

Дисциплина
Сельскохозяйственные машины

Тема лекции

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

**Кафедра технологических машин и технологии
машиностроения**

Преподаватель Головатюк Виктор Антонович

2016

Вопросы лекции

1 Ключевые слова

2 Видеоклипы

3 Общие сведения

4 Почва как питательная среда для растений

5 Процессы обработки почвы и требования к ним

6 Основоположник земледельческой механики

7 Физико-механические свойства почвы

8 Технологические свойства почвы

9 Удельное сопротивление почвы

Заключение

Литература

Ключевые слова

Плодородие почвы – свойство почвы обеспечить жизнедеятельность растений с целью их плодоношения.

Водно-воздушный режим – проникновение влаги и воздуха в обработанном слое почвы в необходимом количестве для поддержания жизнедеятельности растений.

Гранулометрический состав (агрегатная, фрагментарная) структура почвы – раскрошенное состояние почвы на гранулы, фрагменты, агрегаты, обеспечивающее необходимый водно-воздушный и тепловой режимы в обработанном слое почвы.

Технологическая операция – одномерное направленное воздействие на технологический объект(материал) обработки с целью достижения заранее намеченного изменения его свойств, состояния или формы.

Технологический процесс – совокупность технологических операции воздействия на объект(материал) обработки для достижения необходимого промежуточного или конечного его состояния, свойства или формы.

Обработка почвы дисковыми и чизельными рабочими органами



Процесс обработки почвы с крошением и оборотом пласта

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Общие сведения

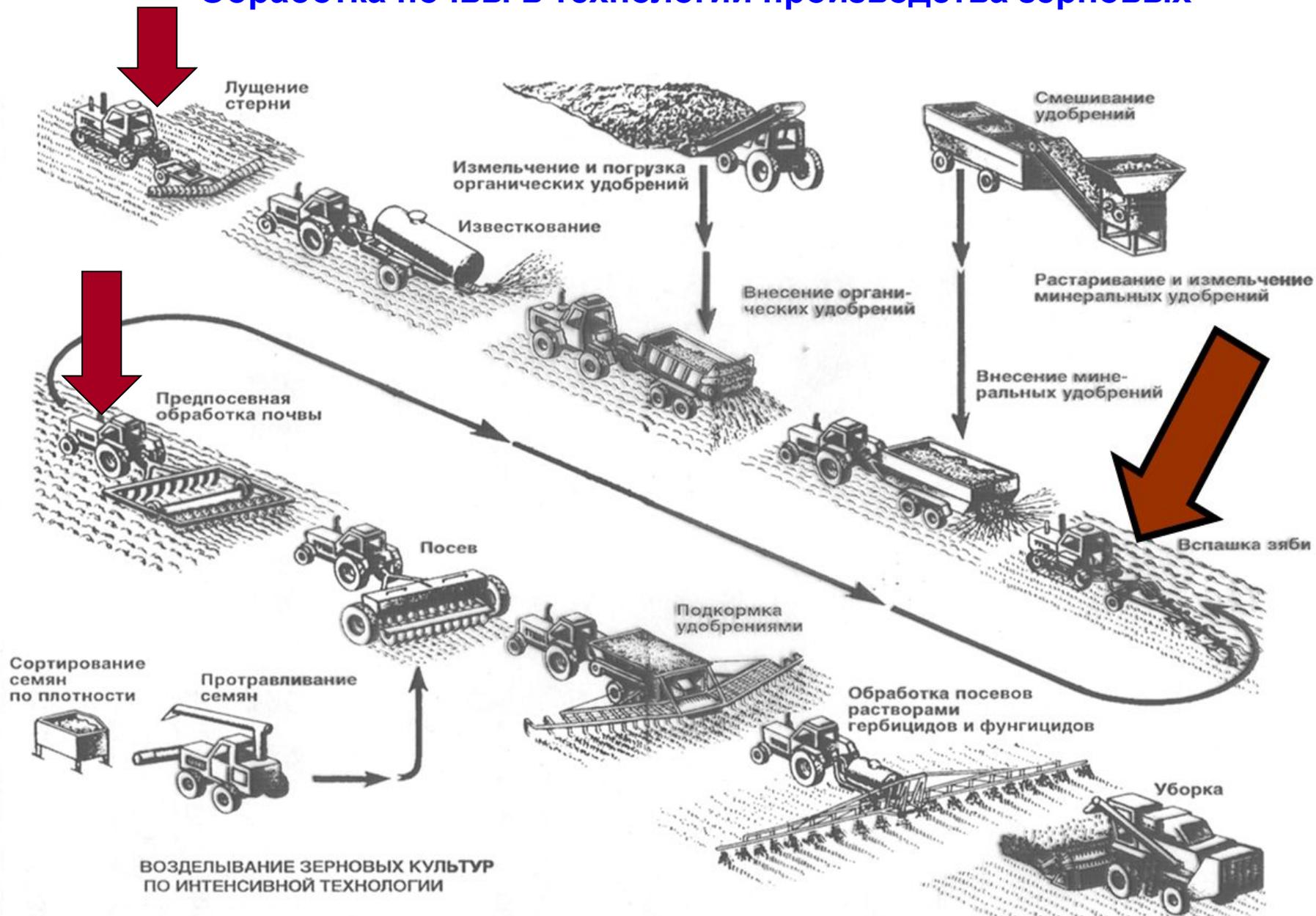
Из всех отраслей сельского хозяйства наиболее энергоемкой является растениеводство на которой приходится около 70% энергетических затрат.

В общем комплексе технологических процессов по возделыванию с/х культур главную роль занимает обработка почвы, при проведении которой закладывается основа будущего урожая.

На её проведение затрачивается до 40% от всех энергетических затрат на производство продукции растениеводства.

Проводят обработку почвы с целью восстановления и повышения её способности поддержания жизнедеятельности растений.

Обработка почвы в технологии производства зерновых



Почва питательная среда для растений

Почва - поверхностный слой земли являющийся уникальным природным телом обладающим плодородием и являющийся средой питания для растений.

Плодородие - жизненная сила почвы, позволяющая растительности выжить и плодоносить в самых экстремальных условиях.

Согласно требованиям агротехники и результатов исследований установлено, что плодородие почвы в значительной мере зависят от её агрегатной структуры (гранулометрического состава).

Гранулометрический состав почвы

Агрегатная структура почвы по мнению академика Д.И. Бурова должна обладать наилучшей скважностью, которую следует искусственно создать, в процессе обработки, стремясь достигнуть величины 50%.

Скважность - характеризуется долей пустот, находящихся в общем объеме почвы, и выражается в процентах:

$$C_n = \frac{V_{пу}}{V_{п}} \cdot 100\%,$$

где $V_{пу}$ - объем пустот, мм³; $V_{п}$ - общий объем почвы, мм³.

Скважность имеет существенное значение для создания благоприятного водного, воздушного, теплового и пищевого режимов.

Оптимальная скважность почвы находится в пределах 40...60%.

Гранулометрический состав почвы

Академик В.В. Квасников утверждает, что при наличии в почве комочков (гранул) от 1 до 10 мм создаются наиболее благоприятные физические и биологические условия в обрабатываемом слое почвы для развития растений.

Гранулометрический состав почвы оценивается тремя коэффициентами:

Коэффициент структурности $C = \frac{m_{(0,25...10)}}{m}$;

Коэффициент распыленности $P = \frac{m_{(<0,25)}}{m}$;

Коэффициент глыбистости $\Gamma = \frac{m_{(>10)}}{m}$;

где m - общая масса взятой для анализа почвы, кг;

$m_{(0,25...10)}$ - масса фракции почвы 0,25...10 мм;

$m_{(<0,25)}$ - масса фракции почвы менее 0,25 мм;

$m_{(>10)}$ - масса фракции почвы более 10 мм.

Желательно, чтобы коэффициент **C** был наибольшим, а **P** и **Г**- наименьшими.

Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от размеров агрегатов слоя почвы

Исследования позволили установить зависимость урожайности от размеров агрегатов рыхлого слоя почвы которая наглядно представлена на рисунке 1.

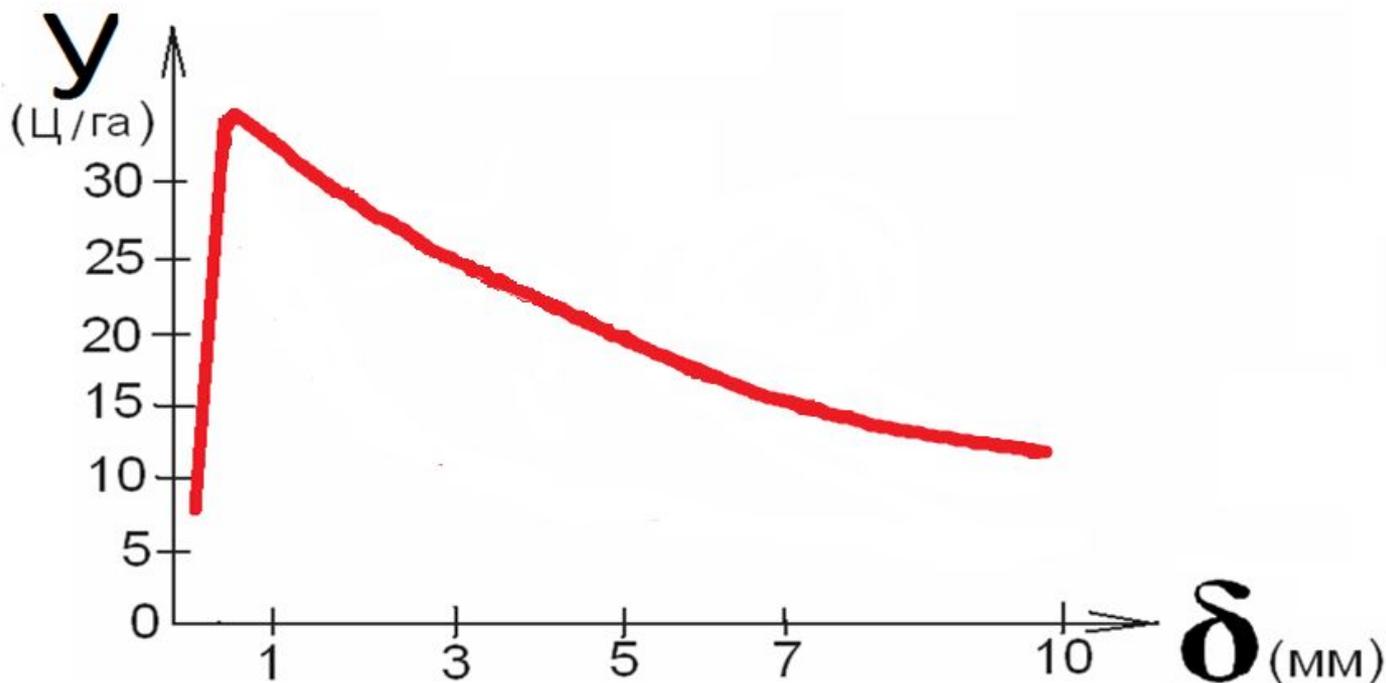


Рисунок 1 – Зависимость урожайности от размеров агрегатов рыхлого слоя почвы: δ – размер агрегатов рыхлого слоя.

**Классификация почв по гранулометрическому составу
представлена в таблице 1.**

Таблица 1 – Классификация агрегатной структуры почвы

Глыбистая	Агрегаты размером более 10 мм
Комковатая	3 ... 10 мм
Зернистая	0,25 ... 3,0 мм

Хорошо обработанная почва



Преднамеренные воздействия на почву

В качестве условия любого преднамеренного воздействия на почву, следует считать необходимость, создать из сложившейся структуры почвы под воздействия природных факторов (атмосферных осадков, гравитационных сил и т.д.), рациональную плодотворно влияющую на рост и развитие культурной растительности применяя при этом один или комплекс технологических процессов механической обработки почвы

В зависимости от особенностей возделывания той или иной с/х культуры для создания благоприятных условий развития растений и получения высоких урожаев применяют различные способы обработки почвы: вспашку, безотвальную обработку, культивацию фрезерование, лущение, боронование, и др.

Операции механической обработки почвы

До обработки После обработки



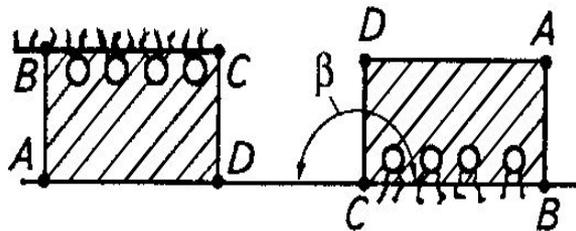
вертикальное резание



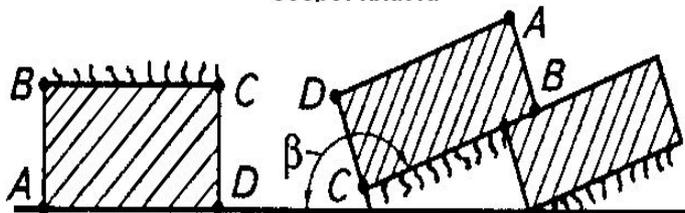
горизонтальное резание



отделение пласта

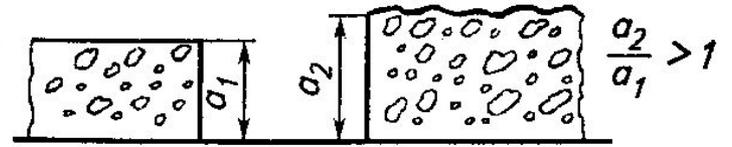


оборот пласта



взмёт пласта

До обработки После обработки



рыхление



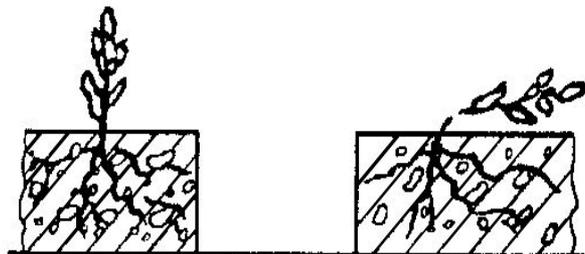
уплотнение



перемешивание

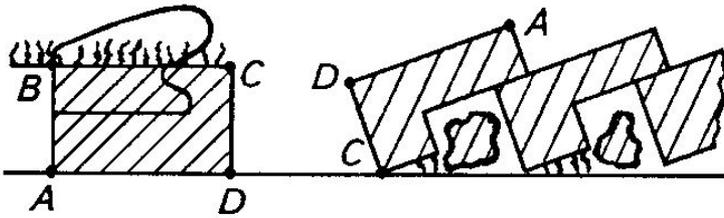


выравнивание

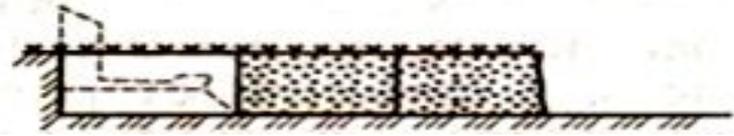


подрезание сорняков

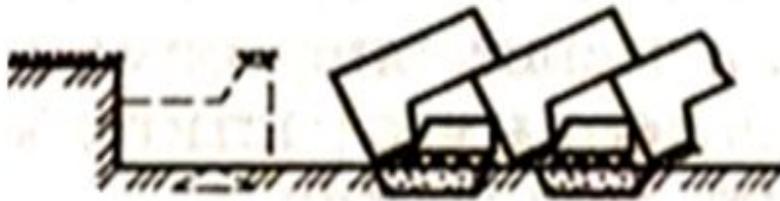
Процессы механической обработки почвы



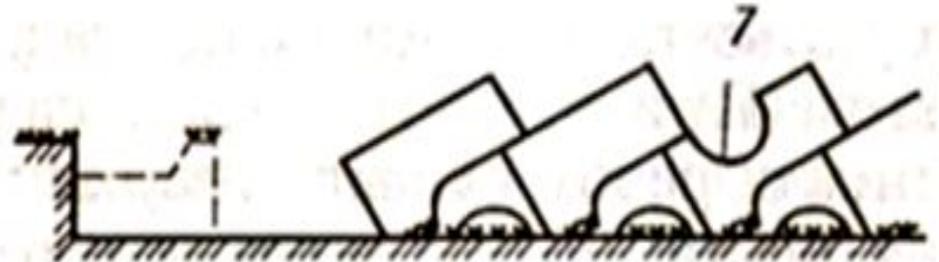
Культурная вспашка



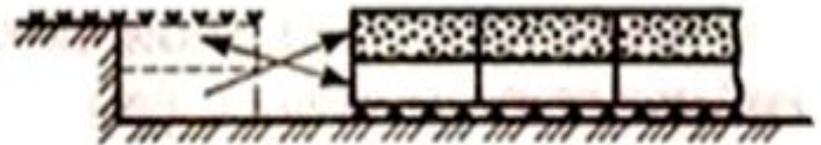
Безотвальная обработка



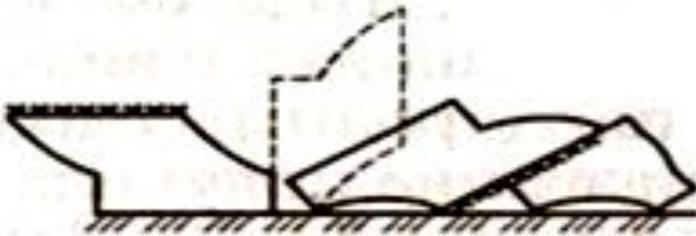
Культурная с почвоуглублением



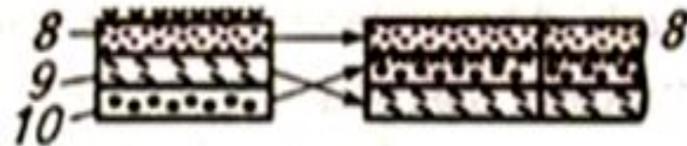
Вспашка с образованием лунок



Двухъярусная вспашка



Ромбическая вспашка



Трёхъярусная вспашка

Способы обработки почвы



Современная комбинированная обработка почвы



Современная обработка с крошением и оборотом пласта



Современная комбинированная обработка почвы



Современная технология возделывания культурных растений при совмещении обработки почвы с посевом и внесением удобрений



Почвообрабатывающий посевной комплекс «HORCH»

Почва как объект механической обработки

Как указывал Василий Прохорович Горячкин русский ученый, академик основоположник земледельческой механики, в любом технологическом процессе участвуют три элемента: **энергия, рабочий орган и объект обработки (материал).**

Физические процессы, происходящие в почве под воздействием рабочих органов почвообрабатывающих машин, весьма сложны, и сущность их во многом зависит от структуры, механического состава и технологических свойств почвы.

По мнению В.П. Горячкина, учение о свойствах почвы представляет собой основной фундамент создания, подготовки и настройки рабочих органов и в целом почвообрабатывающих машин и орудий на оптимальный режим их функционирования.

Почва как материал обработки характеризуется физико-механическими и технологическими свойствами оказывающие влияние на процесс её взаимодействия с рабочими органами почвообрабатывающих машин.

Основными физико-механическими свойствами почвы являются её механический состав и влажность.

Состав почвы

Почва – многофазная среда, состоящая из перемешанных между собой твёрдых частиц физического песка и глины (основа почвы табл. 2), частиц органического происхождения, воды, воздуха, газов и микроорганизмов.

Таблица 2 – Классификация почв по содержанию физического песка и физической глины

Тип почв	Содержание %	
	физического песка	физической глины
Глинистая	менее 50	более 50
Суглинистая	50 ... 80	50 ... 20
Супесчаная	80 ... 90	20 ... 10
Песчаная	более 90	менее 10

Типы почв по энергоёмкости обработки

Состав почвы оказывает существенное влияние на энергоёмкость процесса обработки, на качество обработки и износ рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Классификация почв по энергоёмкости обработки представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация почв по энергоёмкости обработки

Почва	Тип
Глинистая	Тяжёлая
Суглинистая и супесчаная	Средняя
Песчаная	Лёгкая

Влажность почвы

Влажность почвы существенно влияет на её технологические свойства, на качество обработки, расход энергии и износ рабочих органов.

О количестве воды в почве, судят по её абсолютной влажности.

Определяют абсолютную влажность почвы по формуле:

$$W_a = \frac{(m_v - m_c)}{m_c} \cdot 100, (\%)$$

где m_v и m_c – массы соответственно влажной и сухой почвы.

О степени увлажнения почвы судят по значению её относительной влажности которую определяют по формуле:

$$W_o = \frac{W_a}{W_n} \cdot 100, (\%)$$

где W_n – полевая влагоёмкость почвы, %.

При абсолютной влажности почвы от 20 до 25 % наступает состояние физической спелости, когда почва хорошо крошиться и расходуется минимальное количество энергии на её обработку.

Технологические свойства почвы

Технологические свойства почвы проявляются в процессе её обработки. Они оказывают влияние на закономерность и характер протекания технологического процесса.

К основным технологическим свойствам почвы относят: твердость, трение скольжение, липкость, плотность, пластичность, абразивность и т.д.

Твердость почвы

Твердость – прочностная характеристика почвы, а следовательно является главным элементом энергетического баланса работы рабочего органа и всей почвообрабатывающей машины в целом.

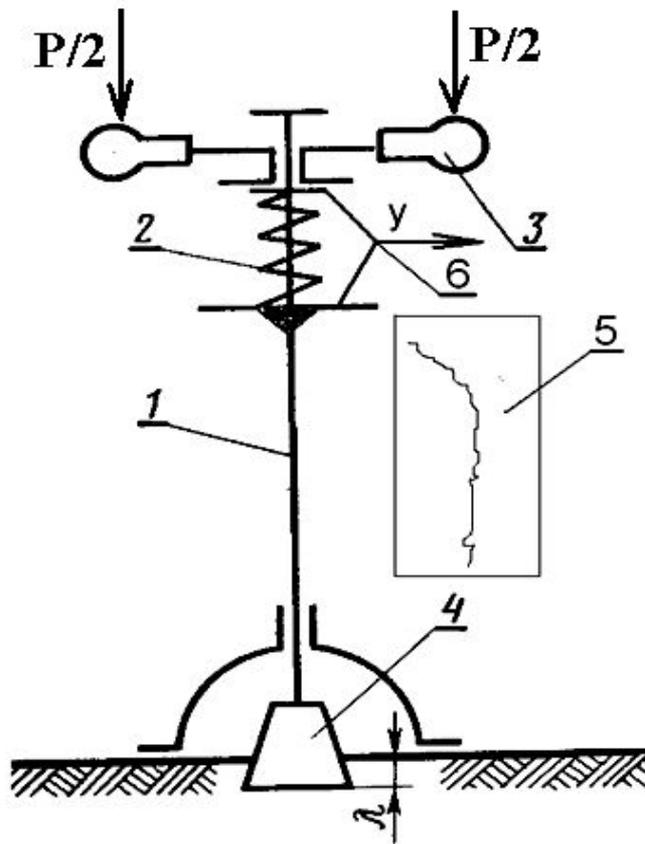
Она характеризует её способность сопротивляться внедрению в ней какого-либо деформатора.

Твердость оказывает существенное влияние на качество обработки почвы, затраты энергии на её обработку и на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий.

Твёрдость определяется твердомерами.

Принципиальная схема твердомера с непрерывным принудительным перемещением деформатора представлена на рисунке 3.

Схема работы твёрдомера с принудительным непрерывным перемещением деформатора



- 1 – штанга;
- 2 – пружина;
- 3 – рукоятка;
- 4 – деформатор;
- 5 – диаграмма твердомера;
- 6 – пишущее устройство.

Рисунок 3 – Схема твёрдомера с принудительным непрерывным перемещением деформатора.

