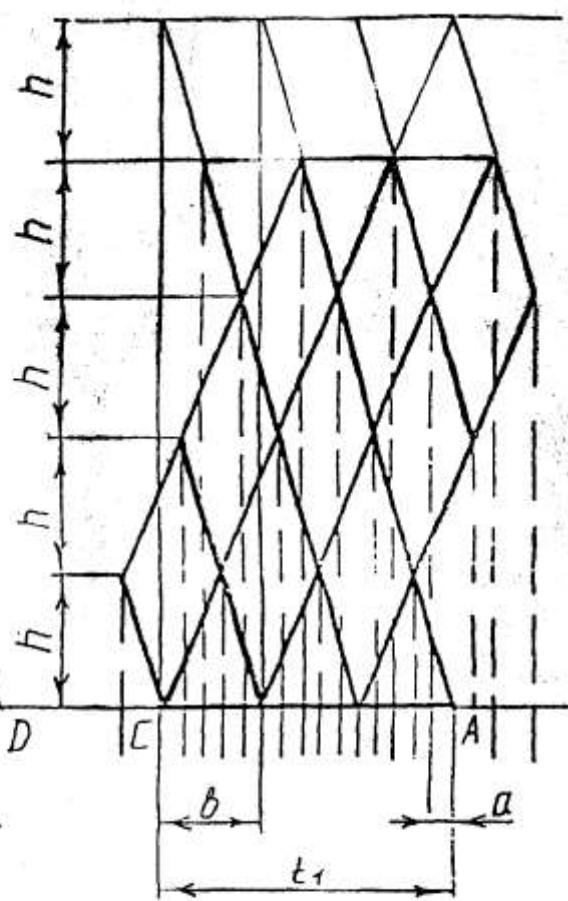


Рис.1б.Зубовая борона с
прямыми продольными
планками

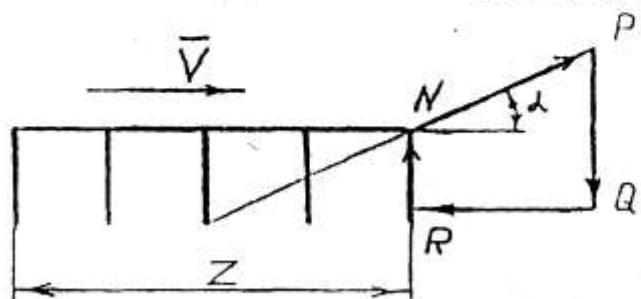


Рис.2. Силы,действующие на борону

Краткая техническая характеристика спроектированной бороны

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

9. Тяговое сопротивление –

2.6 Лабораторная работа №7,8 (2 часа)

Тема: «Исследование рабочего процесса катушечного высевающего аппарата»

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

2.6.2 Задачи работы:

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

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.6.4 Описание (ход) работы:

Исходные данные:

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

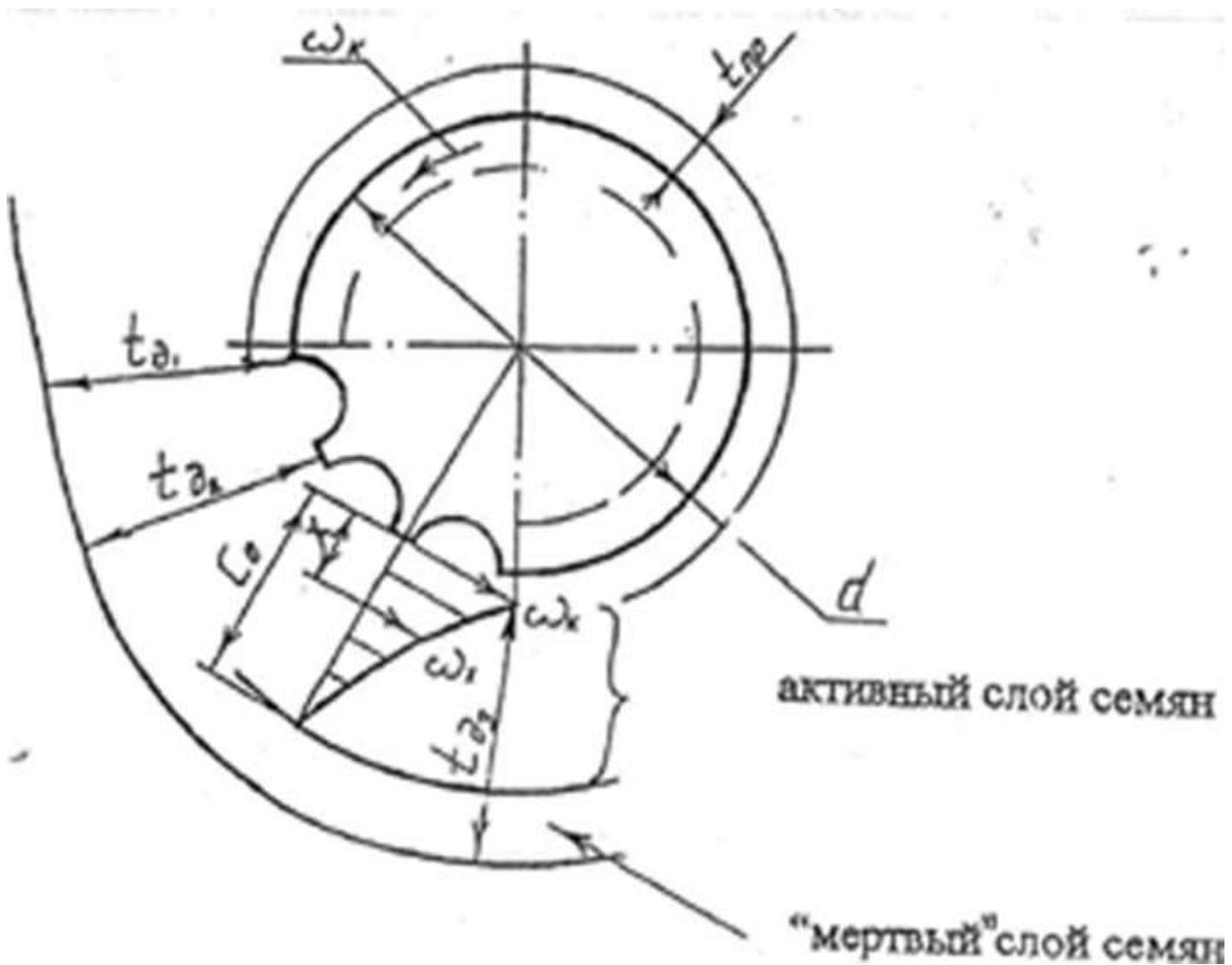
$$\begin{aligned}\gamma &= \text{г/см}^3 \\ i &= 1 \\ L &= \text{см} \\ z &= 12 \\ f &= 0.5 \text{см}^2 \\ d &= 49.5 \text{ мм} \\ n &= 10\end{aligned}$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

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

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

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



1. Определим рабочий объем семян, высеваемых катушкой высевающего аппарата за один ее оборот V_0 .
С этой целью:
 - 1.1 Объемную массу семян у подобрать в соответствии с заданной культурой.
 - 1.2 Установить и замерить нутромером вылет катушек L исследуемых пяти высевающих аппаратов. Аппараты пронумеровать.
 - 1.3 Под исследуемые аппараты установить пронумерованные емкости для сбора высеваемых семян.
 - 1.4 Сделать n оборотов вала высевающих аппаратов со скоростью равной скорости движения агрегата на посеве (6...7 км/ч)

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

1.6 Пользуясь выражением:

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

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

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

$$V_{jk} = z f L \beta \quad V_{jk} =$$

где β - коэффициент заполнения желобков

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

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

$$V_{ai} = V_{0i} - V_{jk}$$

4. Определить условную приведенную толщину активного слоя семян

$$V_{0i} \\ t_{pri} = \frac{V_{0i}}{\pi * d * L}$$

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_{pri} активного слоя определяется из выражения

$$t_{pri} = t_{pri} * (m + 1);$$

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

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

Результаты расчетов занести в таблицу.