Где P – усилие сопротивления почвы внедрению в ней деформатора твёрдомера;
 y – величина деформации пружины твёрдомера;
 λ – глубина погружения деформатора.

Диаграмма твердомера

Диаграмма твердомера (рис. 4) характеризуется двумя фазами: **фазой уплотнения** **ОА** до предела несущей способности почвы точка **А** и **фазой сдвига** **АБ**.

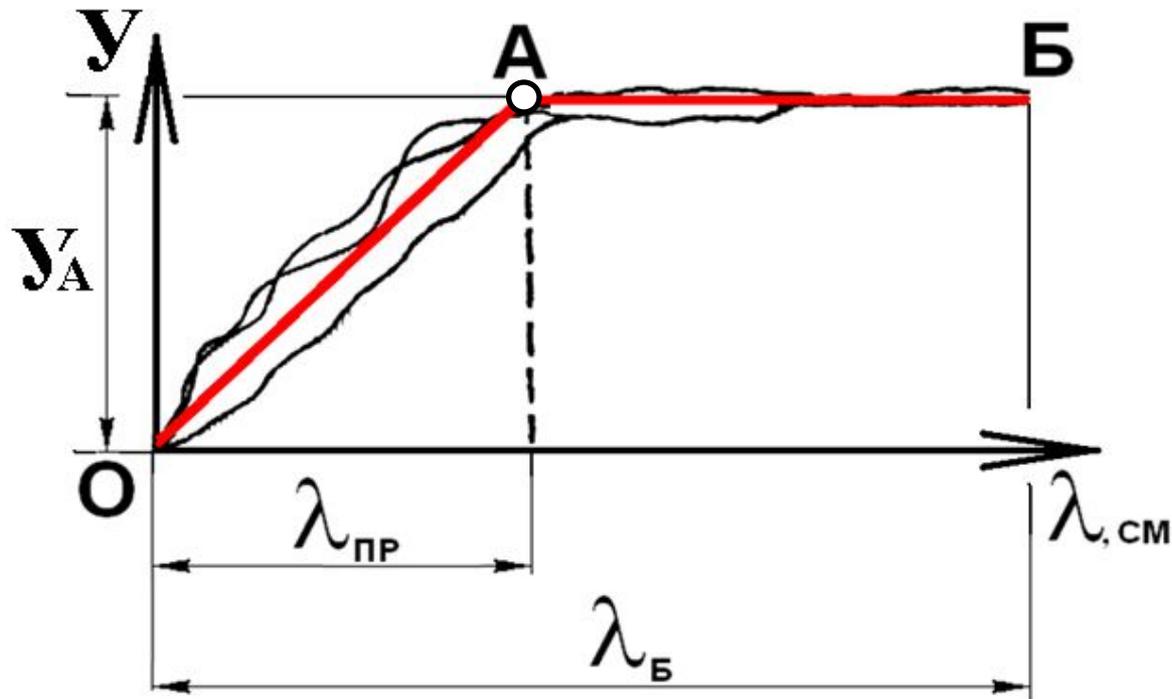


Рисунок 4 – Диаграмма твердомера **ОА** – фаза уплотнения; **АБ** – фаза сдвига
А – предел несущей способности почвы

Измерительный элемент твёрдомера (Определение усилия сопротивления почвы)

$$P = Y * C$$

C – коэффициент жесткости пружины, Н/мм;

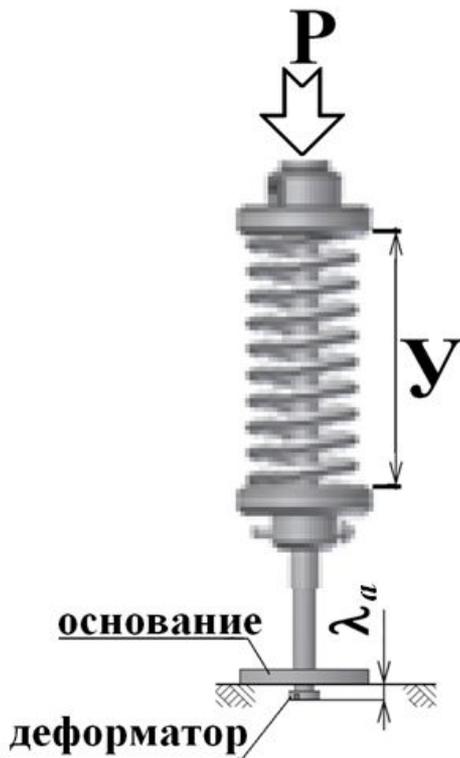
Y – деформация пружины, мм;

λ_a – глубина погружения деформатора, см.

Определение твёрдости почвы

Определяют твёрдость почвы как отношение силы сопротивления внедрения деформатора в почву к его площади поперечного сечения по формуле:

$$T = \frac{P}{S}, \text{ Н/см}^2$$



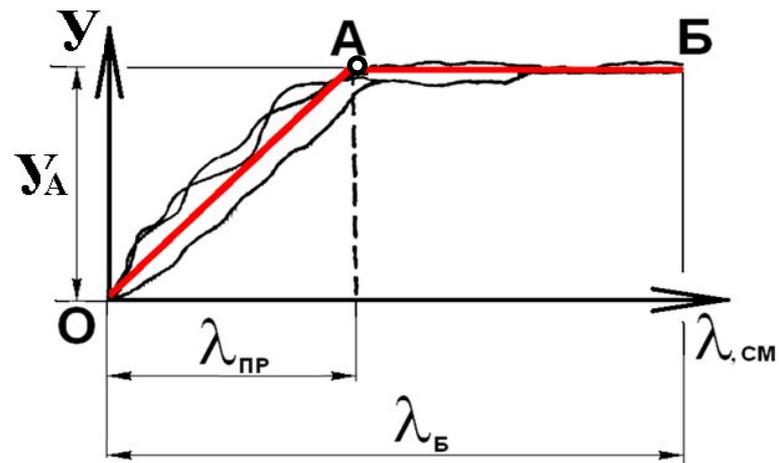
Где $P=Y \cdot C$ – предельная сила сопротивления почвы внедрению деформатора(Н);

Y –деформация пружины(мм); C –жесткость пружины(Н/мм);

S – площадь поперечного сечения деформатора(см²).

Определение коэффициента объёмного смятия почвы

Более обоснованным показателем отражающим физическую сущность процесса смятия почвы (фаза ОА диаграммы) является коэффициент её объёмного смятия определяемый для предела несущей способности (на диаграмме точка А) и показывающий на сколько единиц силы возрастает сопротивление почвы при смятии последующей единицы её объёма.



Коэффициент объёмного смятия выражается формулой:

$$q = \frac{P_A}{S \cdot \lambda_A}, \text{ Н/см}^3$$

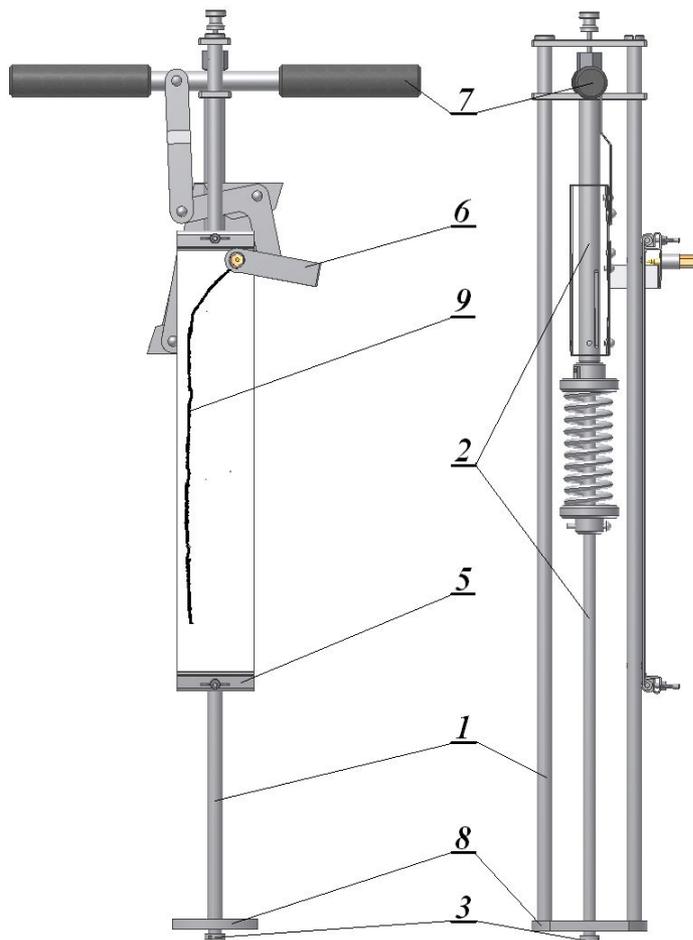
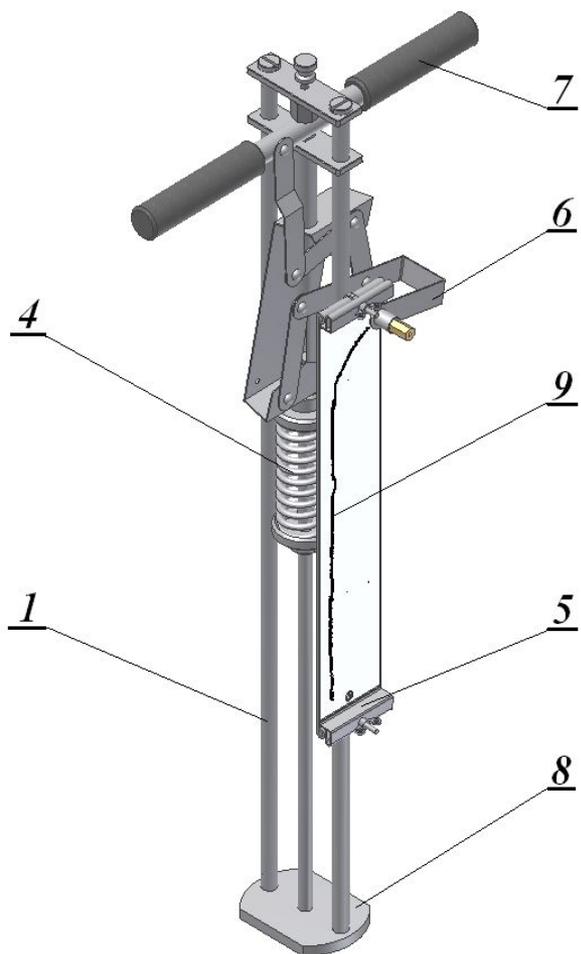
где P_A – сопротивление почвы предела несущей способности, Н;
 λ_A – глубина погружения деформатора в почву, см;
 S – площадь поперечного сечения деформатора, см².

Значения коэффициентов объёмного смятия почвы для некоторых агрофонов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициент объёмного смятия почвы

Состояние почвы	H/см³
Для свежевспаханой	1 ... 2
Для жнивья, паров и лугов	5 ... 10
Для грунтовой дороги	50 ... 90

ОБЩИЙ ВИД ТВЕРДОМЕРА С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ НЕПРЕРЫВНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ДЕФОРМАТОРА



1 – штанга направляющая; 2 – штанга телескопическая; 3 – деформатор; 4 – пружина; 5 – планка для бумаги; 6 – устройство записывающее; 7 – рукоятка; 8 – основание; 9 - диаграмма

Электронные твёрдомеры

Твёрдомер почвы TYD1



Использование прибора сводится лишь к тому, чтобы внедрить зонд прибора в почву. Затем прочитать показания с прибора. После извлечения зонда из почвы прибор автоматически восстановит свои показания в ноль

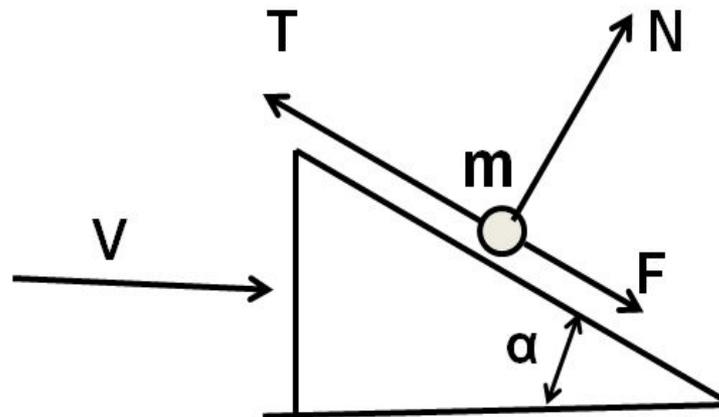
Твёрдомер почвы



Представленный твёрдомер с простотой измерит состояние выбранного участка почвы и предоставит пользователю результаты, на основе которых можно принять решение, чем обрабатывать участок.

Трение скольжение

Трение скольжение почвы о поверхность рабочего органа называют внешним трением.



Его оценивают по силе сопротивления перемещению почвы по рабочей поверхности. Это сила пропорциональна силе нормального давления N на рабочий орган. Определяют силу трения по физической формуле:

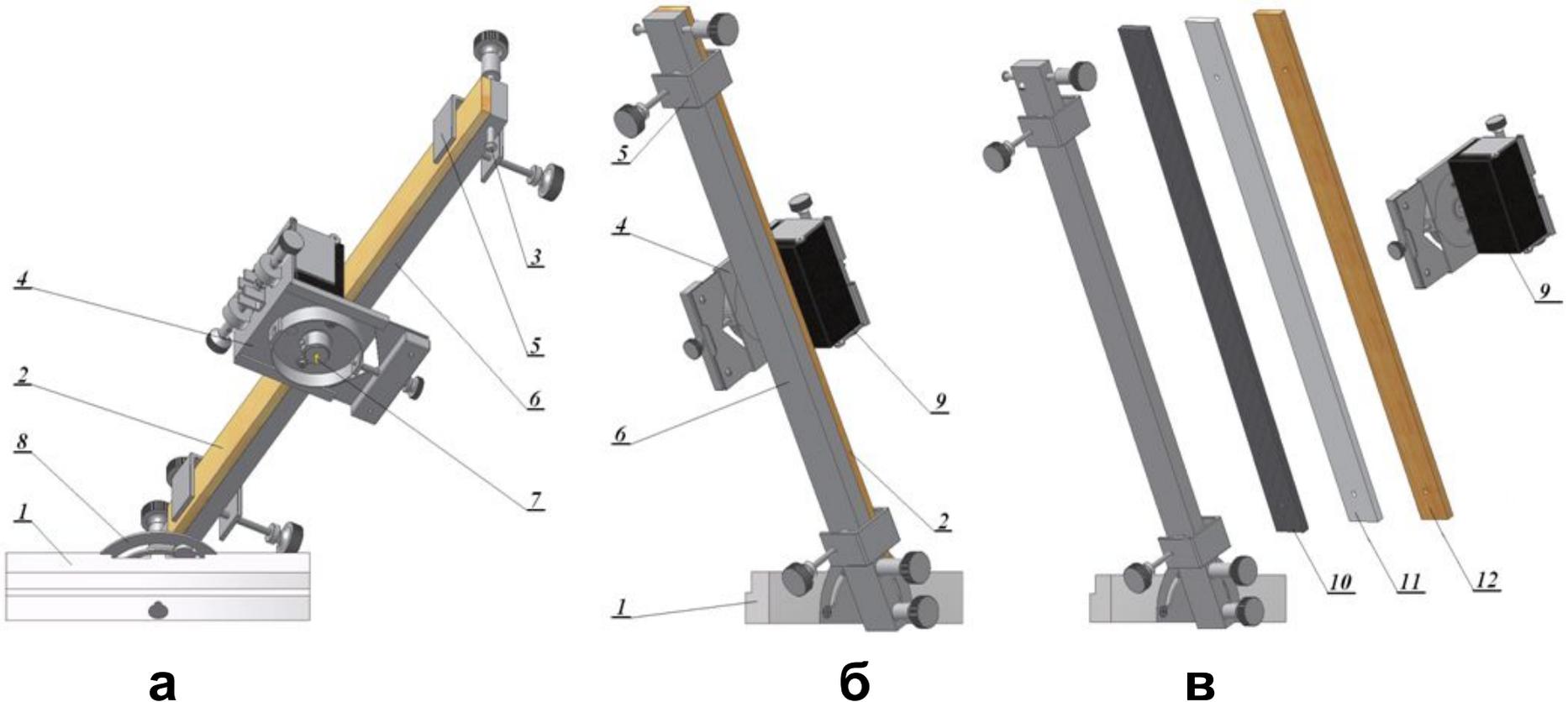
$$F = N \cdot f;$$

где f – коэффициент трения зависящий главным образом от механического состава почвы, её влажности и состояния поверхности рабочего органа;

N – сила нормального давления почвы на рабочий орган, (Н).

откуда $f = F/N ; (1)$

Определение коэффициентов трения скольжения
Общий вид прибора В.А. Желиговского для определения
коэффициента трения скольжения



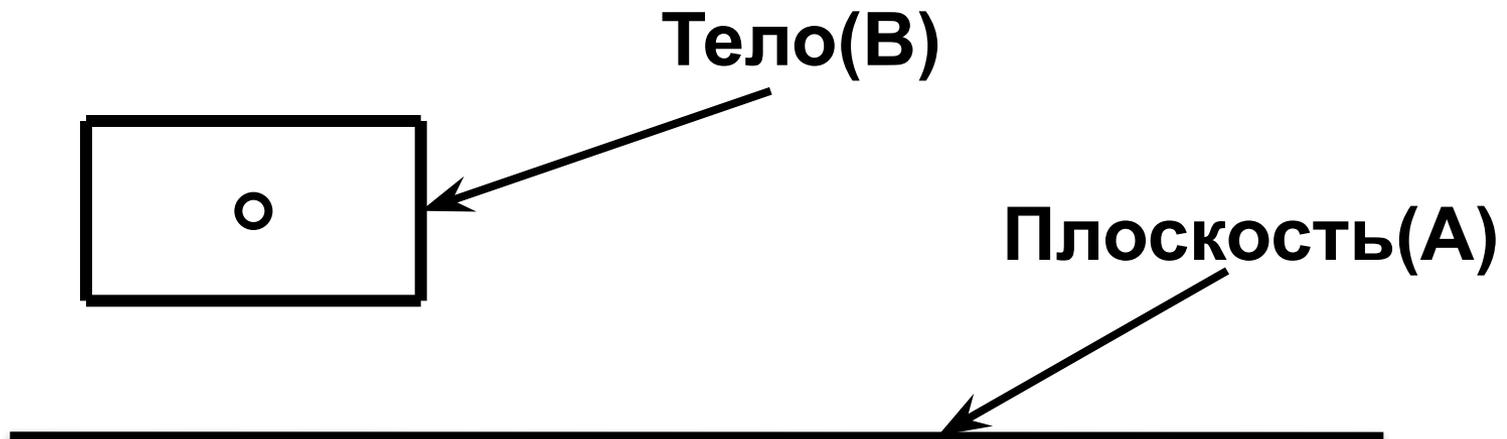
**а) – вид снизу; б) – вид сверху; в) – набор сменных линеек и каретка с
испытуемым материалом; 1 – направляющая колодка; 2, 10, 11, 12 – линейка
сменная; 3 – ползкок; 4 – каретка; 5 – струбцина;
6 – линейка основная; 7 – устройство пишущее;
8 – направляющая; 9 – материал испытуемый**

Определение коэффициентов трения скольжения прибором академика В.А. Желиговского

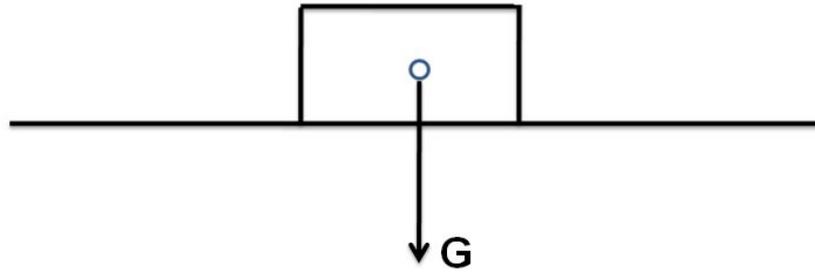
Метод определения коэффициента трения скольжения прибором В.А. Желиговского основывается на понятие угла трения и его связь с коэффициентом трения скольжения

Понятие угла трения

Принимаем горизонтальную плоскость(А)
и тело(В)

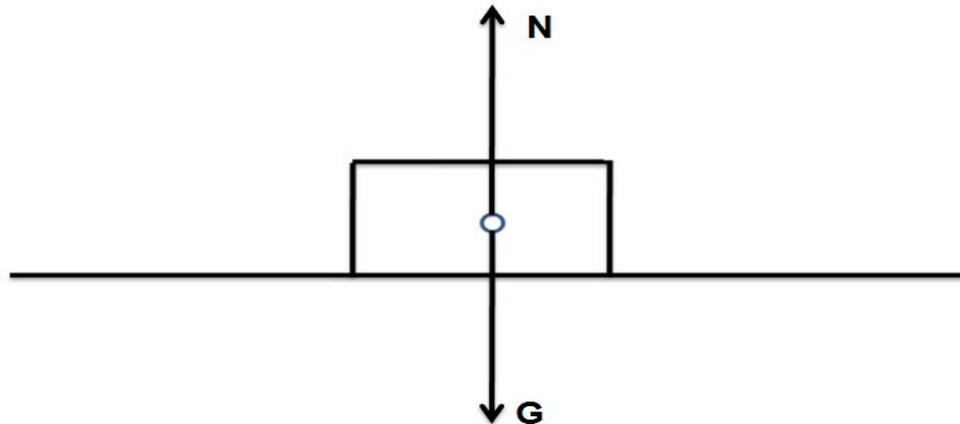


Размещение тела на плоскость и обозначение его действия



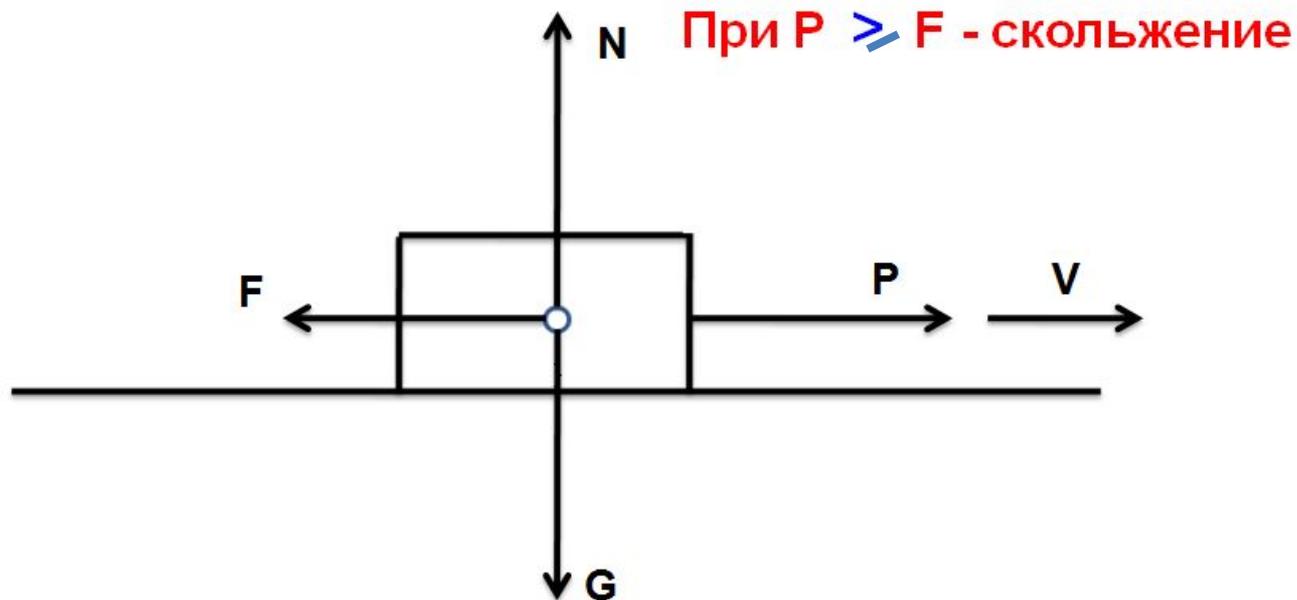
где G – сила тяжести тела

Реакция плоскости на действие тела (Согласно закону Ньютона)



где N – реакция плоскости на силу тяжести тела

Приложение силы к телу, скольжение тела, возникновение силы трения тела о плоскость

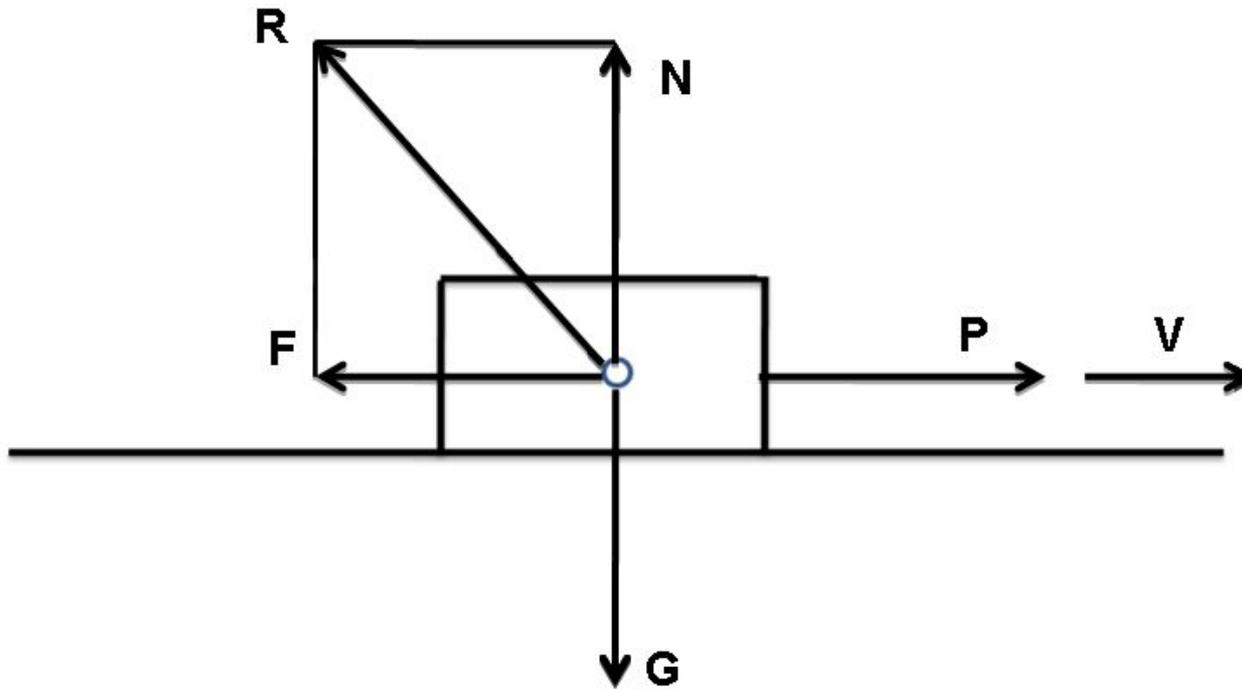


Где P – приложенная сила;

V – вектор скорости скольжения тела;

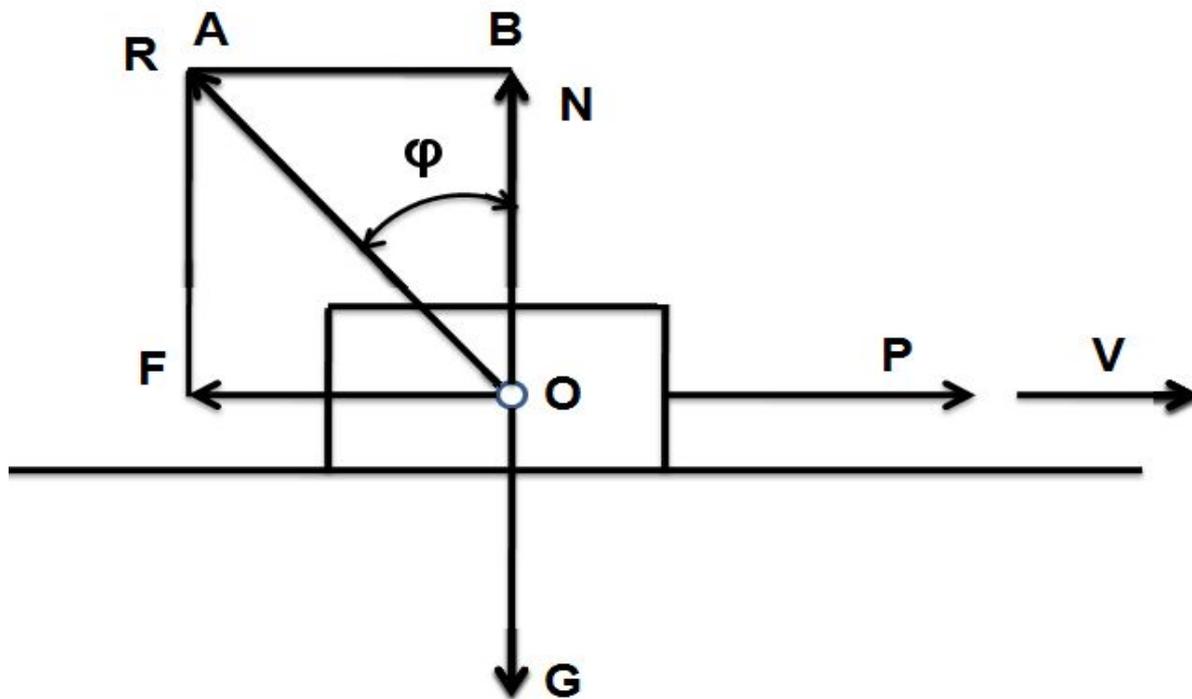
F – сила трения тела о плоскость

Результирующая сложения сил



где R – результирующая сил F и N .

Понятие угла трения



φ – угол трения

Взаимосвязь коэффициента трения скольжения и угла трения

Взаимосвязь коэффициента трения скольжения f и угла трения φ выразим из $\triangle OAB$ (рис. 5)

$\triangle OAB$ - прямоугольный

где AB и OB - катеты

$$AB = F \quad OB = N$$

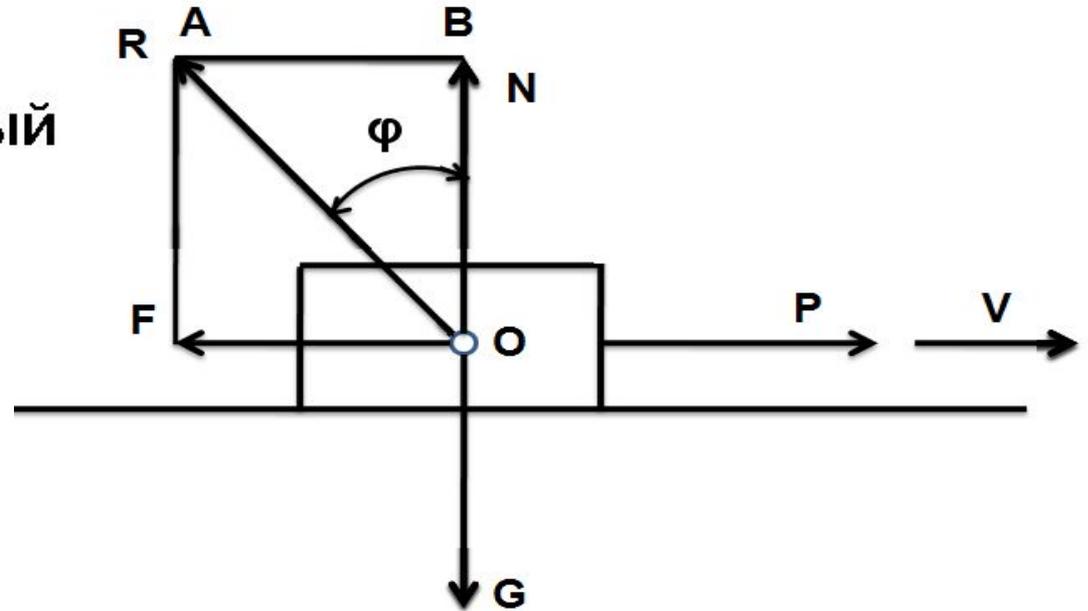


Рисунок 5 – Взаимосвязь между коэффициентом трения скольжения и углом трения.

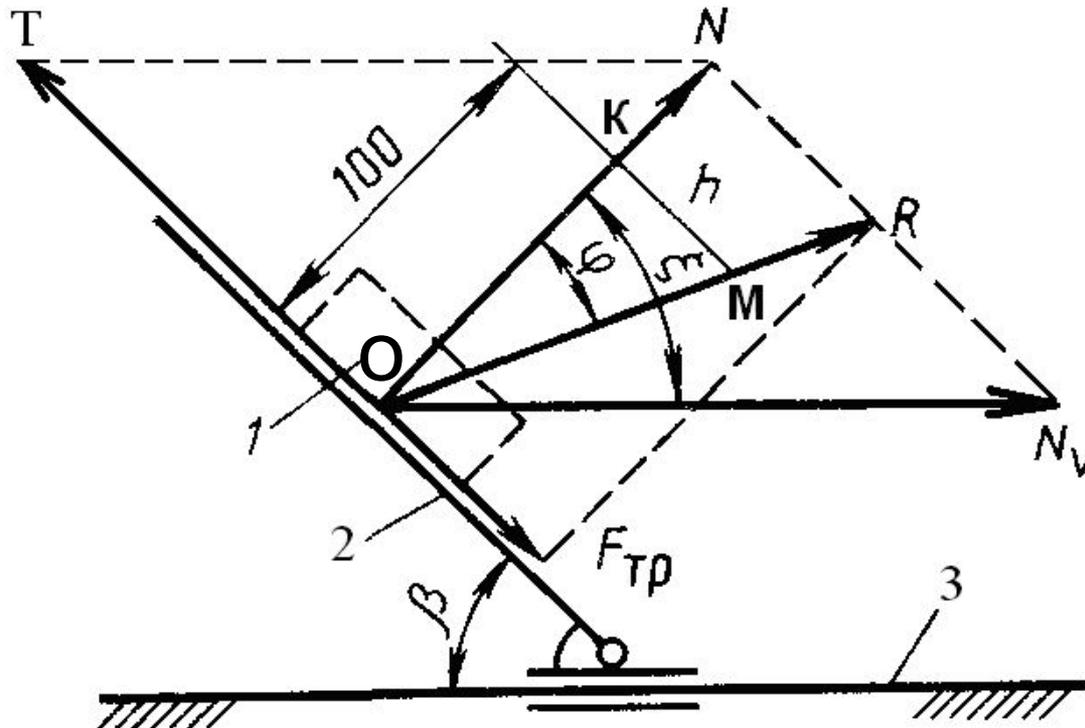
Откуда следует что $F/N = \operatorname{tg}\varphi$ (2)

$$f = F/N \quad (1)$$

при сопоставлении формул (1) и (2) следует $f = \operatorname{tg}\varphi$

Определение коэффициента трения скольжения

Принципиальная схема работы и векторная схема сил прибора для определения коэффициента трения скольжения академика В.А. Желиговского представлена на рисунке 6.



Условие работы
прибора:
 $\beta < \pi/2 - \varphi$
при этом $T \geq F$ –
устойчивое скольжение
каретки по линейке

$$\frac{KM}{100} = \operatorname{tg} \varphi = f$$

Рисунок 6 – Принципиальная векторная схема работы прибора для определения коэффициентов трения скольжения академика В.А.

Желиговского 1 – каретка с пишущим устройством;
2 – линейка; 3 – направляющая ось.

Коэффициент трения скольжения

Коэффициенты трения скольжения некоторых типов почв представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициент трения скольжения

Почва	f
Песчаные сыпучие	0,25 ... 0,35
Песчаные связные	0,5 ... 0,7
Среднесуглинистые	0,6 ... 0,9

Зависимость коэффициента трения скольжения от механического состава почвы её влажности а также от материала трущихся поверхностей представлены на рисунках 7 и 8.

Зависимость коэффициента трения скольжения от содержания частиц глины(Рис. 7)

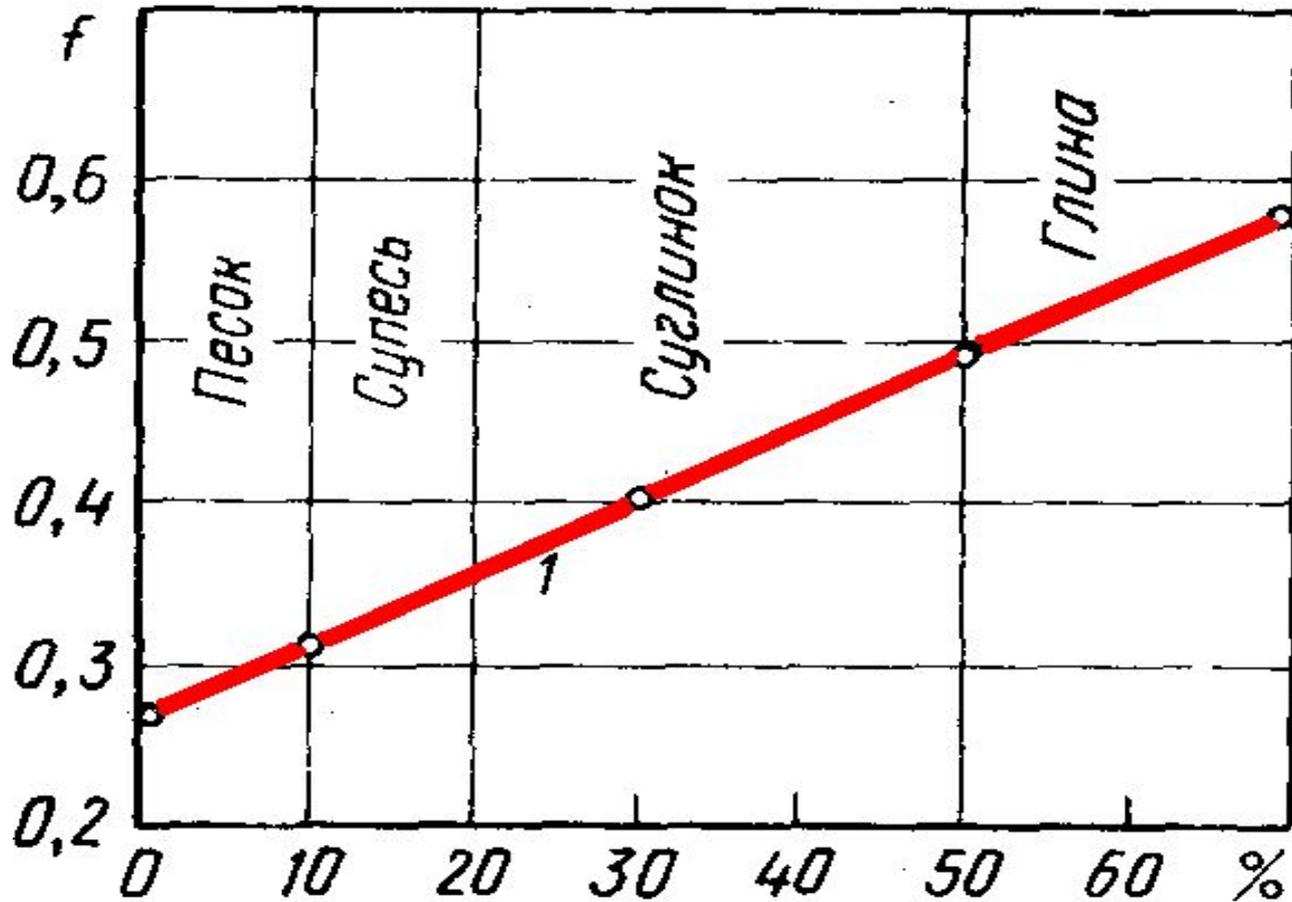


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента трения скольжения от содержания частиц глины

Зависимость коэффициента трения скольжения от влажности и материала поверхности(Рис.8)

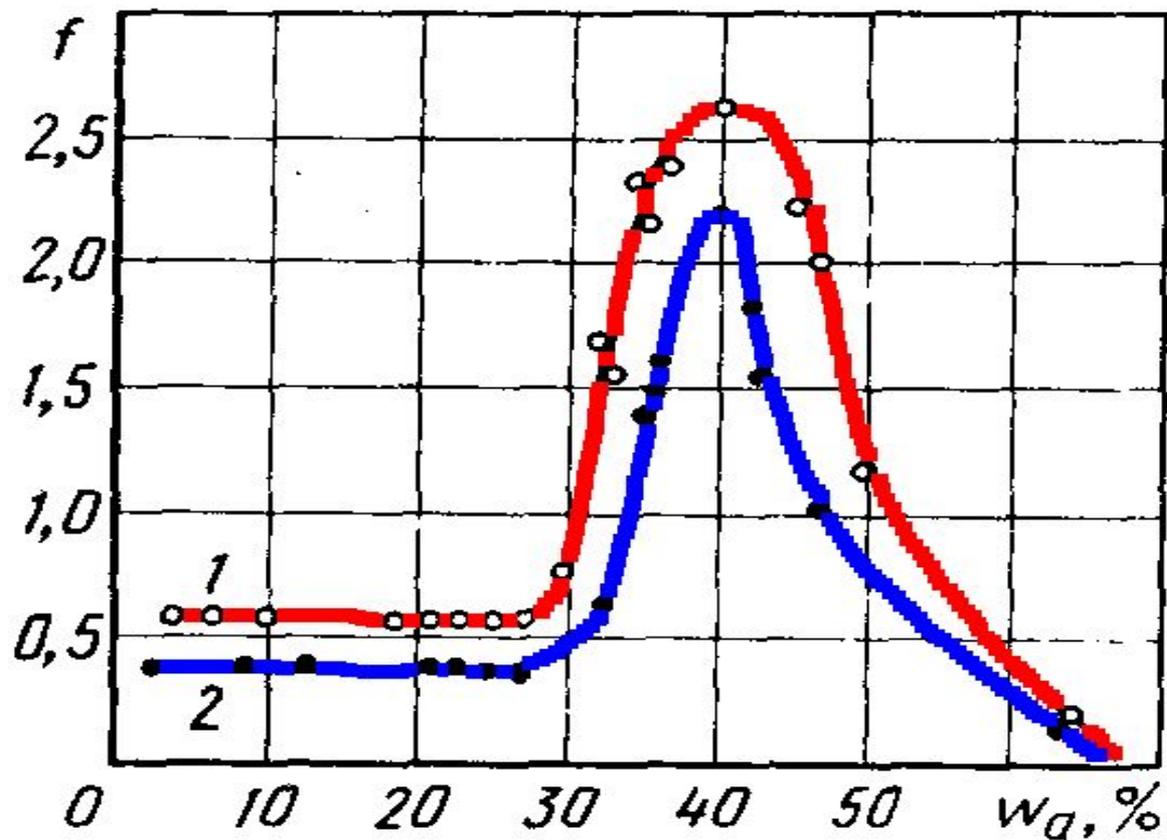


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента трения от влажности и материала поверхности:

1 – о сталь; 2 – о фторопласт.

Способы снижения трения скольжения

**На преодоления трения почвы о рабочие органы
почвообрабатывающих машин и орудий затрачивается
до 50 % всей энергии.**

**Трение также оказывает большое влияние на износ рабочих органов
машин и орудий.**

Существует несколько способов снижения трения:

- применение вибрации и активных рабочих органов;**
- создание пограничного слоя из воды и воздуха;**
- полировка рабочих поверхностей рабочих органов,
покрытие их различными материалами;**
- изменение геометрической формы рабочих органов;**
- замена трения скольжения трением качения
(перекатыванием почвы по роликам).**

Липкость

Липкость почвы – способность её частиц прилипать к рабочим органам а также склеиваться.

Липкость главным образом зависит от механического состава почвы её влажности и материала поверхности рабочего органа.

Сопротивление скольжению от прилипания определяют по формуле А.И. Кузнецова

$$T_{\text{пр}} = p_0 S + pNS$$

где p_0 – удельная касательная сила прилипания при отсутствии нормального давления, Па;

S – видимая площадь контакта, м²;

p – коэффициент, выражающий интенсивность действия удельных касательных сил прилипания, вызываемых нормальным давлением, 1/м².

Зависимость удельной силы прилипания P_0 от абсолютной влажности почвы и материала поверхности

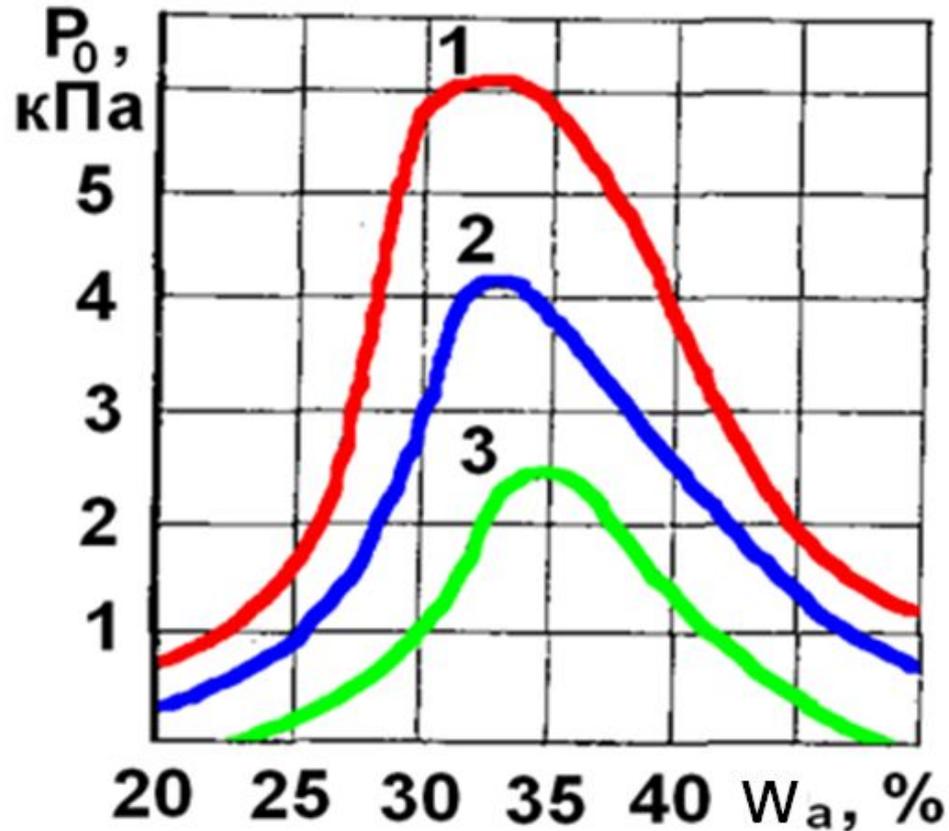


Рисунок 10 – Зависимость удельной силы прилипания P_0 от абсолютной влажности почвы и материала поверхности:
1 – сталь; 2 – капрон; 3 – фторопласт.