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

ТАБЛИЦА

№ 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_{pri} , см	фактическая $t_{\phi pri}$, см			
1									
2									
3									
4									
5									

Заключение:

2.7 Лабораторная работа №9 (2 часа)

ТИПЫ И ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Продолжительность занятия — 2 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Листопад 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

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

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

$$S = t = t_0 = \quad (17)$$

8. Ход ножа с учетом дезаксиала

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

где l_m — 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	Марки машин					
	ЖВН-6	К-2,1	ЖРС-4,9	ЖБА-3,5	ЖР-4,9	СК-2,6
	ЖВН-10	КСП-2,1	ЖВН-6-12	ЖВС-6-12	С-6	УКСК-2,6
	ЖБ-4,6	КСХ-2,1				КС-2,6
	ЖН-4,0	КНУ-6				
	СК-4,1	КДП-4				
	СК-5	КТП-6				
	СК-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 наклона 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	84	101,6	90
Тип сегмента						
Тип аппарата						

III. Заполнить в таблице 2 пропущенные данные.

Таблица 2. Нты,

№	Машина	Тип аппарата	S , мм	t , мм	t_0 , мм	Формула
1			90	76,2	90	
2	Рисовая жатка					
3	КН-14	H-2			76,2	
4	С-1				76,2	
5	Косилки				76,2	
6	С-6	ниж.		76,2		
7	PCM-8		101,6			
8	Косилки	Бп-2		100		
9	Косилки		101,6		50,8	
10	Косилки			76,2	50,8	
11	Косилки		40	80		
			76,2		76,2	

2.8 Лабораторная работа №10,11 (4 часа)

Тема: «Расчет режущего аппарата и его анализ.»

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

2.8.2 Задачи работы:

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

2.8.3 Описание (ход) работы:

Расчетная часть

Дано: (см. приложение)

Тип машин –

Ширина захвата, м – $B =$

Скорость агрегата, м /с – $V_m =$

Частота вращения кривошипа, мин⁻¹ - $n =$

Высота резания, мм – $H =$

Порядок расчета:

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

а) сегмент: $B =$ мм, $b =$ мм, $l =$ мм, $L =$ мм.

определить: б) высоту лезвия $h' = L - l =$

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

$$\alpha =$$

в) противорежущая пластина:

ширина переднего основания: $b_1 =$ мм,

ширина заднего основания: $b_2 =$ мм,

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

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

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

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

где S – ход ножа, м

4. 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)

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

6. Усилие, действующее на спинку ножа:

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

$$r = \frac{s}{2} \text{ м} =$$

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

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

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

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

7. Мощность, потребная для работы аппарата:

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

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

9. Наибольший поперечный отгиб (далее считать в мм)

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

10. Продольный отгиб: $q = y_f - y_e \text{ мм} =$

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

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

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

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

11. Максимальная длина стерни:

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

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

Графическая часть

Построить графики:

1. Пробега активной части лезвия (Диаграмма резания)
2. Площади нагрузки.
3. Рабочих скоростей резания и ускорений ножа.
4. Изменения слагающей скорости вдоль лезвия.

Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями ГОСТов, на формате А3

Заключение

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

Вопросы для самопроверки

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

Работу принял:

2.9 Лабораторная работа №12,13 (4 часа)

Тема: «Расчет и анализ мотовила».

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

2.9.2 Задачи работы:

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

2.9.3 Описание (ход) работы:

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: $u = \lambda v_m, \text{ м/с}; v =$

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

Полученное значение R округлить до одного из рекомендуемых:

R=0,65; 0,7; 0,8; 0,9; 1,00 м

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

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

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

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

6. Определить высоту установки оси мотовила над линией ножа

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

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

Графическая часть (выполняется на формате А3)

1. Построить абсолютные траектории трех смежных планок мотовила.

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

3. Построением определить фазы $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ при отсутствии выноса мотовила и

$\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$ при максимальном выносе.

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

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

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

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

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

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

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
$k=0; \mu=0$							
$k=k_{max}; \mu=0$							
$k=k_{max}; \mu=$							

Заключение

- Сопоставить результаты расчета и графических построений.
- Оценить рассчитанное мотовило.

Вопросы для самопроверки

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

Работу принял:

2.10 Лабораторная работа №14,15 (4 часа)

Тема: «Расчет молотильного аппарата»

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

2.10.2 Задачи работы:

1. Определить длину барабана
 2. Определить диаметр барабана
 3. Определить частоту вращения барабана
- 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: $\omega =$ м/с
 6. Время между ударами: $\Delta t =$ с
- $\Delta t = 0,0045$ и более

2.10.2 Описание (ход) работы:

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...8 кг/с.

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

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: $d = \frac{v \Delta t \times M}{\pi}, \text{м} =$

Где v - окружная скорость барабана, м/с.

Диаметр барабана должен быть в пределах 0,4.....0,8м

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

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

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

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

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

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

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

7. Мощность на холостой ход барабана, Вт: $N_{xx} = A v + B v^3 =$

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

$B = 0,055 \dots 0,090 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$ - коэффициент, учитывает сопротивление воздуха

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

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

где N Вт, ω критическая скорость.

Заключение

Оценить спроектированный аппарат, сопоставив рабочую - ω и критическую - ω_{kp} 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 - ω_{kp} .

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?

Работу принял:

2.11 Лабораторная работа №16,17 (4 часа)

Тема: «Расчет основных параметров соломотряса»

2.11.1 Цель работы: Определить основные параметры соломотряса.

2.11.2 Задачи работы:

1. Определить необходимое число встрихиваний
2. Определить длину соломотряса.
3. Определить основные параметры соломотряса для следующих исходных данных:
 1. Радиус вала кривошипа $r=40\dots65$ мм.
 2. Объемный вес соломы $\gamma_c = 10\dots20 \text{ кг/м}^3$
 3. Угол наклона клавишей $\alpha = 0\dots30^\circ$.
 4. Число клавишей $z = 3\dots6$ штук.
 5. Показатель кинематического режима $k=1,1\dots3,5$.

Примечание: При расчете используются данные предыдущей работы (расчетные данные по молотильному аппарату).

2.11.3 Описание (ход) работы:

Порядок расчета

1. Ширина соломотряса: $B_c = (1,0-1,1)L\delta =, \text{м}$
2. Толщина вороха на соломотрясе:

а) Выбрав тип соломотряса и задавшись значениями α и k , определить по графику скорость перемещения соломы при $r=50$ мм.

$$\alpha = \quad , k = \quad , (\nu_{my})_{cp} =$$

б) Определить скорость перемещения соломы при выбранном r : $(\nu_{my})_{cp,r} =$

$$(\nu_{my})_{cp,50} \sqrt{\frac{r}{50}} =$$

в) Найти толщину слоя вороха: $H = \frac{(1-\beta) \cdot q}{B_c \gamma_c (\nu_{my})_{cp}}, \text{м} =$

где $\beta = \frac{Q_3}{Q_3 + Q_c} =$ – коэффициент, характеризующий содержание зерна в хлебной

массе.

$$\beta =$$

Q_3, Q_c, q - взять из предыдущей работы.

Толщина слоя не должна превышать 0,5...0,8 м.

3. Необходимое число встряхиваний: $v = v_0 \sqrt{\frac{H}{H_0}} =$ где $v_0 = 40$ -

число встряхиваний, достаточное для выделения зерна из соломы при толщине слоя $H_0 = 0,15$ м

4. Определить частоту вращения коленчатого вала: $n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{kg}{r}}$ об/мин =

где $g = 9,8$ м/с² $n =$

Число встряхиваний в минуту:

$\hat{n} = n$ - для соломотряса I типа;

$\hat{n} = 2n$ - для соломотряса II типа.

5. Длина соломотряса: $L_c \geq \frac{60v(v_{my})cp}{\hat{n}}$ L_c не более 3,5...4 м.

6. Фаза отрыва вороха от клавиши: $\omega t_1 = \arcsin \frac{\cos a}{k}$ град; $\omega t_1 =$

$\omega t_1 =$ рад.

7. Фаза соударения ωt_3

$$\omega t_3 - \omega t_1 = \operatorname{ctg} \omega t_1 + \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \omega t_1 + 2 \pm 2 \frac{\sin \omega t_3}{\sin \omega t_1}};$$

Уравнение решается в радианах подбором значений ωt_3 так, чтобы его левая часть была равна правой. Знак (-) для соломотряса I типа, (+) - II-го.

Решение:

Результат: $\omega t_3 =$ рад; $\omega t_3 =$ град.

8. Количество вороха на клавиши: $Q_e = (1 - \beta)q \frac{L_c}{(V_{my})cp} =$

9. Расход мощности на встряхивание вороха:

а) для соломотряса II типа: $N_e = \frac{Q_e k V_1}{100\pi} \kappa B m =$

где $V_1 = 1,5 \dots 2,0$ - коэффициент, учитывающий размеры и соотношение скоростей клавишей и вороха в момент соприкосновения.

б) для соломотряса I типа: $N_e = \frac{Q_e k V_1}{200\pi} \kappa B m =$

Графическая часть /выполняется в журнале/

Рис. Схема работы клавищного соломотряса

Заключение. 1. Оценить размерные характеристики рассчитанного соломотряса, указать пути его совершенствования.