Определение удельной силы прилипания

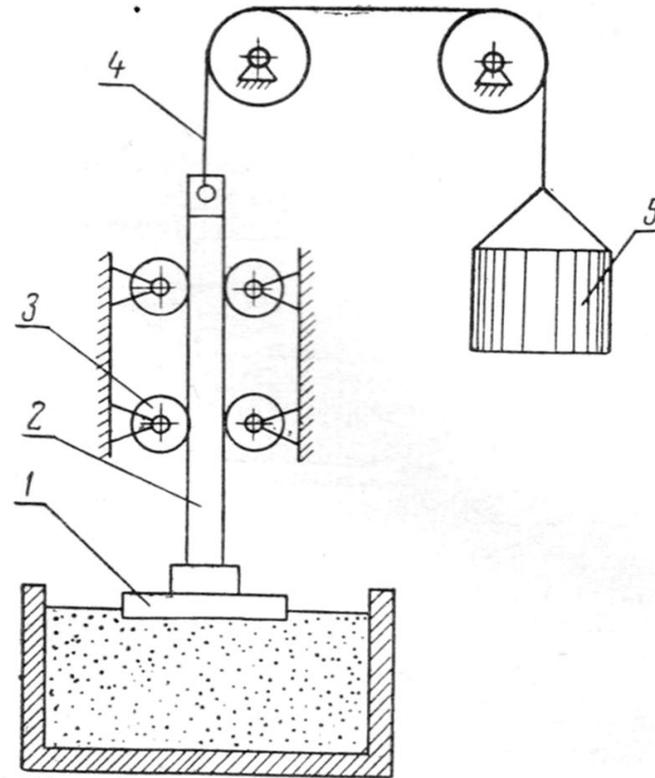


Рисунок 9 – Схема прибора для определения удельной силы прилипания:

1 – диск; 2 – стержень; 3 – ролики; 4 – нить; 5 – емкость.

Классификация почв по удельной силе прилипания

По удельной силе прилипания почвы разделяют на следующие категории:

- > 1,5 кПа – предельно вязкая;
- 0,51...1,5 кПа - сильно вязкая;
- 0,21...0,5 кПа - средне вязкая;
- 0,05...0,2 кПа – слабо вязкая;
- < 0,05 кПа — рассыпчатая.

Сила прилипания зависит от площади контакта и проявляется даже при отсутствии нормального давления ($N = 0$).

Почва не будет налипать на поверхность рабочих органов, если силы внутреннего трения между почвенными частицами будут больше сил трения и прилипания между почвой и рабочей поверхностью.

Способы снижения прилипания

- применение вибрации и активных рабочих органов;
- создание пограничного слоя из воды и воздуха;
- покрытие рабочих поверхностей рабочих органов, различными материалами;
- изменение геометрической формы рабочих органов.

Совместное действия трения скольжения и сопротивления прилипания

При влажности почвы (25...35%) прилипание и трение скольжение действуют совместно.

Если при этом почва скользит по поверхности то оба процесса проявляются одновременно в виде сопротивления её скольжению и их общее сопротивление выразится формулой:

$$T_{общ} = F + T_{пр} = f \cdot N + p_0 S + p N S;$$

где F – сила трения почвы о поверхности рабочего органа;

$T_{пр}$ – сила сопротивления скольжению от прилипания почвы о поверхности рабочего органа.

f – коэф. трения скольжения;

N – сила нормального давления, (Н);

p_0 - удельная сила прилипания, (кПа);

S – площадь контакта, (м²);

p – коэффициент, интенсивности действия удельных касательных сил прилипания, вызываемых нормальным давлением, 1/м².

Пластичность

***Пластичность* — это способность почвы менять форму без образования трещин под воздействием нагрузки и сохранять её после снятия нагрузки.**

ПЛАСТИЧНОСТЬ зависит от механического состава, влажности почвы и содержания в ней органического вещества.

Сухие и переувлажненные почвы не обладают пластичностью.

Разность влажности почвы в процентах между верхним и нижним пределами принято считать числом пластичности (или коэффициентом пластичности).

По числу пластичности почвы классифицируют на четыре класса (табл. 5)

Таблица 5 – Классификация почв по пластичности

Класс Пластности	Число пластичности % по влажности	Пластичность почв	Механический состав почв
1	>17	Высокопластичные	Глина
2	17...7	Пластичные	Суглинок
3	7...0	Слабопластичные	Супесь
4	0	Непластичные	Песок

Плотность почвы

Плотность почвы — это отношение массы почвы m_{Π} к её объему V_{Π} в естественном состоянии:

$$P = \frac{m_{\Pi}}{V_{\Pi}}, \text{ г / см}^3.$$

От плотности почвы зависит энергоемкость процесса и качественные показатели обработки.

Плотность почвы изменяется от 0,7 до 1,8 г/см³.

Оптимальной считается плотность 1,0 ... 1,3 г/см³.

При плотности более 1,4 г/см³ корни плохо проникают в почву. Комки почвы с такой плотностью практически не участвуют в процессе её плодородия.

Повышение плотности почвы на 0,1...0,3 г/см³ от оптимальной приводит к снижению урожайности на 20 ... 40%.

Снижают плотность почвы проведением одного или комплекса технологических процессов механической обработки в соответствии с требованиями для отдельных видов растений.

Абразивность

Абразивность проявляется в износе рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий и зависит главным образом от механического состава почвы и её влажности.

Общим критерием абразивности почвы можно считать содержания в ней физического песка.

Классификация почв по абразивности представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Классификация почв по абразивности

Содержание песка %	Группа износа	Износ лемеха на 1 га в граммах
До 80	I - малая	2 ... 30
80 ... 95	II - средняя	30 ... 100
95 ... 100	III - повышенная	100 ... 450

Удельное сопротивление почвы

Совокупное сопротивление технологических свойств почвы (T , $F_{тр}$, $T_{пр}$) может быть выражено её удельным сопротивлением аналогичное пределу прочности в сопротивлении материалов.

Согласно общим законам сопротивления материалов сила сопротивления почвы разрушению (крошению) прямо пропорциональна её пределу прочности (удельному сопротивлению) и площади поперечного сечения пласта (рис.11).

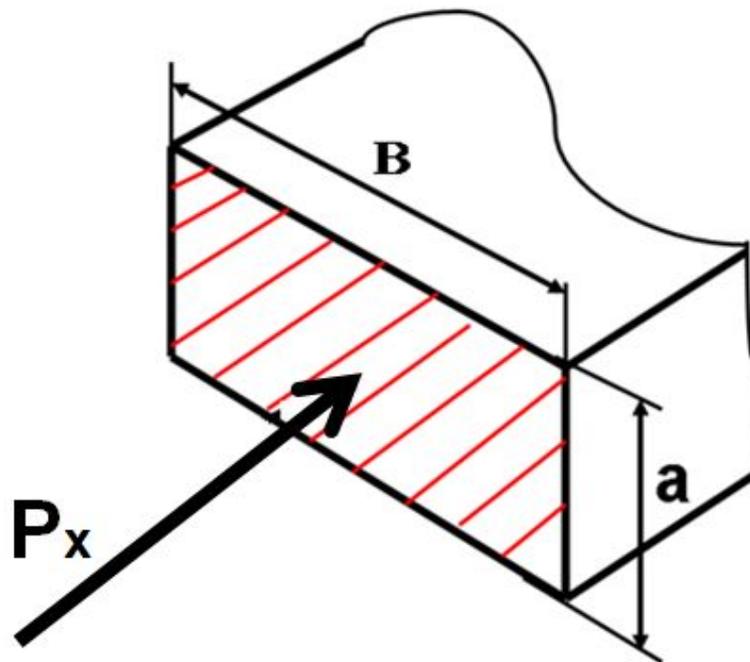


Рисунок 11 – Схема к определению удельного сопротивления (предела прочности) почвы

$$P_x = k \cdot a \cdot b, \text{ кН}$$

откуда $k = \frac{P_x}{a \cdot b}, \text{ Па.}$

Где P_x – усилие разрушения почвы(определяют динамометрированием),кН,

k – удельное сопротивление почвы, Па,

b – ширина испытываемого пласта м,

a – толщина испытываемого пласта м.

Удельное сопротивление почвы

Удельное сопротивление почвы изменяется в широких пределах в зависимости от её механического состава, влажности, твёрдости, плотности и задернённости.

Удельное сопротивление некоторых типов почв представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Удельное сопротивление почв

Тип почвы	к, кПа
Легкие (песчаные)	20 ... 35
Средние (суглинки)	35 ... 55
Тяжёлые (глинистые)	55 ... 80
Весьма тяжёлые (глинистые задернённые)	80 ... 130

Зависимость удельного сопротивления глинистой почвы от абсолютной её влажности представлена на рисунке 12.

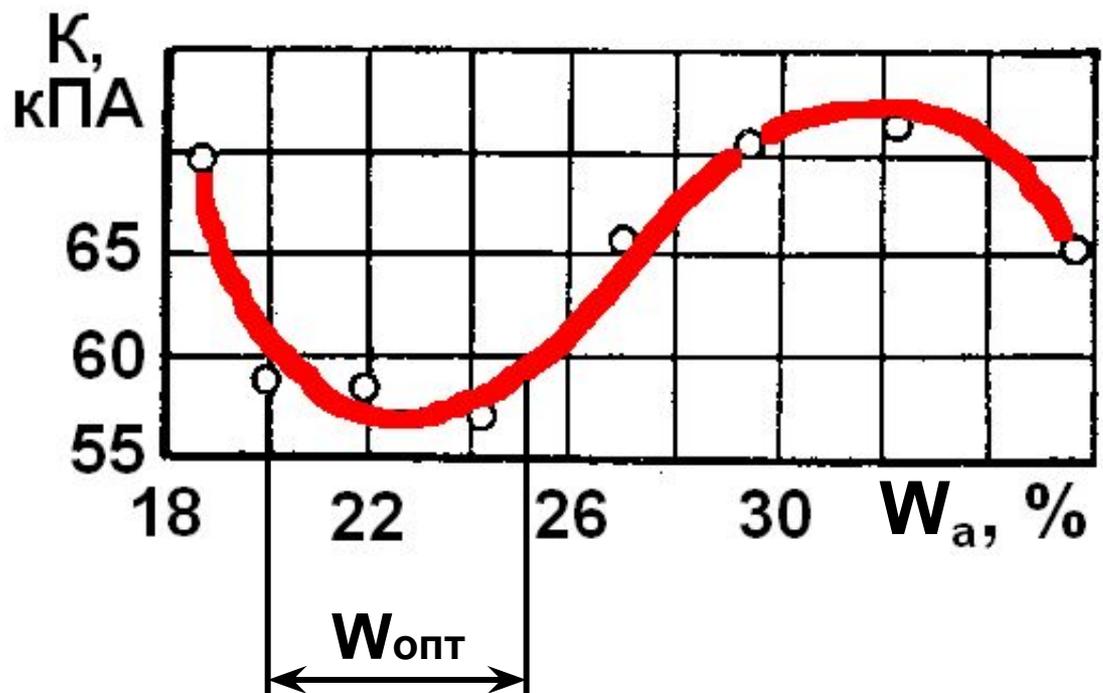


Рисунок 12 – Изменение удельного сопротивления глинистой почвы в зависимости от ее влажности

Заключение

Всё рассмотренное выше в полной мере относится к вопросу теоретического обоснования создания рабочих органов и выбора оптимального режима их функционирования обеспечивающие высокое качество обработки при минимальной его энергоемкости.

Литература

1. Клёнин Н.И. Сельскохозяйственные машины/ Н.И. Клёнин, С.Н. Киселёв, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2008.- 816 с.
2. Капустин В.П.Сельскохозяйственные машины : Учебное пособие / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 280 с.
3. Капустин В.П.Сельскохозяйственные машины. Настройка и регулировка [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.П. Капустин,Ю.Е. Глазков.- Тамбов : Изд-во Тамб. Гос. Ун-та. 2010. – 196 с.
4. Максимов И.И. Практикум по сельскохозяйственным машинам / И.И. Максимов, И. И. Максимов. – Санкт-Петербург, Москва, Краснодар. 2015. – 416с.
5. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст]: учеб. для с.-х. вузов / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Колос,1994.– 751 с.; ил.; 16 см. – 5500 экз. – ISBN 5-10-001744-9.
6. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М. Агропромиздат: 1986г.
7. Сельскохозяйственные машины [Текст]: практикум: учеб. пособие для вузов / М. Д. Адиньяев [и др.]; под общ. ред. А. П. Тарасенко. – М.: Колос, 2000. – 240 с.; ил.; 16 см. –5000 экз. – ISBN 5-10-003374-6.
8. Халанский В. М. Сельскохозяйственные машины [Текст]: учеб. для вузов / В. М. Халанский, И. В. Горбачев – М.: КолосС, 2004. – 624 с.; 16 см. – 2000 экз. – ISBN 5-9532-0029-3.

Спасибо за внимание

Каждому студенту к практическим занятиям подготовить:

- 1 Линейку**
- 2 Резинку стирательную**
- 3 Карандаш**
- 4 Калькулятор**

Лекция

Технологические основы и элементы теории рабочих органов почвообрабатывающих машин

**Кафедра Технологических машин и
технологии машиностроения**

2016

Ключевые слова

Технологическая операция – одномерное направленное воздействие на технологический объект(материал) обработки с целью достижения заранее намеченного изменения его свойств, состояния или формы.

Крошение почвы – технологическая операция при обработке почвы, обеспечивающая уменьшение размеров почвенных структурных отдельностей.

Рыхление почвы – технологическая операция обеспечивающая изменение взаимного расположения почвенных отдельностей с увеличением объема почвы. Улучшает водо- и воздухопроницаемость почвы, усиливает биологическую деятельность и способствует накоплению питательных веществ в доступной для растений форме.

Оборачивание почвы – технологическая операция, обеспечивающая частичный или полный оборот обрабатываемого слоя почвы.

Технологический процесс – совокупность технологических операции воздействия на объект(материал) обработки для достижения необходимого промежуточного или конечного его состояния, свойства или формы.

Земледелие – древнейшее занятие человечества.

Орудия труда для неё создавались и совершенствовались веками народными умельцами «на ощупь», интуитивно методом проб и ошибок на что уходило много времени и материальных затрат.

Наука о сельскохозяйственных машинах зародилась сравнительно недавно и её возникновение связано с именем Василия Прохоровича Горячкина русский ученый, академик основоположник земледельческой механики (1868...1935 г.г.)

Его научный труд «Земледельческая механика» был издан в 1919 году.

По мнению В.П.Горячкина, учение о физических свойствах почвы представляет собой основной фундамент создания рабочих органов и выбора оптимального режима их функционирования.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Механическая обработка почвы основывается на взаимодействии рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий с почвой в результате которого почва подвергается деформациям сжатия, растяжения, сдвига, изгиба, кручения и их комбинаций что обеспечивает её распад (крошение) на фрагменты(гранулы).

На степень крошения и рыхления почвы, а также энергоемкость процесса главным образом оказывают влияние свойства почвы и форма рабочего органа.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

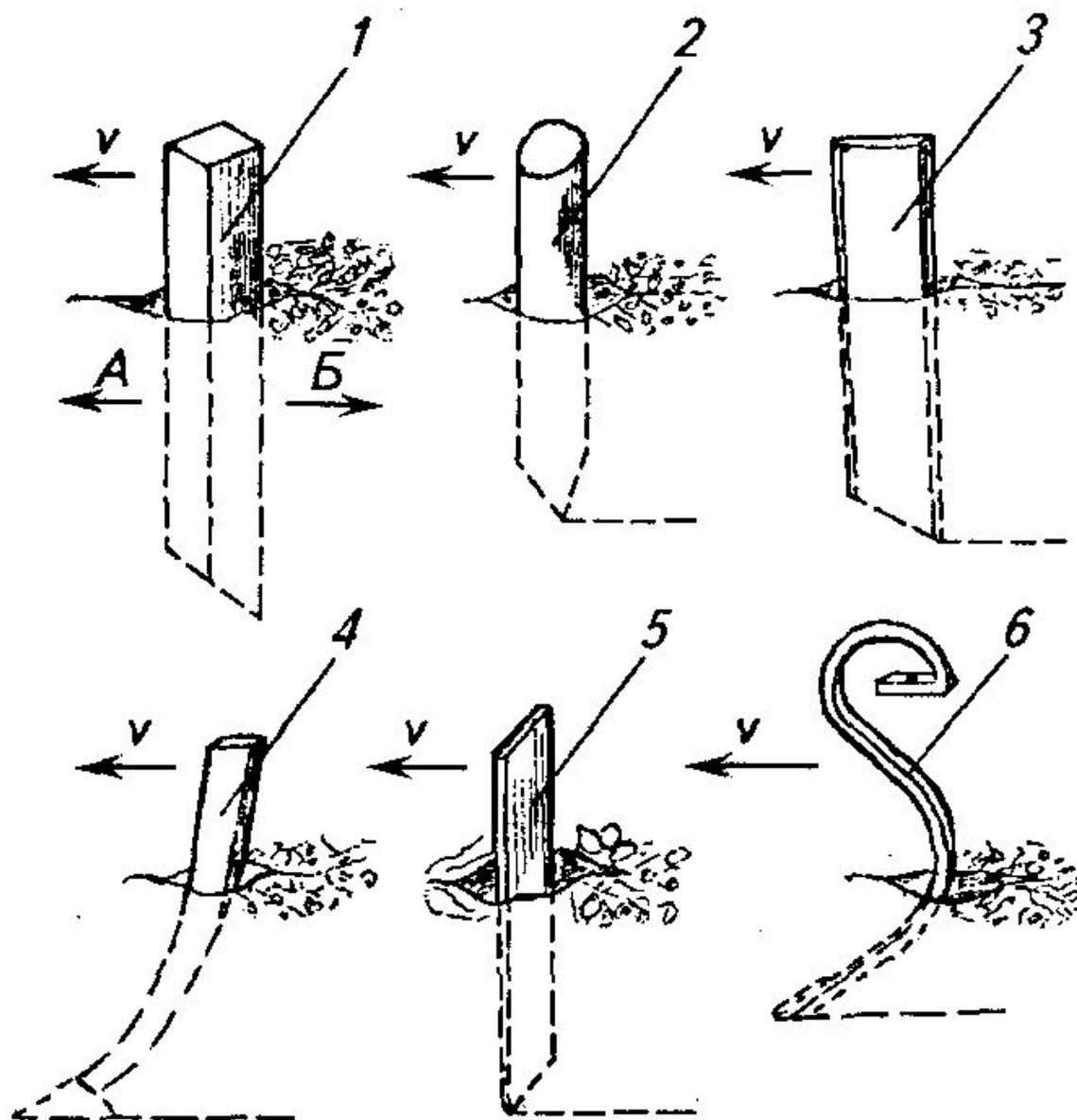
Академик В.П. Горячкин в своем труде «Земледельческая механика» показал, что, несмотря на чрезвычайные разнообразия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий геометрическая форма каждого из них сводится к клину.

Клин – основа рабочих органов почвообрабатывающих машин, орудий и является прототипом культиваторной лапы, плужного корпуса, сошника сеялки, посадочной машины и т.д.

По геометрической форме клинья подразделяют на плоские и криволинейные. К первым относятся лемеха плугов, лапы культиваторов, зубья борон, ножи рыхлителей, сошники сеялок.

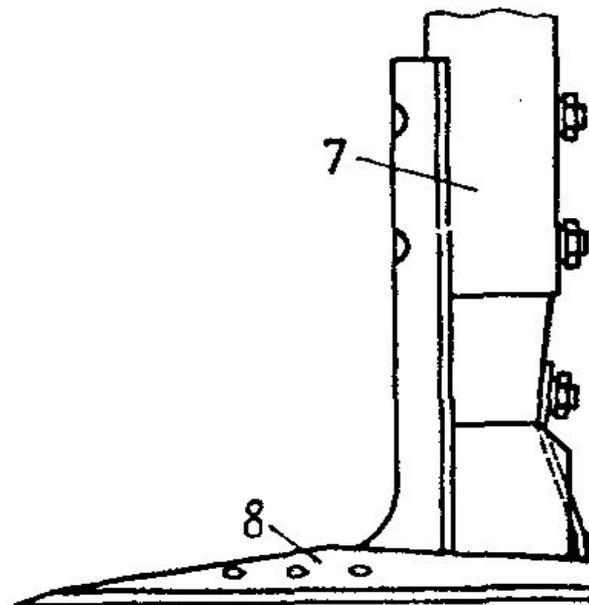
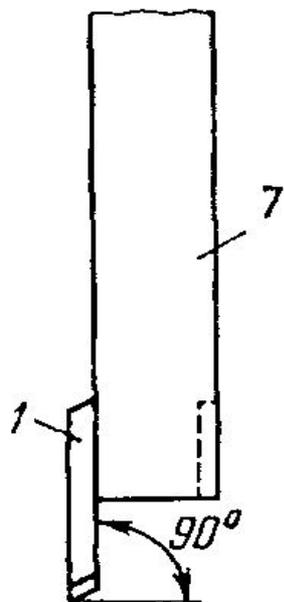
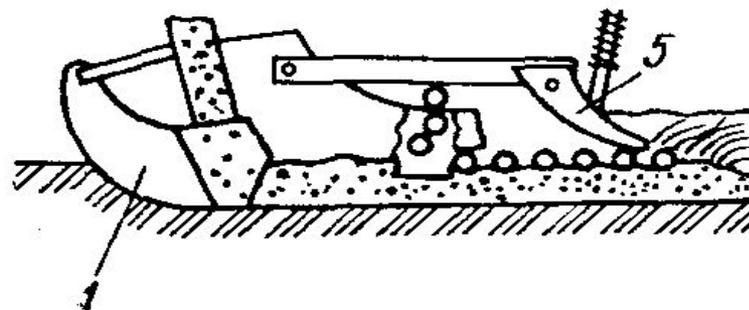
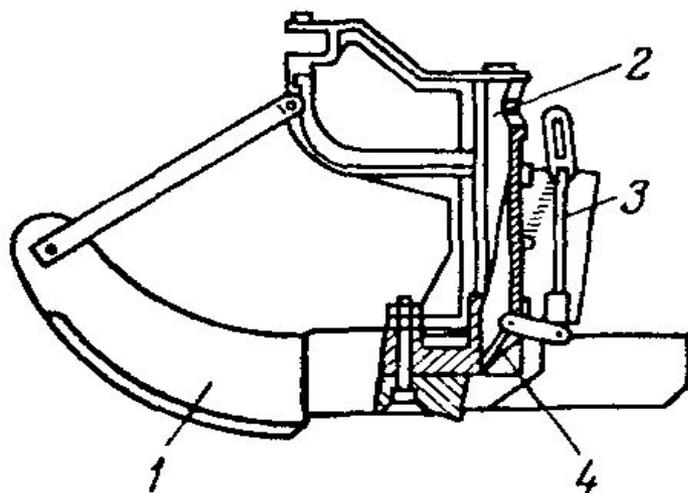
Ко вторым – отвалы плугов, сферические диски, подъёмно-отвальные части каналокопателей, окучник и т.п.(презентация)