2. Дать оценку кинематическим показателям: $k, \omega t_3, \omega t_1, V_{my} cp$, указать возможные пути улучшения работы соломотряса.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается принципиальное отличие соломотрясов I и II типов?
2. Основные допущения, сделанные при разработке теории клавищного соломотряса.
3. Вывести формулу для определения угла отрыва вороха от соломотряса.
4. Как определяется фаза соударения?
5. Что такое режим работы клавищного соломотряса?
6. Объяснить, в каких областях режимов должны работать клавищные соломотрясы I и II типов.
7. Как определяется скорость перемещения соломы по соломотрясу?
8. Как определяется предельный угол наклона клавиш?
9. Как влияет угол наклона клавиш на скорость движения вороха?
10. Как влияет на скорость движения соломы величина радиуса кривошипа?
11. Как изменяется скорость движения соломы по соломотрясу при изменении режима работы?
12. Условия применения клавищных соломотрясов.
13. Как определяется длина соломотряса?
14. Как определяется толщина слоя соломы на соломотрясах?
15. Как рассчитывается расход энергии на работу клавищных соломотрясов?

Работу принял:

Приложение 1

Варианты задания к работе 3
“Проектирование зубовой боронь”

№ варианта	Тип боронь	Количество поперечных рядов зубьев,	Количество продольных планок, N	Форма продольных планок	Направление средних участков
------------	------------	-------------------------------------	---------------------------------	-------------------------	------------------------------

		m, шт			планок
1	легкая	5	4	зигзаг	А
2	средняя	5	4	прямая	Б
3	тяжелая	7	5	зигзаг	А
4	легкая	5	5	прямая	А
5	средняя	7	5	зигзаг	Б
6	тяжелая	5	4	прямая	А
7	легкая	5	4	зигзаг	Б
8	средняя	5	4	прямая	А
9	тяжелая	7	5	зигзаг	Б
10	легкая	5	5	прямая	Б
11	средняя	7	5	зигзаг	А
12	тяжелая	5	4	прямая	Б
13	легкая	5	4	зигзаг	А
14	средняя	5	5	прямая	Б
15	тяжелая	7	5	зигзаг	А
16	легкая	5	5	прямая	Б
17	средняя	7	5	зигзаг	А
18	тяжелая	5	4	прямая	Б
19	легкая	5	4	зигзаг	Б
20	средняя	5	4	прямая	А
21	тяжелая	7	5	зигзаг	Б

Приложение 2

Варианты задания к работе 11

“Расчет режущего аппарата и его анализ”

Вариант ы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип машины	к	к	к	к	ж.к	ж.к	ж.к	ж.к	ж.в	ж.в	ж.в	ж.в	ж.г	ж.г	ж.г	ж.г
Ширина захвата, м	6, 0	4, 0	4,0	2,0	8,6	7	6	4,6	6,0	6,0	4,9	6,0	4,0	5,0	4,0	2,6
Ход ножа, мм	76 ,2	76 ,2	76, 2	76, 2	88	88	88	88	84	84	84	84	90	90	90	90
Скорость машины, м/с	2, 0	2, 4	2,6	2,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,2	2,4	2,6	2,8	2,6	2,7	2,8	2,6
Число оборотов кривоши па мин -	66 0	90 0	11 00	12 00	52 5	60 0	70 0	81 0	60 0	68 5	70 9	64 6	700	850	850	720

1																
Высота резания, мм	80	70	60	50	10 0	10 0	80	50	11 0	10 0	12 0	10 0	120	130	140	150

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

Приложение 3
Варианты задания к работе 13
“Расчет и анализ мотовила”

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

Приложение 4
Варианты задания к работе 15
“Расчет молотильного аппарата”

Дано	Варианты															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
V_m , м/с	5	6	7	8	8,6	5	6	7	8	8,6	5	6	7	8	8,6	6
V_m , км/ч	5,0	5,2	5,3	6,0	5,5	4,5	6,0	5,6	6,3	6,1	4,6	5,3	6,2	5,5	5,2	4,8
Q_3 , ц/га	30	27	25	20	18	28	22	20	17	16	32	26	24	22	20	26
Q_c , ц/га	40	40	35	30	29	38	32	35	30	28	43	40	37	32	30	39
V_m , м/с	30	32	29	28	30	31	29	27	30	29	31	30	27	29	31	31