Плоские клинья



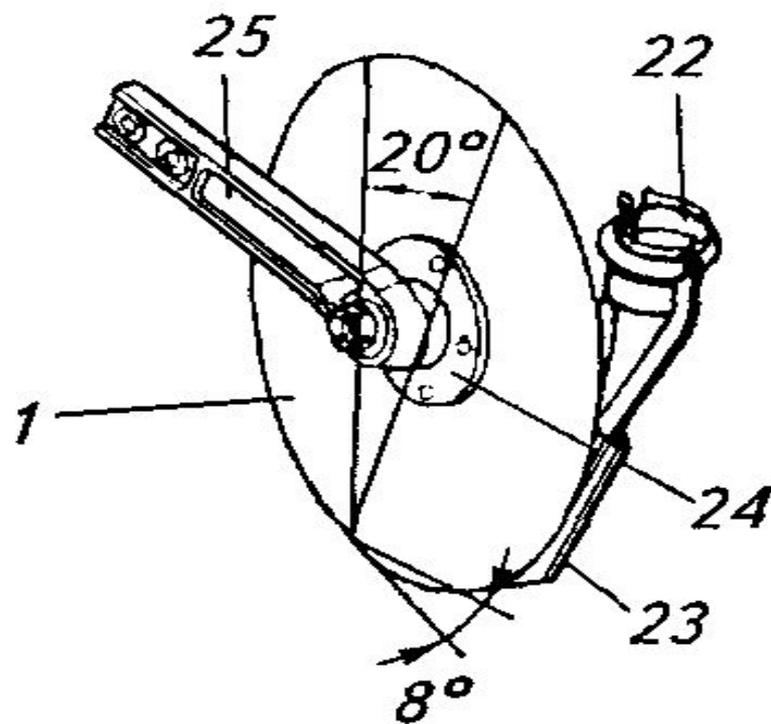
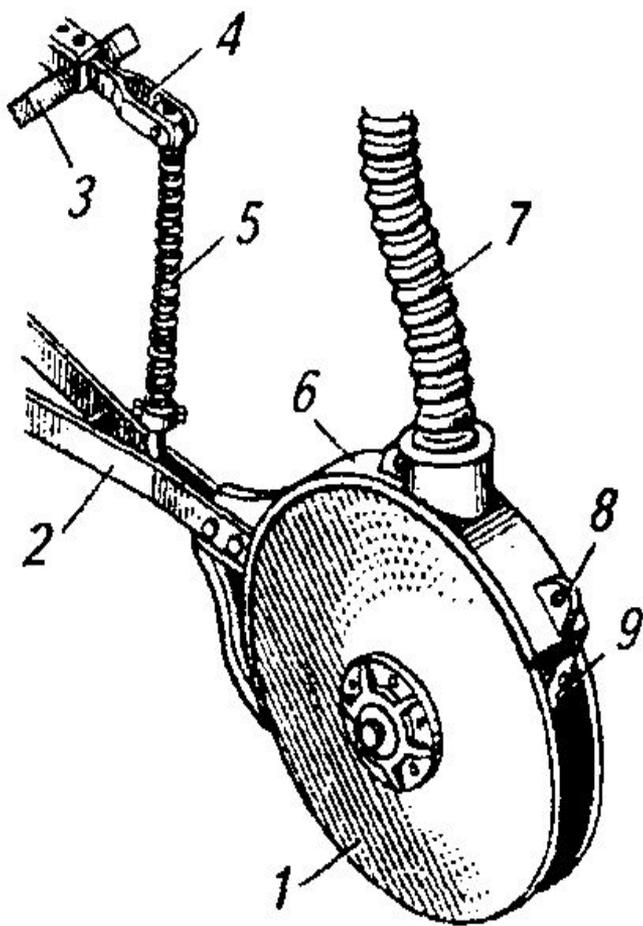
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Плоские клинья

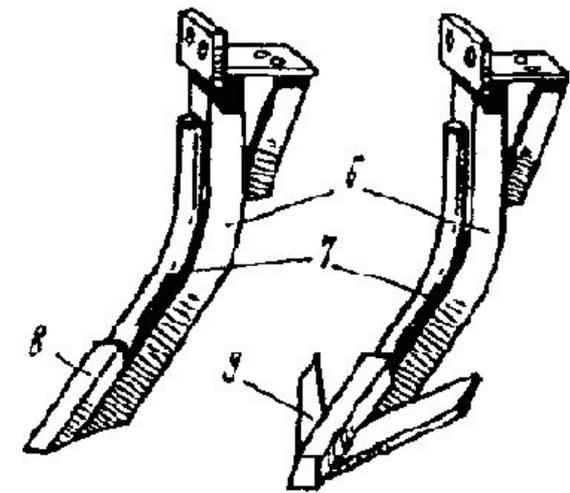
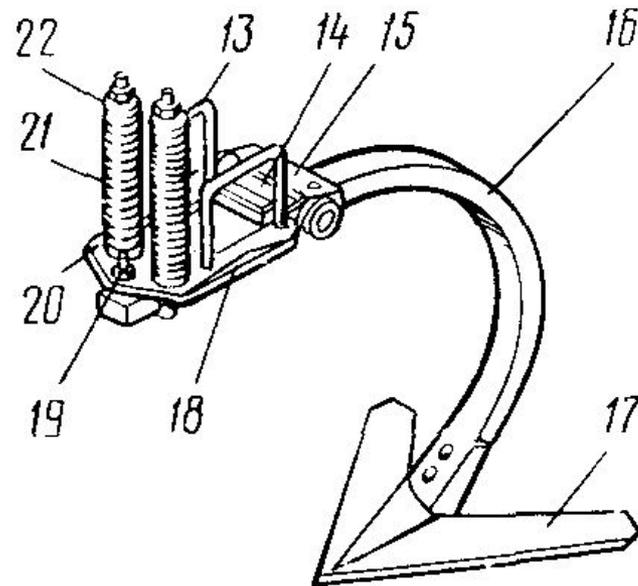
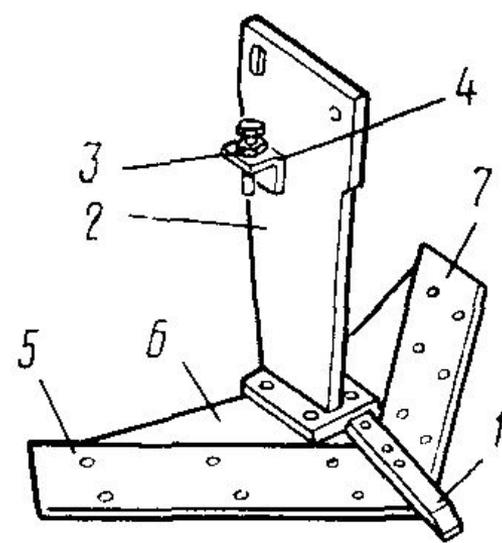
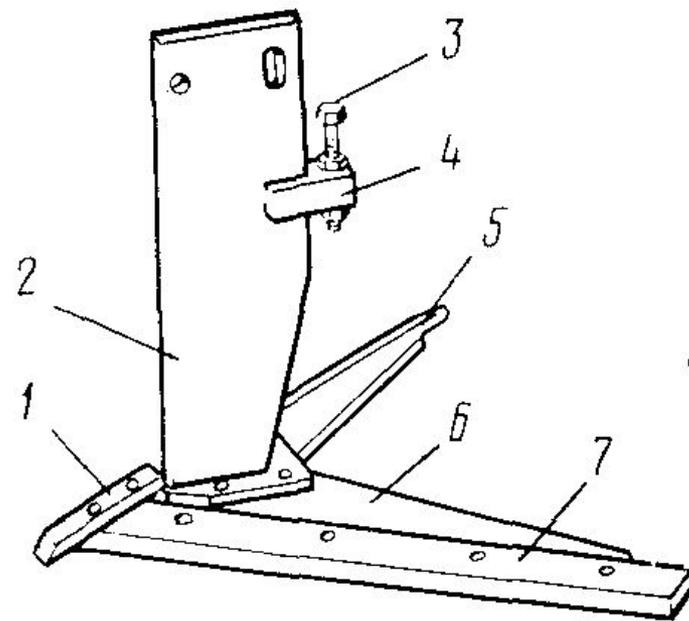


ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Плоские клинья

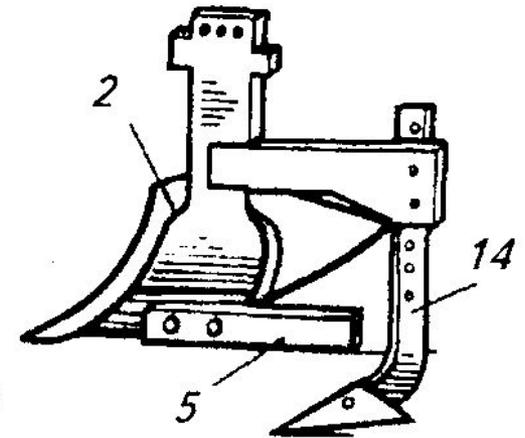
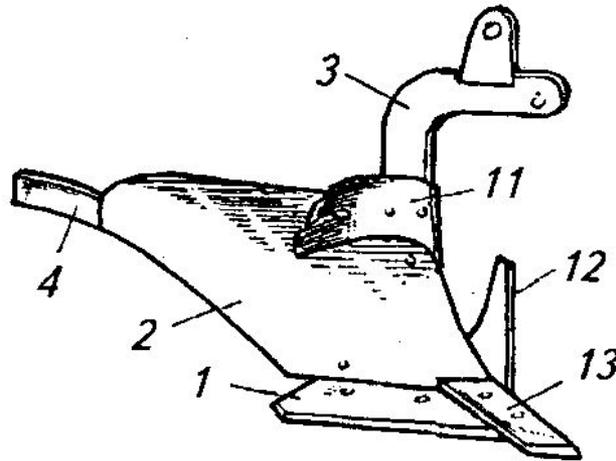
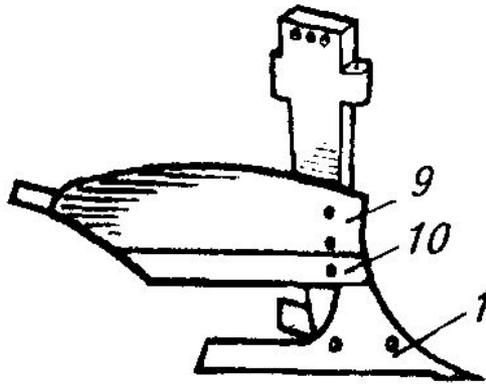
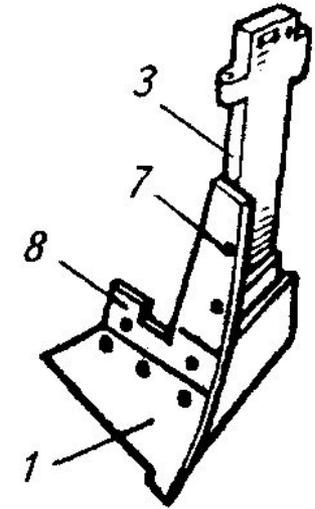
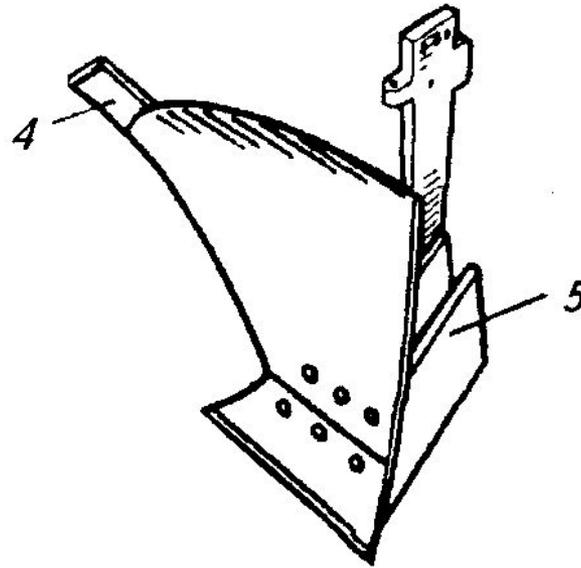
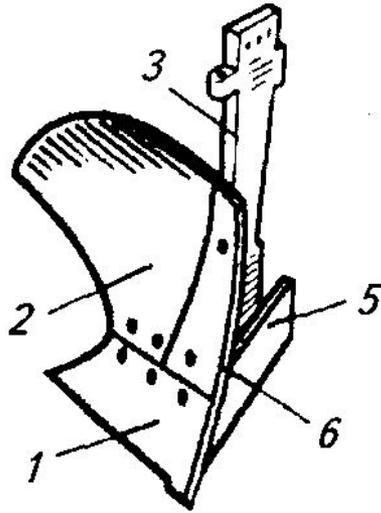


Плоские клинья

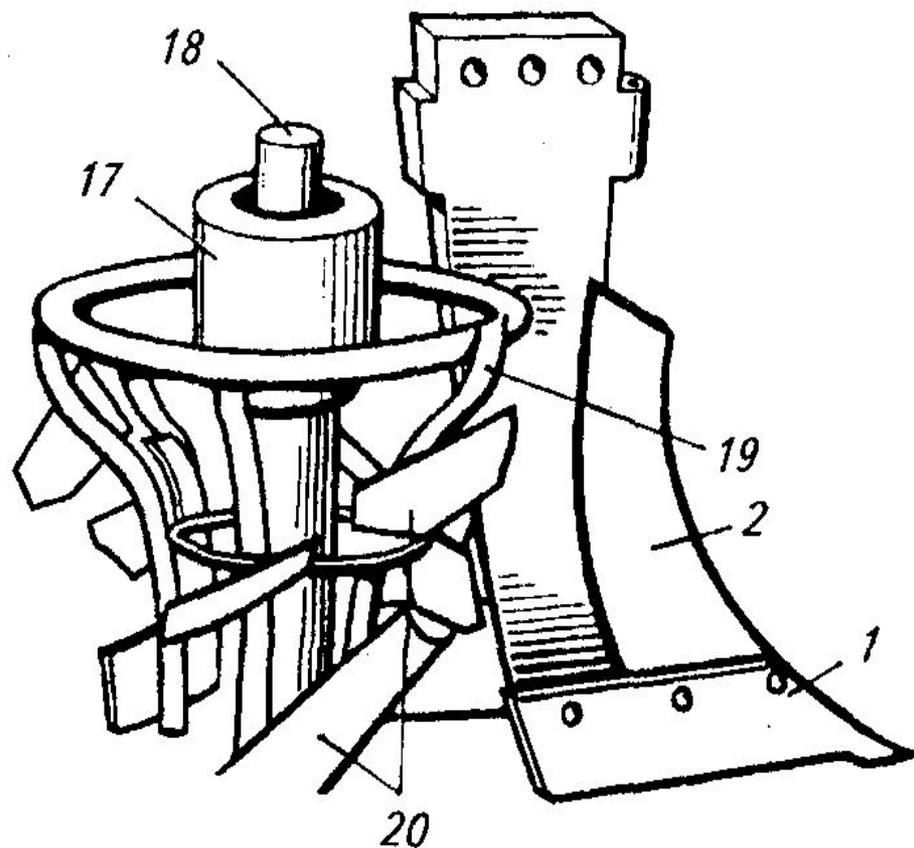
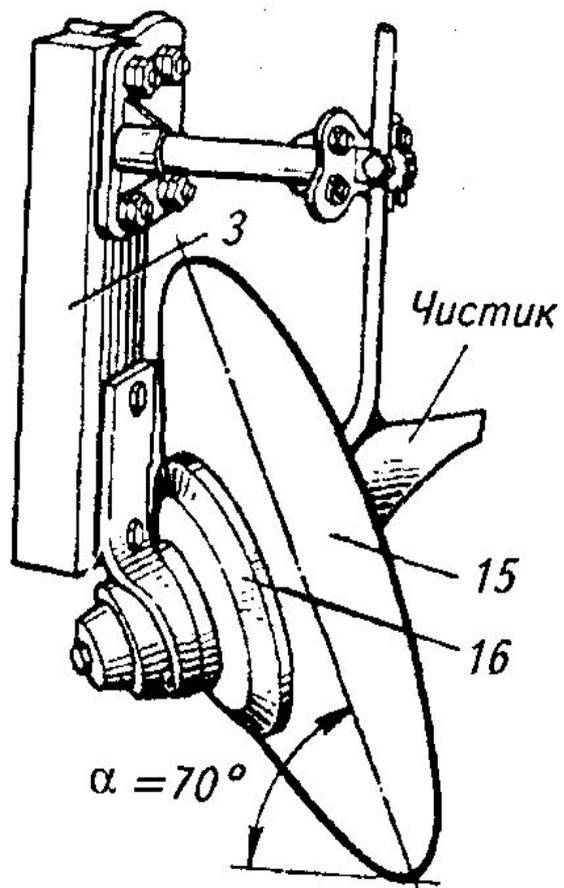


ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Криволинейные клинья

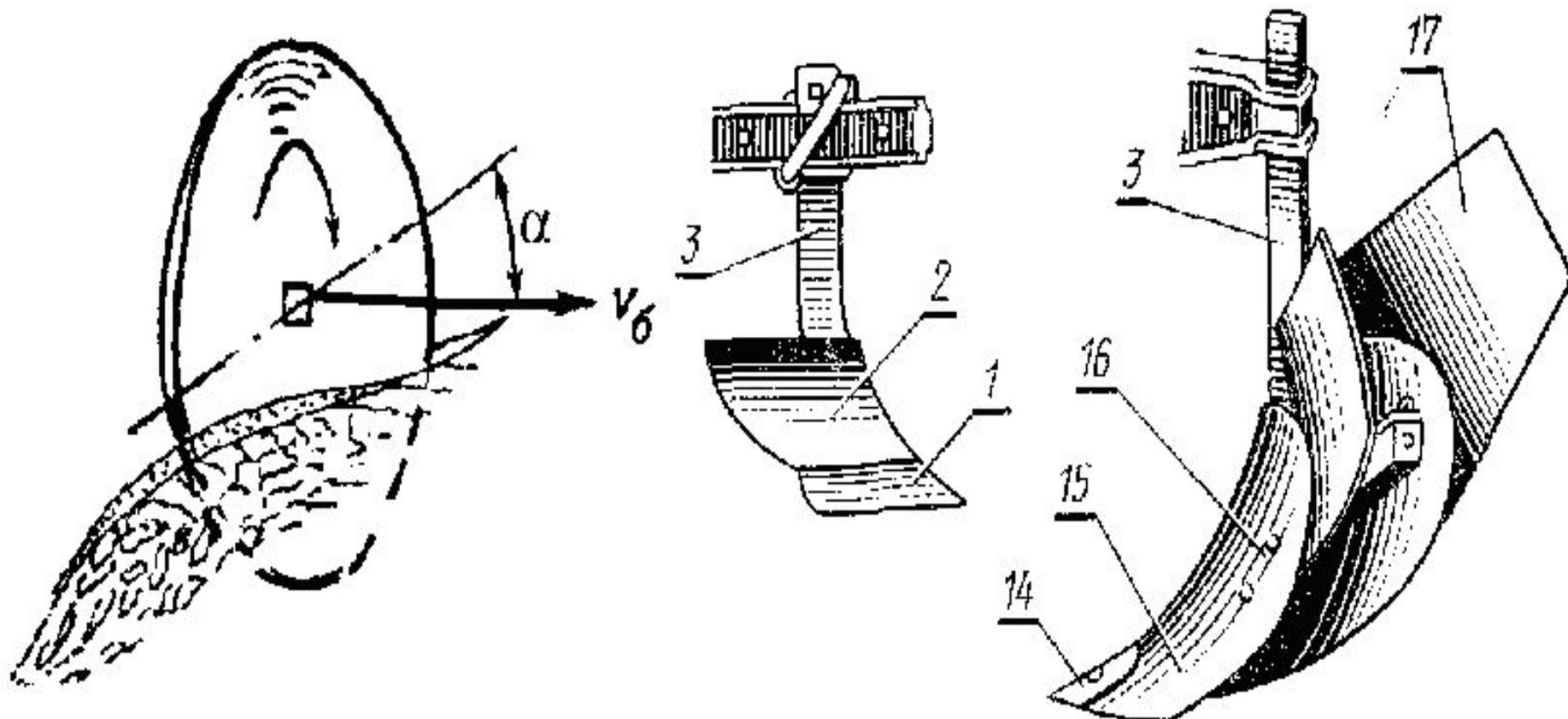


Криволинейные клинья



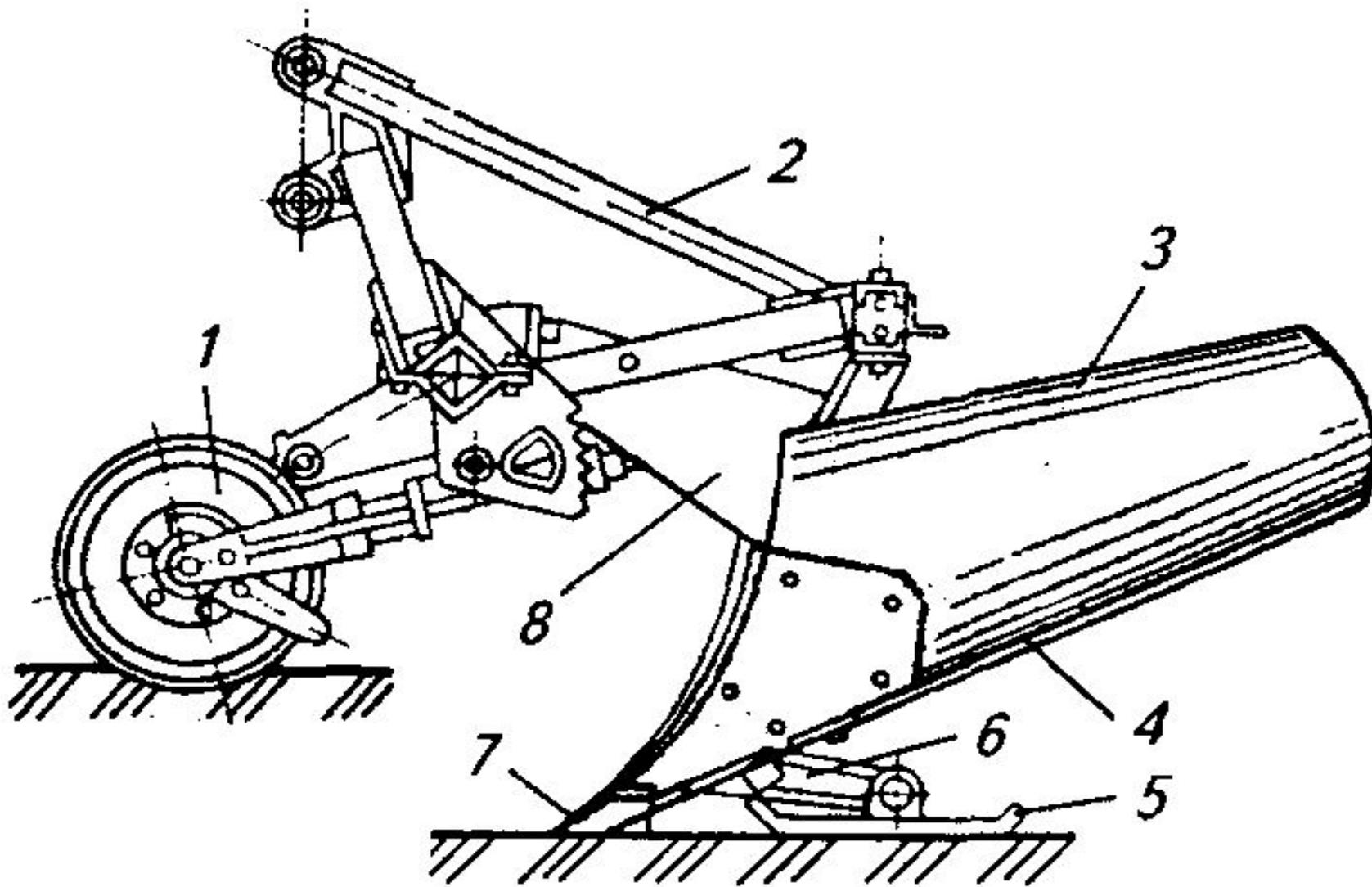
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Криволинейные клинья



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Криволинейные клинья



Взаимодействие клина с почвой

Согласно В.П. Горячкину, действие на почву рабочих органов в первом приближении можно представить как воздействие клиньев различных технологических свойств.

Наиболее простым элементарным клином это **плоский двугранный клин (рис. 12)**.

При этом различают три разновидности элементарного плоского двугранного клина, каждый из которых имеет определенные технологические свойства (рис. 12).

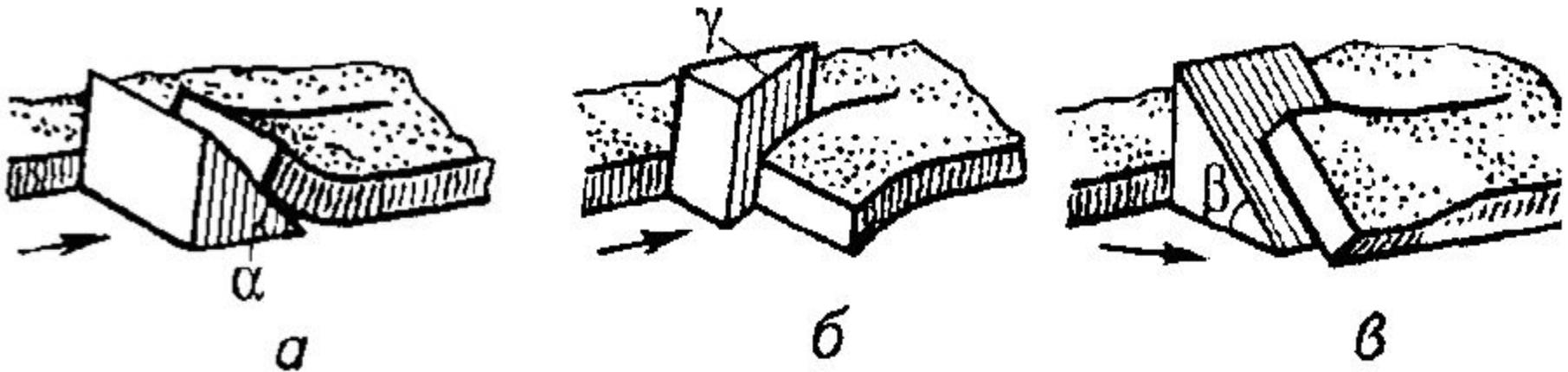
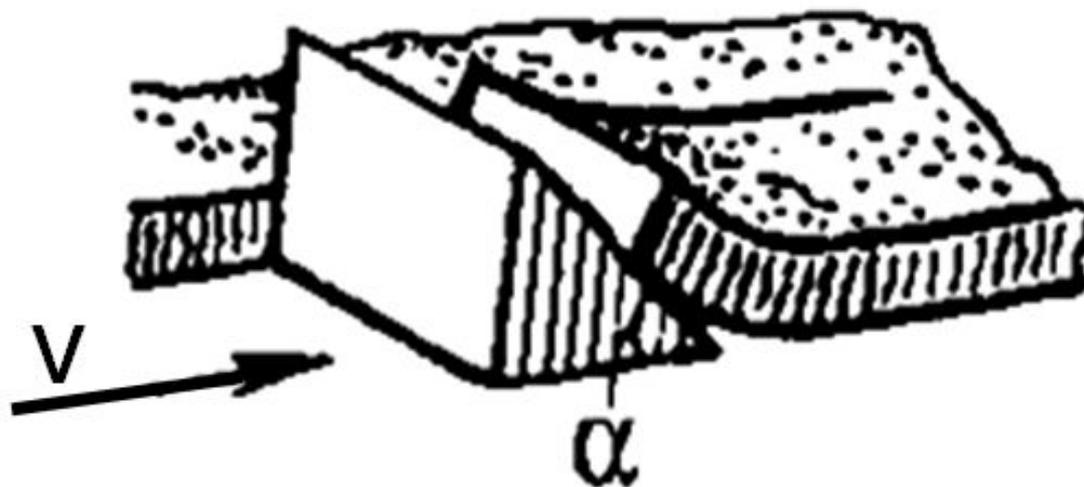


Рисунок 12 – Взаимодействие двугранных клиньев с почвой:
а – клин крошения; б – клин сдвига; в – клин кручения(оборота)

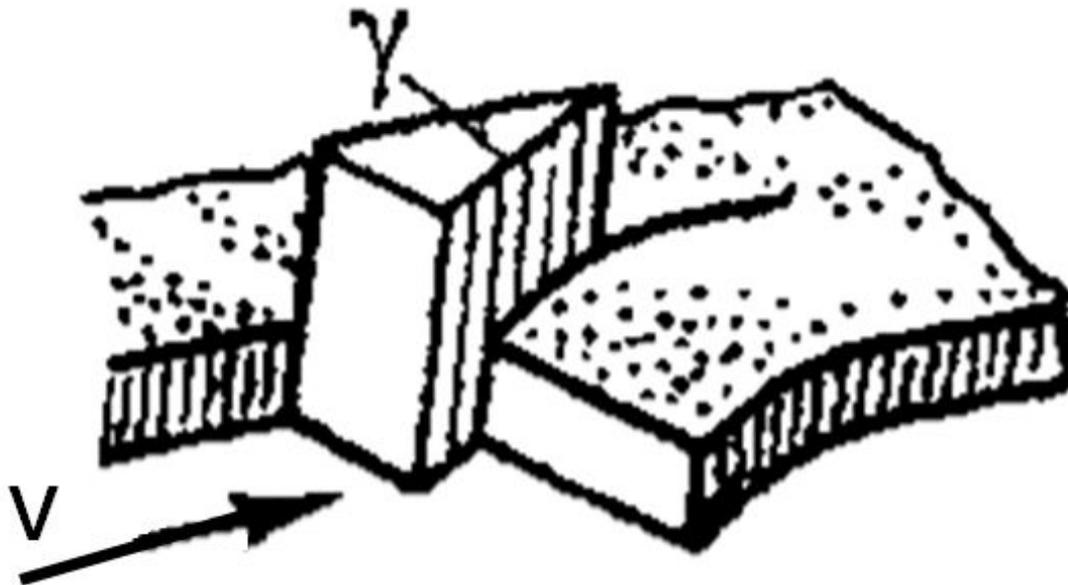
Плоский двухгранный клин с углом α характеризуется основным технологическим свойством крошения за счет деформаций пласта при изгибе, сжатии и частичного растяжения



Плоский двухгранный клин с углом β характеризуется основным технологическим свойством оборота пласта с его крошением за счет деформаций пласта при кручении, изгибе, сжатии и частичного растяжения



Плоский двухгранный клин с углом γ характеризуется основным технологическим свойством сдвига пласта и дополнительно крошения за счет деформаций пласта в горизонтальной плоскости при изгибе, сжатии и частичного растяжения



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Однако последовательная работа разных клиньев непрактична и неудобна и технологически отличается от их совместного воздействия на обрабатываемый пласт.

В.П. Горячкин показал что, существует такой клин который совмещает в себе технологические свойства трех разнодействующих элементарных клина и повышает его эффективность за счёт их совместного воздействия. Это – **косой трехгранный клин** и он характеризуется теми же **углами α , γ и β** и следовательно обладает технологическими свойствами всех трёх элементарных клиньев в совокупности и их совместного воздействия(рис. 13).

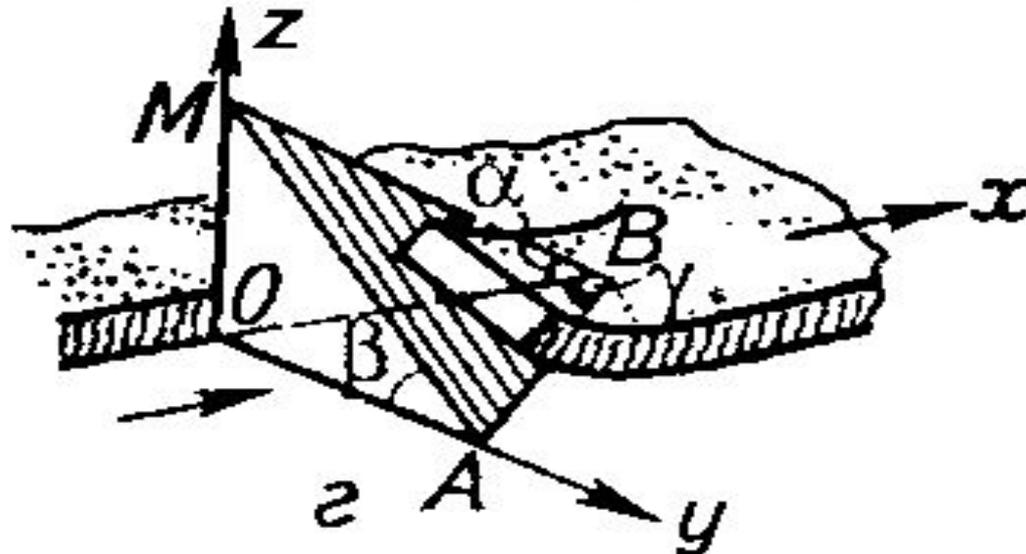


Рисунок 13 – Взаимодействие трехгранного клина с почвой

Косой трехгранный клин

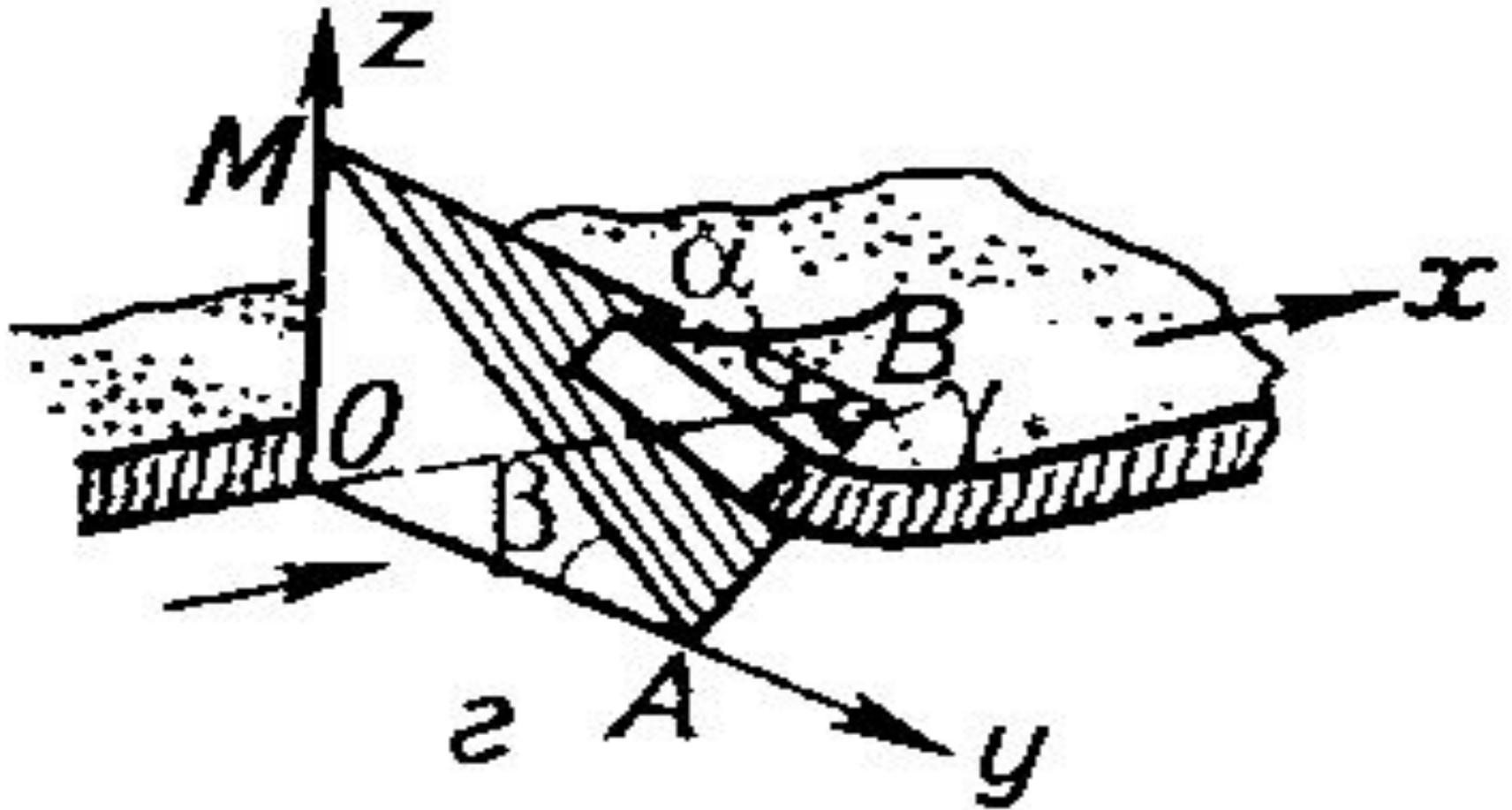
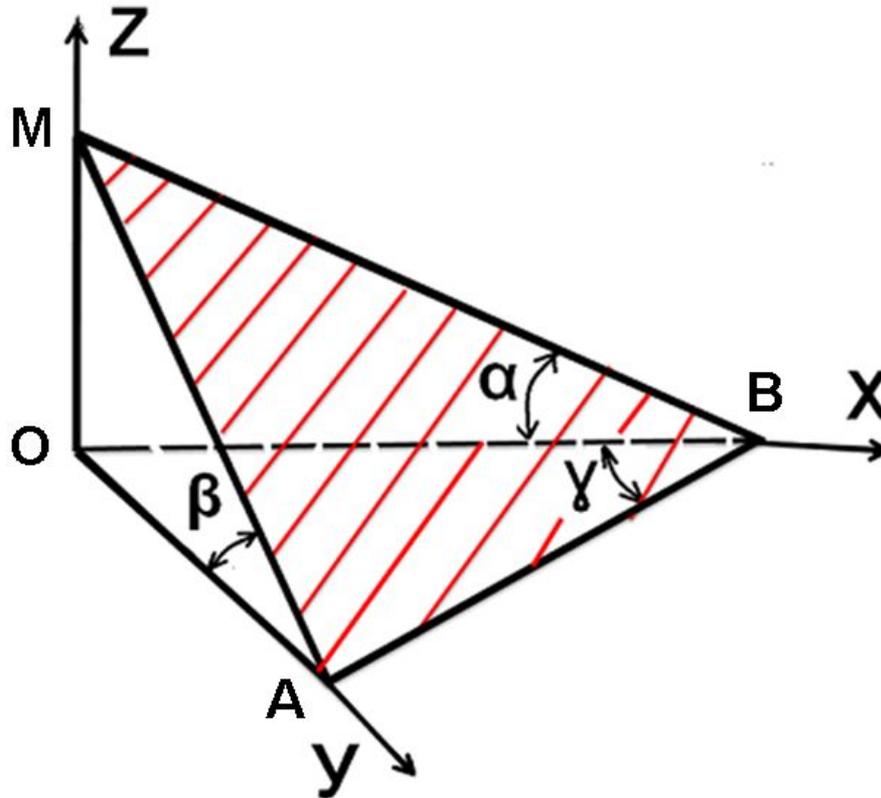


Рисунок 13 – Взаимодействие трехгранного клина с почвой

Трёхгранный косо́й клин



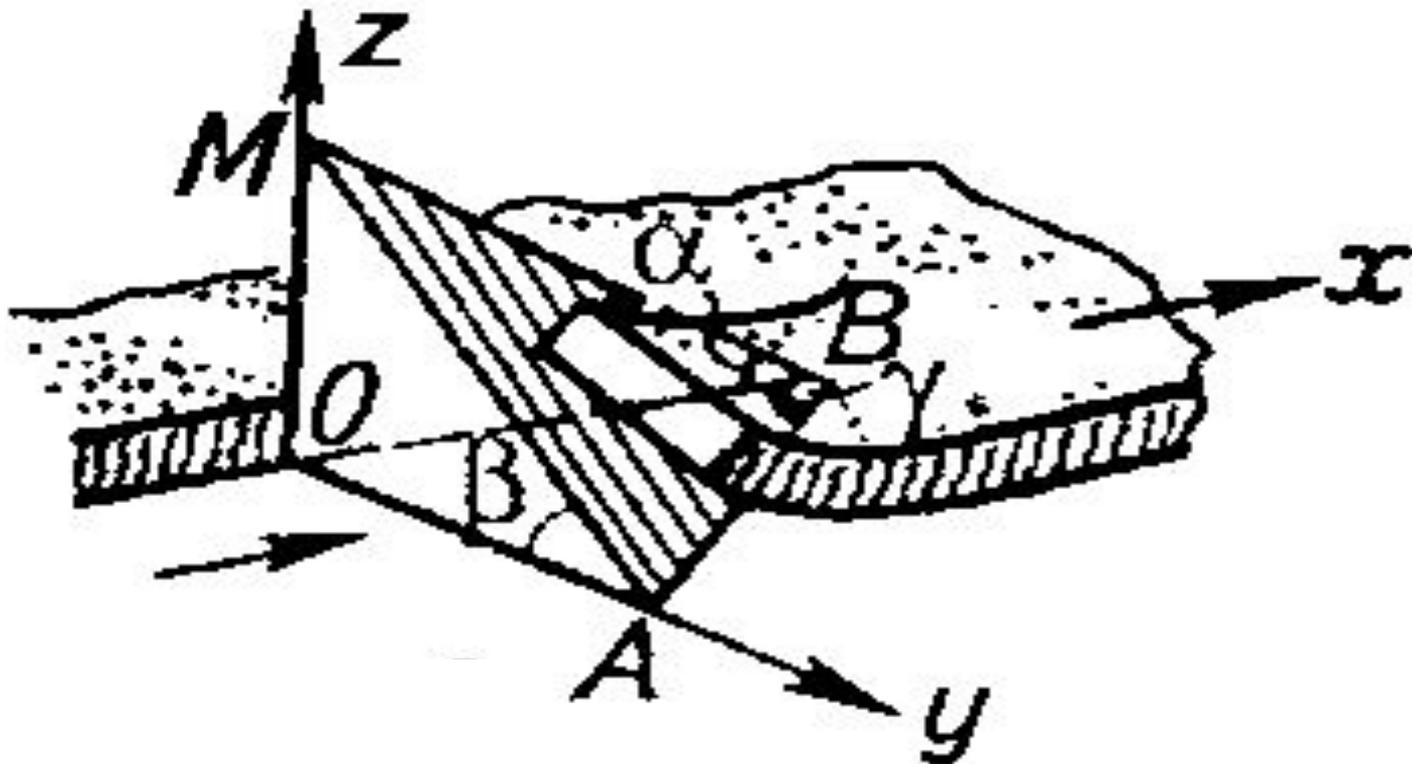
α - Угол крошения;

β - Угол оборота;

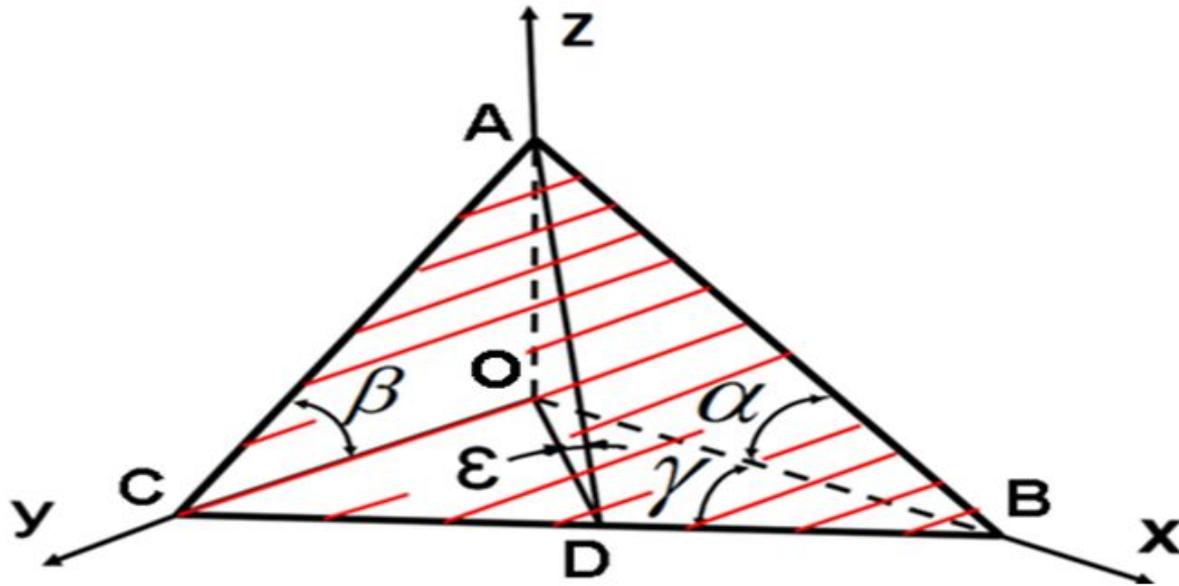
γ - угол сдвига.

Работа косого трехгранного клина

В косом трехгранном клине углы α , β и γ остаются неизменными, поэтому деформация пласта наблюдается только при его подъеме на его рабочую поверхность, что является недостаточным для достижения требуемой степени крошения и оборота пласта.



Взаимосвязь между углами трехгранного клина



$$\text{Из } \triangle ABO \longrightarrow AO = OB \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{Из } \triangle ACO \longrightarrow AO = OC \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$\text{Из } \triangle OBC \longrightarrow OC = OB \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

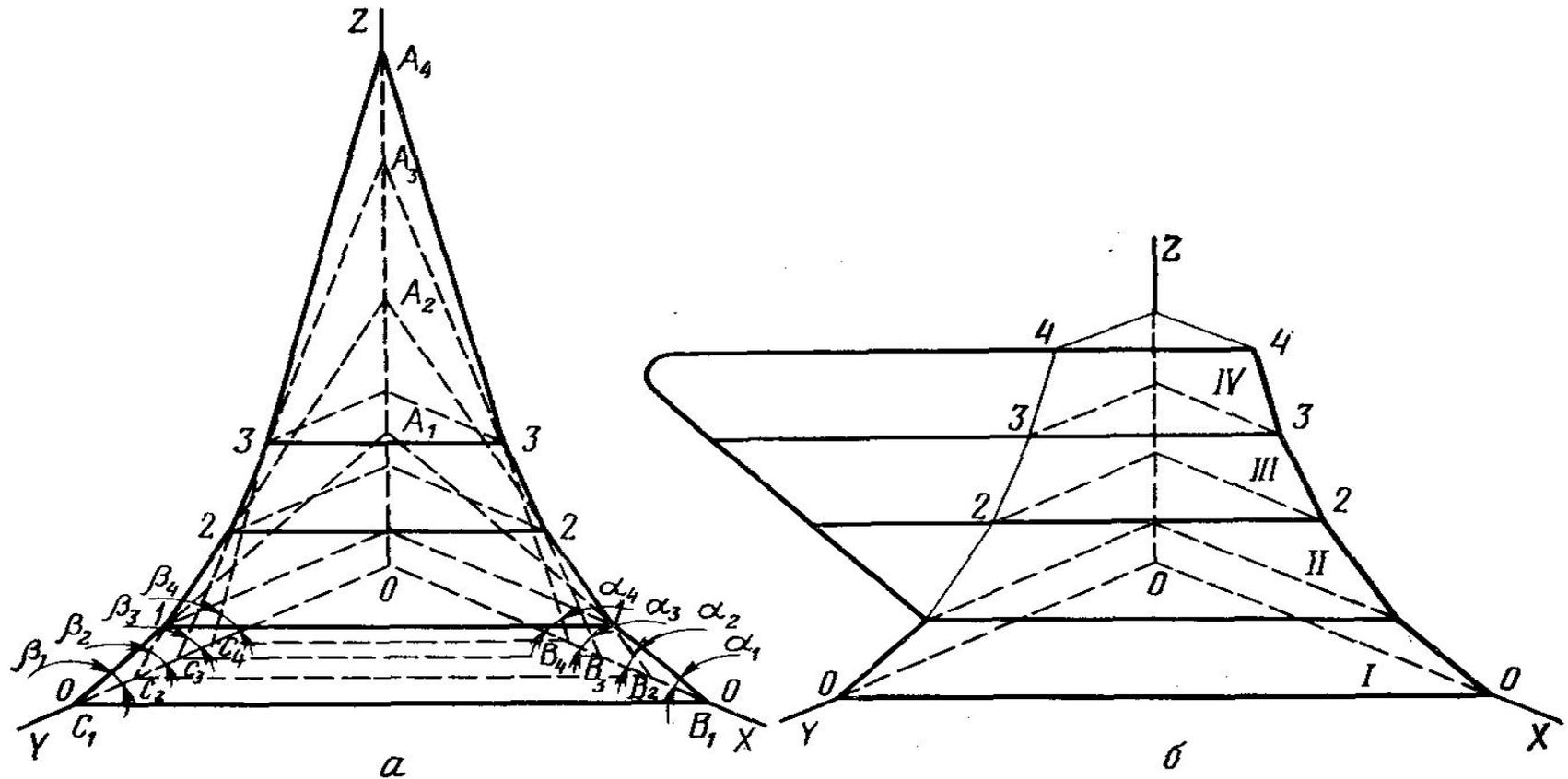
$$AO = OB \cdot \operatorname{tg} \alpha = OB \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$\text{Тогда } \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$\text{Откуда } \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \alpha / \operatorname{tg} \beta$$

Развитие косо́го трехгранного клина в криволинейную поверхность

Непрерывное изменение углов трехгранного клина α , β и γ превращает его рабочую грань в криволинейную рабочую поверхность (рис 14).



Типы рабочих поверхностей плужных корпусов

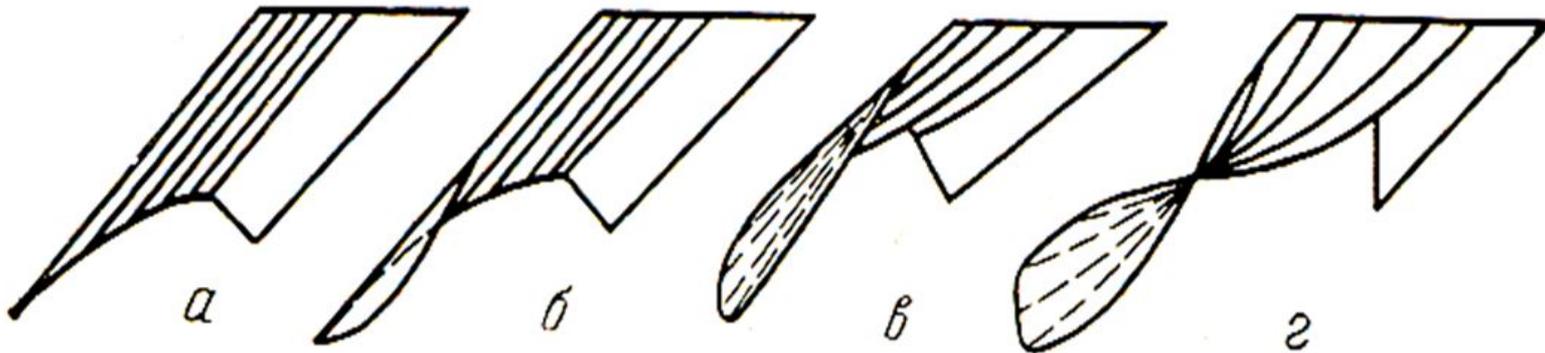
В зависимости от необходимой степени крошения и оборота пласта преимущественное развитие может получить угол α или β .

Таким образом, поверхность плоского трехгранного клина в зависимости от развития того или иного угла, может быть развита в сложную криволинейную рабочую поверхность корпуса плуга того или иного типа: цилиндрическую (при интенсивном развитии угла α), культурную и полувинтовую (при развитии углов α и β), и винтовую (при интенсивном развитии угла β).

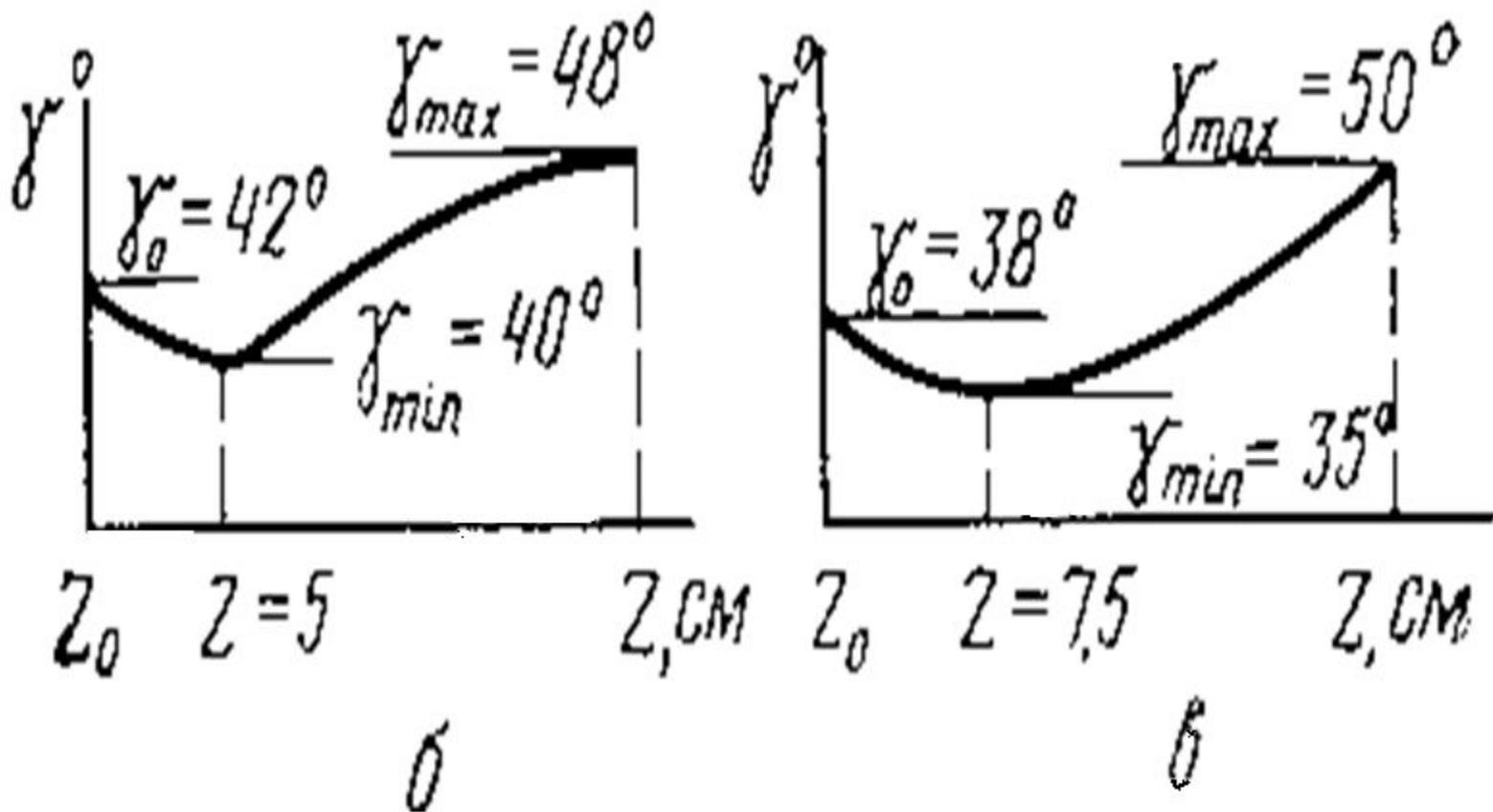
Типы рабочих поверхностей плужных корпусов

По приращению угла γ различают четыре основных типа рабочих поверхностей корпусов плугов обладающая каждая определенными технологическими свойствами:

- а) $\Delta\gamma = 0^\circ$ - цилиндрическая
- б) $\Delta\gamma = 2...7^\circ$ - культурная
- в) $\Delta\gamma = 7...15^\circ$ - полувинтовая
- г) $\Delta\gamma > 15^\circ$ - винтовая



Закономерности изменения угла γ



б – культурная поверхность,
в – полувинтовая поверхность

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Развитие косо́го трехгранного клина в цилиндрическую поверхность

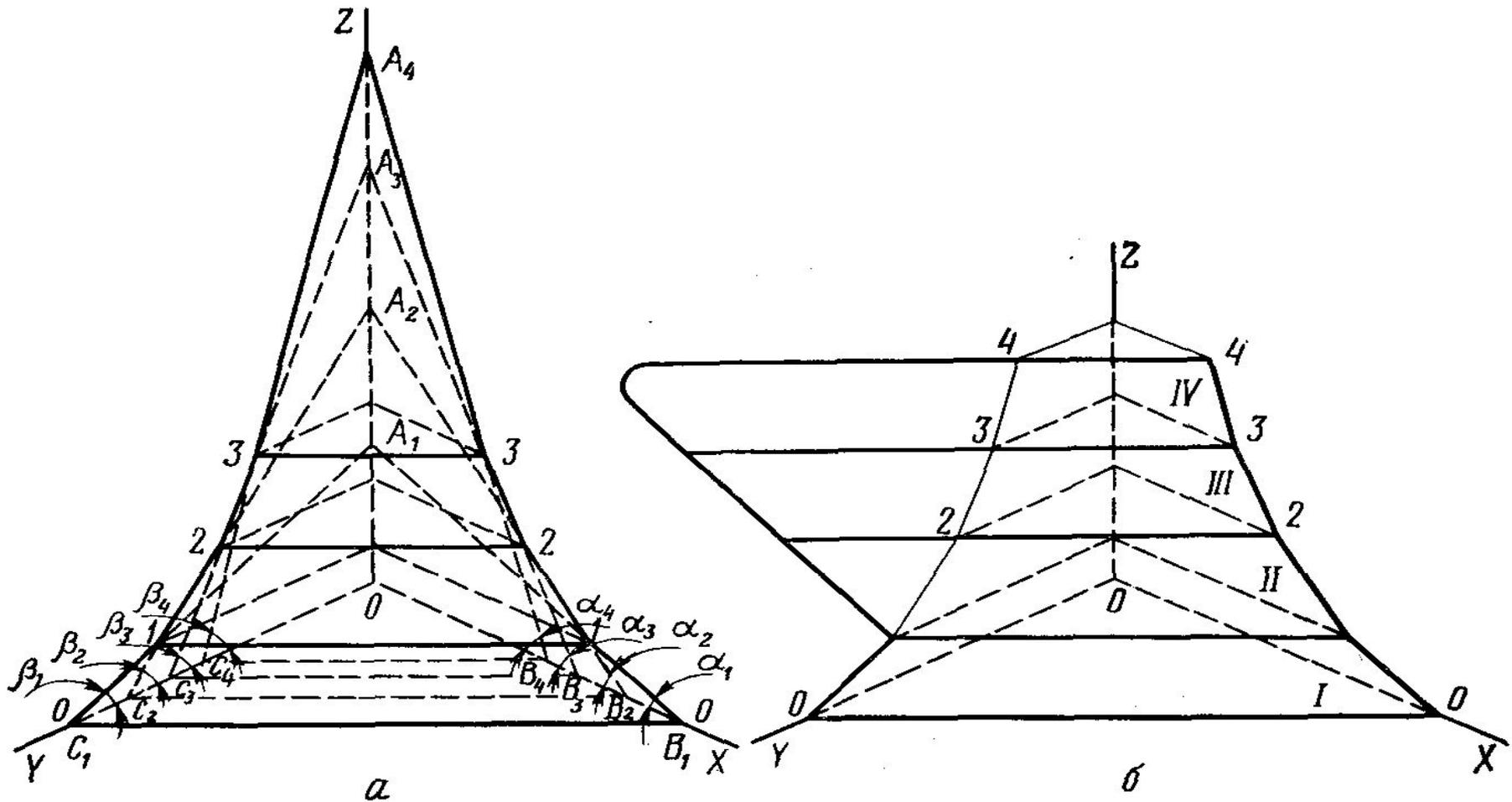


Рисунок 14 – Развитие косо́го трехгранного клина в цилиндрическую поверхность: а – образование многогранной поверхности; б – построение рабочей поверхности цилиндрического плужного корпуса.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Развитие косоугольного трехгранного клина в винтовую рабочую поверхность

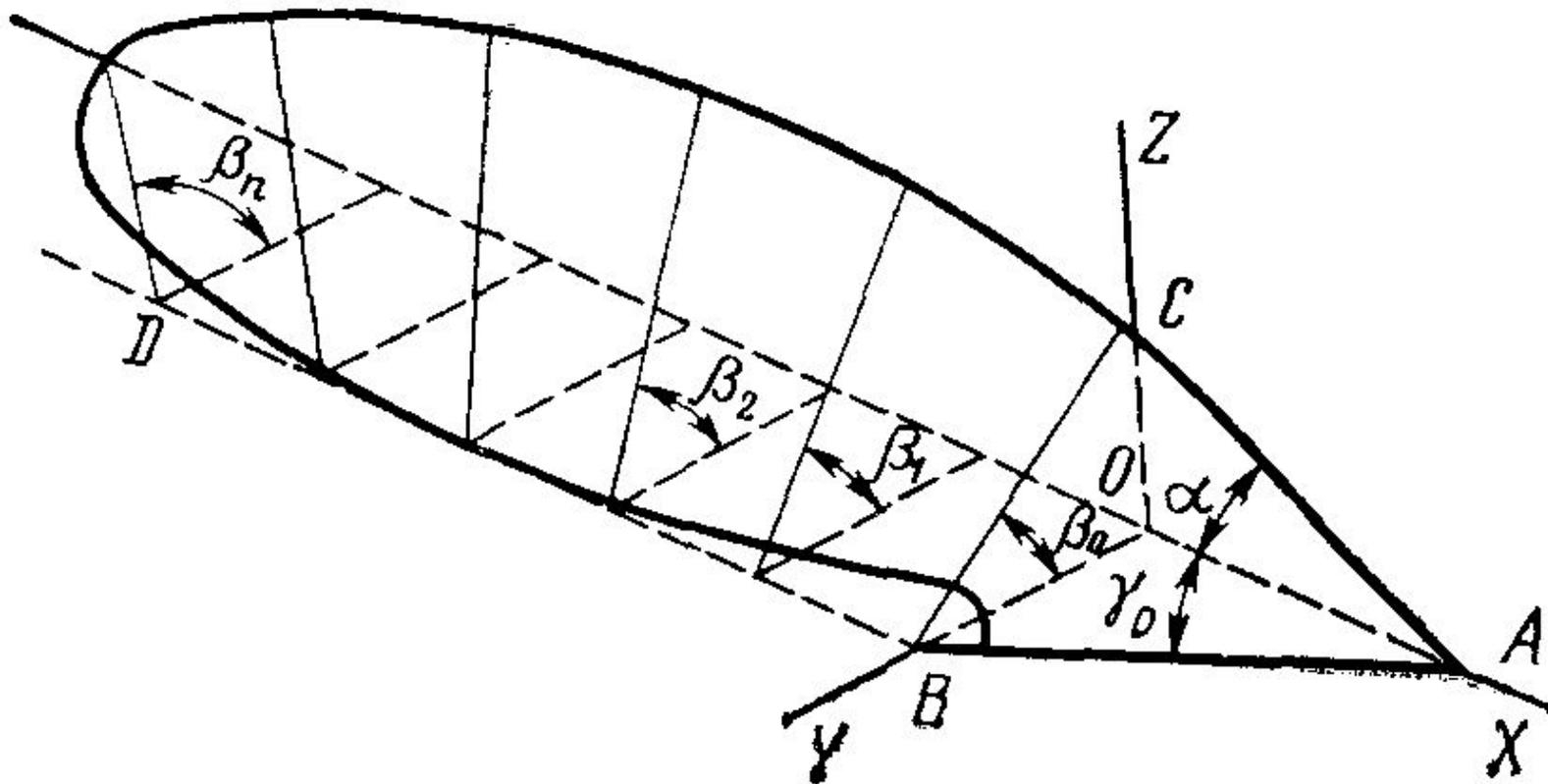


Рисунок 15 – Развитие косоугольного трехгранного клина в винтовую рабочую поверхность.

Основное свойство клина

Основное свойство клина основывается на том, что, прилагая сравнительно небольшую движущую силу T , можно развить большого значения нормальную силу N , давления клина на пласт, подвергающую его деформациям обеспечивающие его распад на отдельные агрегаты.

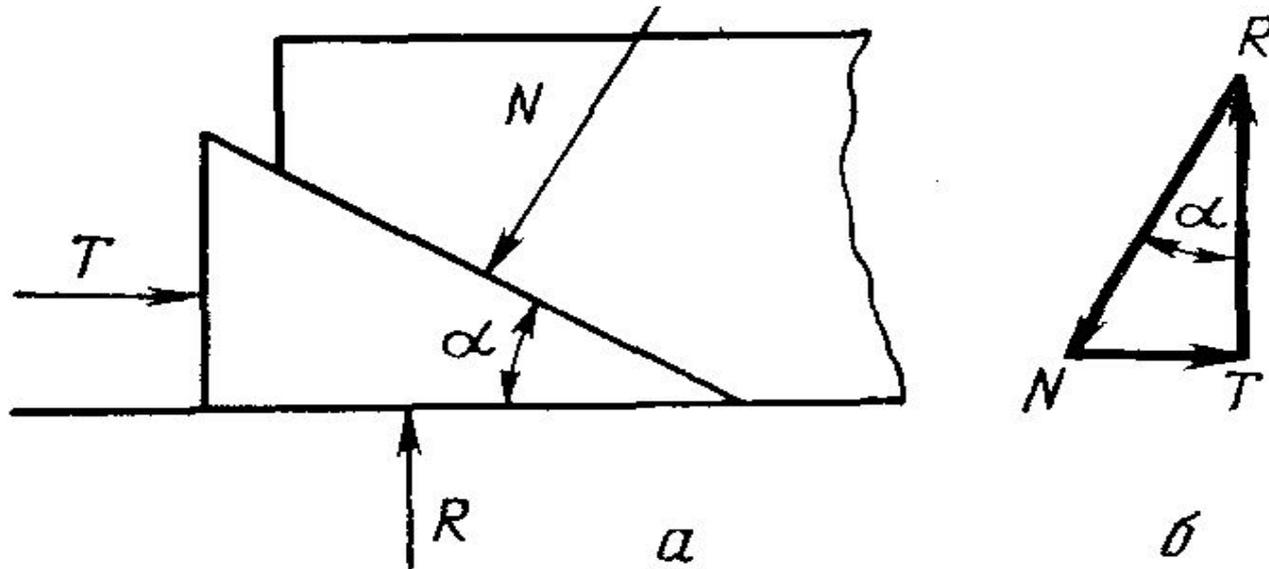


Рисунок 16 – Взаимодействие пласта и клина (а);
силовой треугольник (б).

$$N = T/\sin\alpha$$

При $\alpha = 15^\circ$ $N = 4T$

Деформация почвы клином

Как было отмечено при взаимодействии клина с почвой последняя подвергается деформациям что приводит к её распаду(крошению) на отдельные агрегаты(рис.17). **Интенсивность крошения зависит от физических и технологических свойств почвы и угла α установки рабочей грани клина (рис.17).**

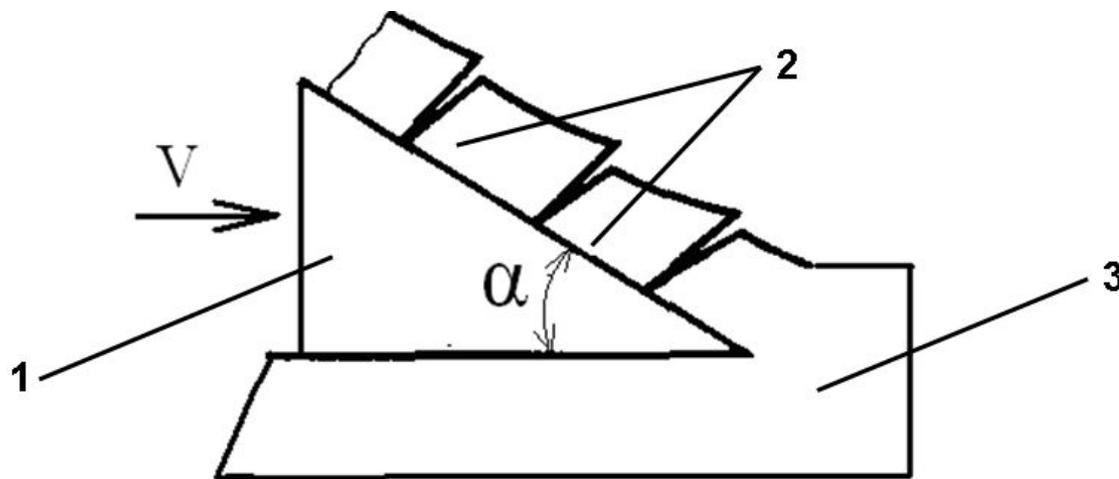


Рисунок 17 – Деформация пласта клином

1 – клин; 2 – почвенные агрегаты; 3 – обрабатываемый пласт почвы.

Схемы воздействия клина на почвенный пласт

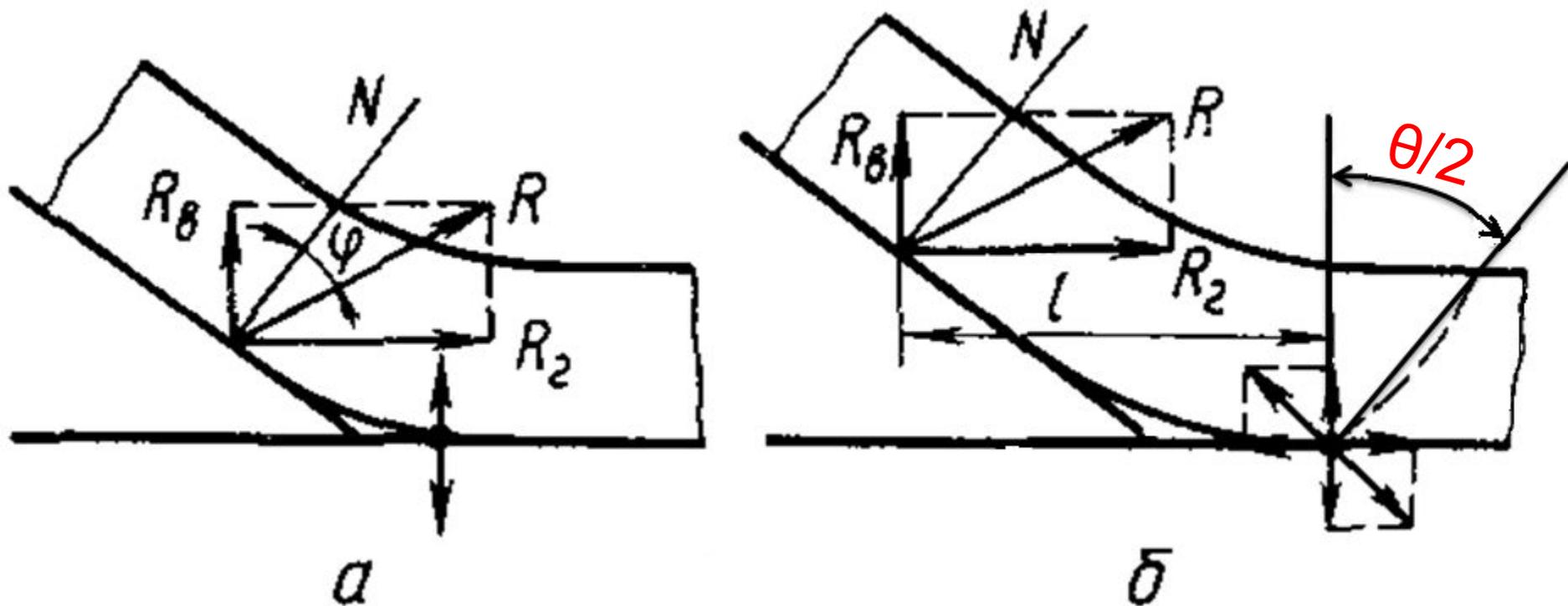


Рисунок 18 – Схемы воздействия клина на почвенный пласт:
а – образование опережающей трещины;
б – отрыв глыбы при косом изломе.

θ – угол скалывания почвы (40...50°)

Характер изменения сопротивления почвы движению клина

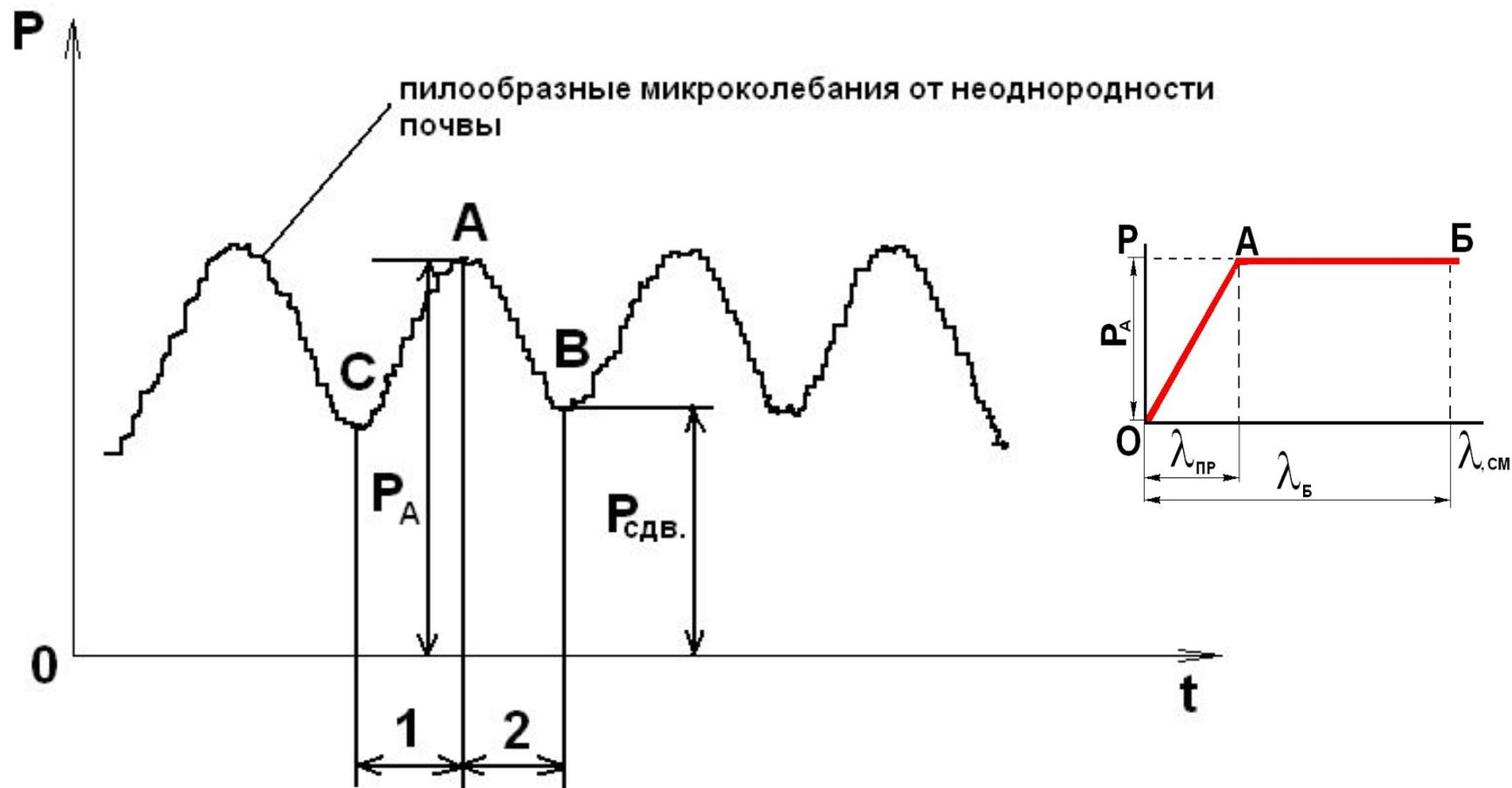


Рисунок 19 – Циклический характер изменения сопротивления почвы движению клина:

1 – первая фаза (уплотнение, изгиб); 2 – вторая фаза (скалывание, отрыв).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Влияние угла установки рабочей грани на работу клина

Клин выполняет две функции: крошение пласта и его перемещение при приложении небольшого усилия.

В зависимости от значения угла α возможны два режима работы клина:

**Режим 1 – почва скользит вдоль рабочей грани клина
(аналоги – лемех плуга, лапа культиватора);**

**Режим 2 – почва сгруживается перед рабочей гранью клина
(аналоги - отвал бульдозера, нож грейдера)**

Силы, действующие на почвенную частицу в процессе взаимодействия клина с почвой

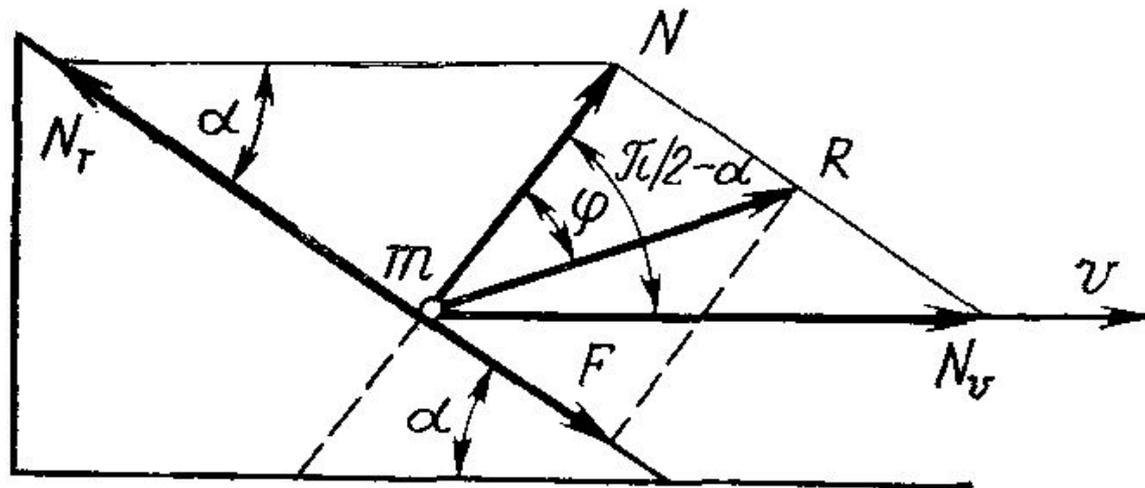


Рисунок 20 – Силы, действующие на почвенную частицу в процессе взаимодействия клина с почвой.

$$N_T > F_{\max} \text{ – устойчивое скольжение}$$

$$N_T = N \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha)$$

$$F_{\max} = N \operatorname{tg} \varphi$$

Следовательно условие скольжения обеспечивающее непрерывный процесс взаимодействия рабочей грани клина с почвой будет иметь вид:

$$N \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha) > N \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{или } \alpha < \pi/2 - \varphi \text{ – режим 1,}$$

$$\alpha > \pi/2 - \varphi \text{ – режим 2.}$$

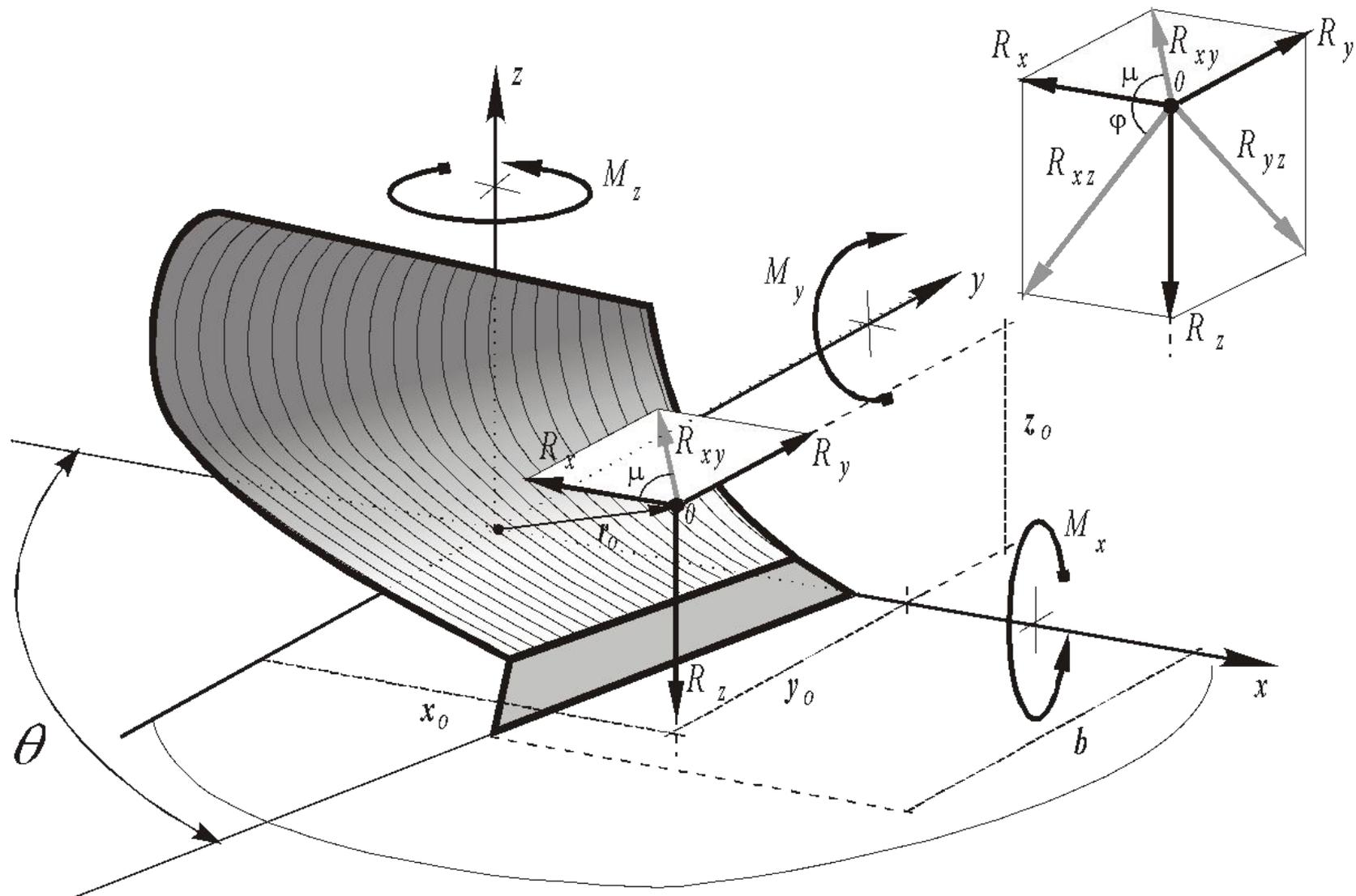
Заключение

Всё рассмотренное выше в полной мере относится к вопросу теоретического обоснования влияния технического состояния рабочих органов машин на качество и энергоёмкость процесса, а также на процесс подготовки, настройки, техническом обслуживании и ремонте рабочих органов, обеспечивающие оптимальный режим их функционирования.

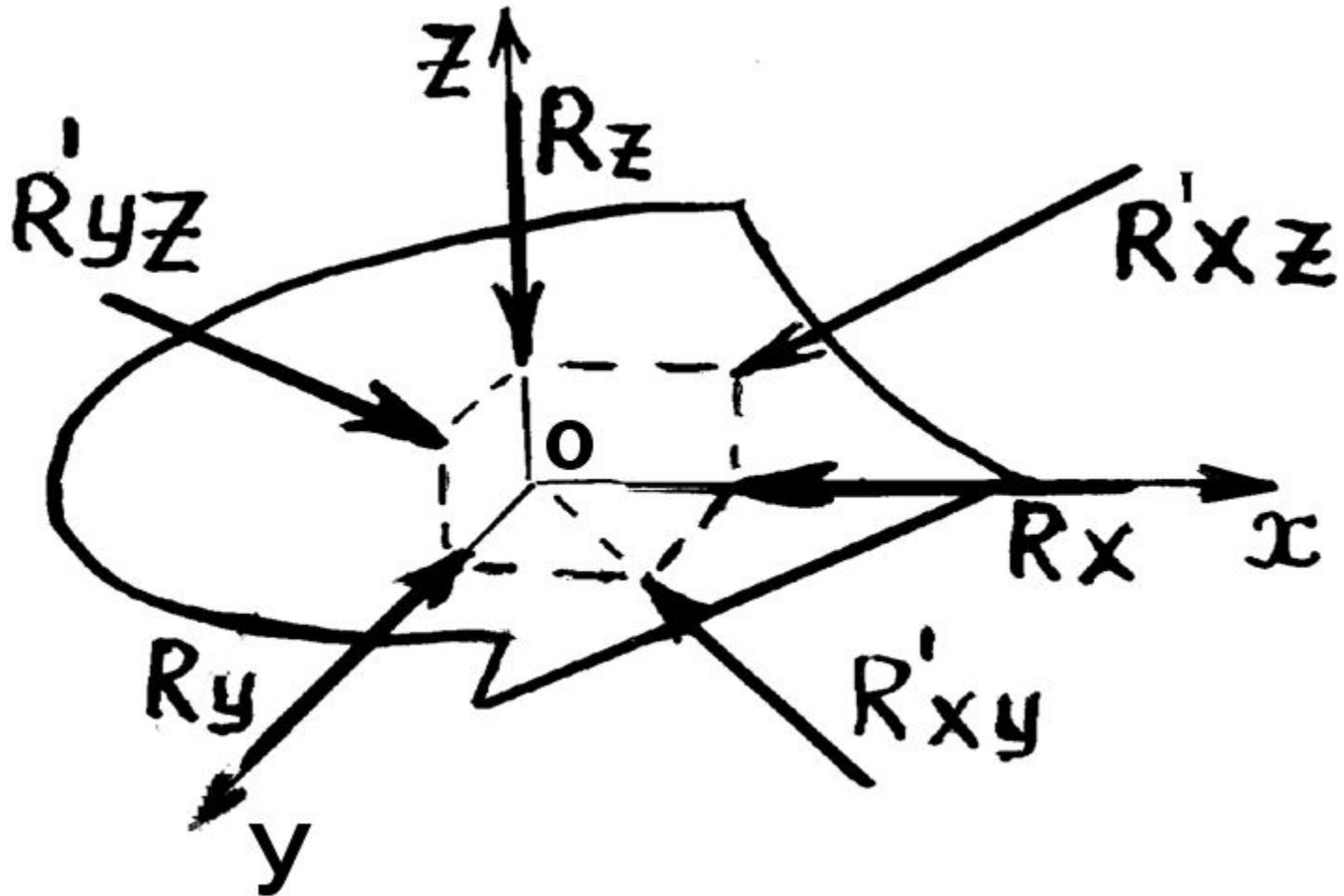
Спасибо за внимание

- Каждому студенту к практическим занятиям подготовить:**
- 1 Масштабно-координатную бумагу формата А3 2 листа**
 - 2 Линейку**
 - 3 Резинку стирательную**
 - 4 Карандаш**
 - 5 Циркуль**
 - 6 Калькулятор**

Силовая характеристика плужного корпуса

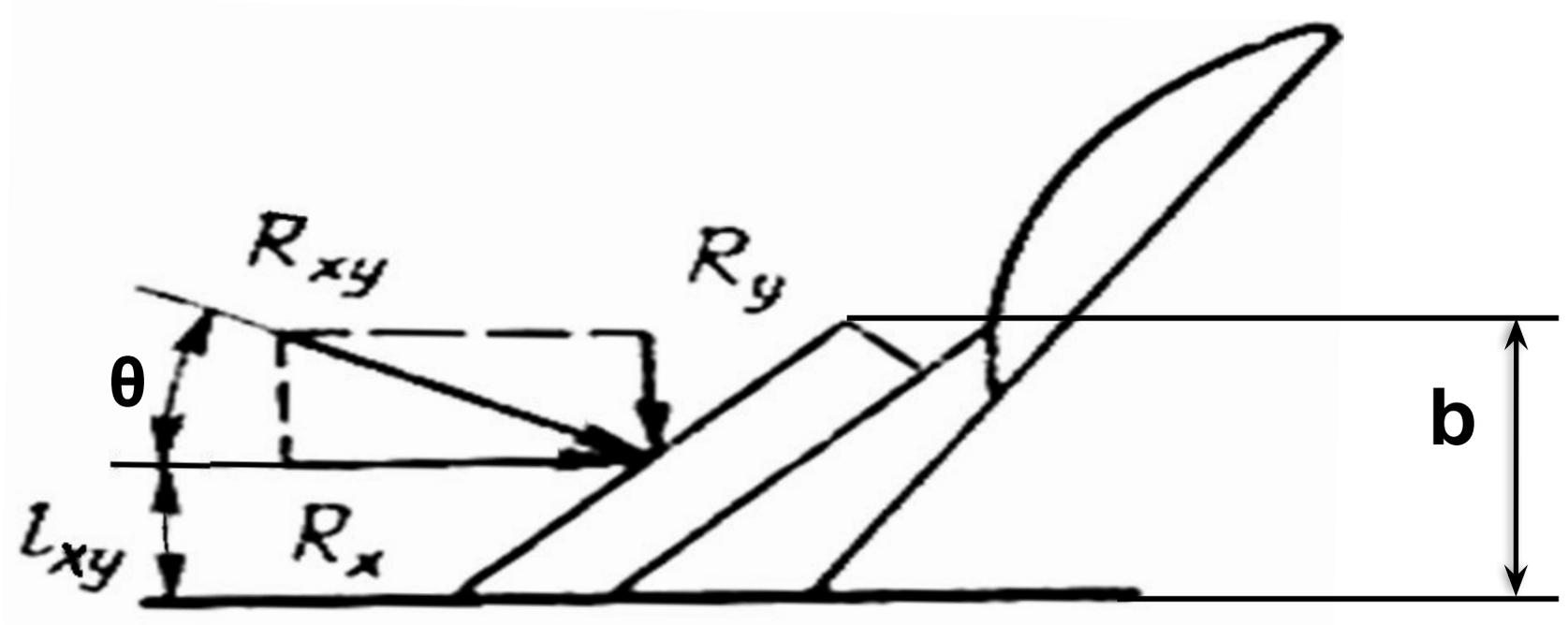


Силы действующие на корпус



Силовая характеристика плужного корпуса в плоскостях

Горизонтальная плоскость



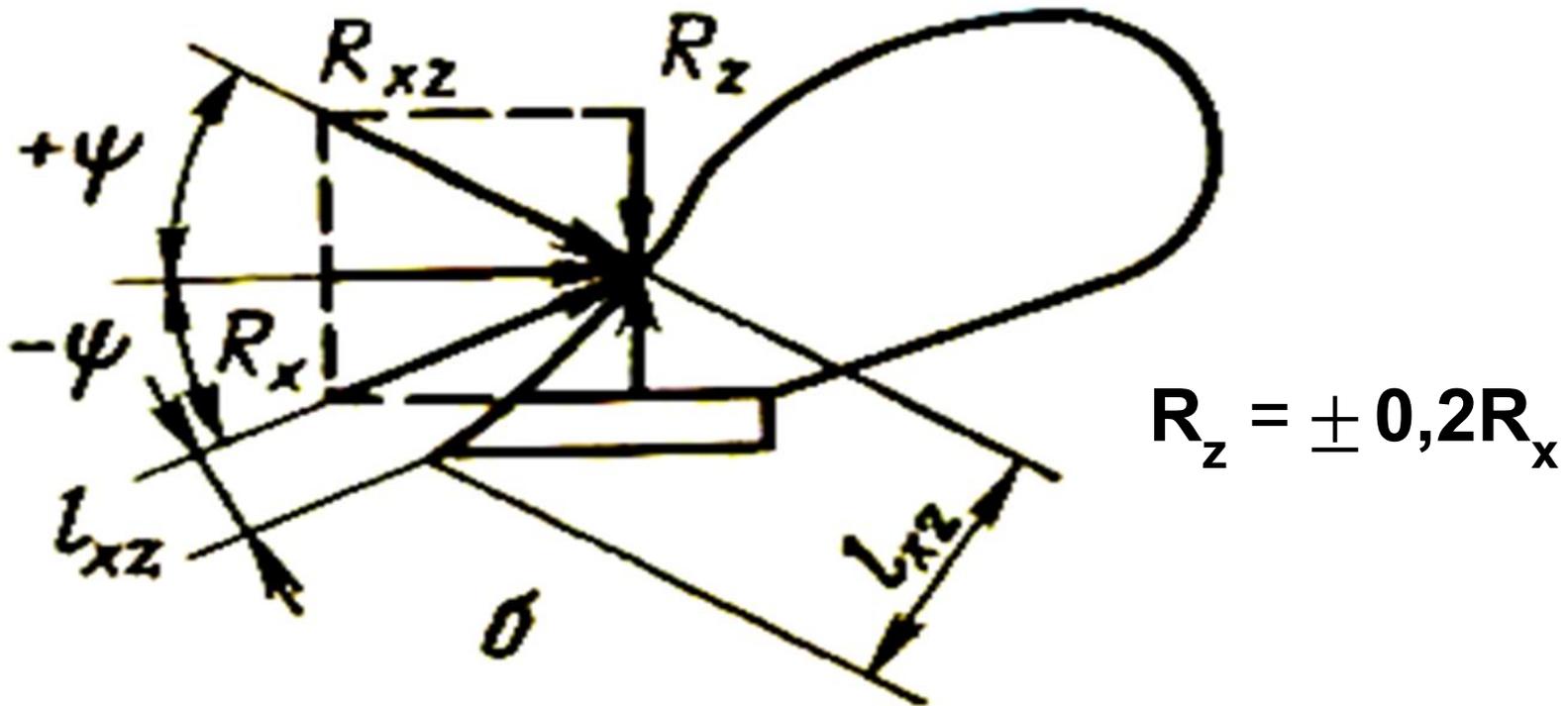
R_{xy} – усилие пласта почвы на рабочую поверхность корпуса в плоскости XOY

$$L_{xy} = (0,3 \dots 0,5)b \quad \theta = 15 \dots 25^\circ$$

$$R_x = \eta R_{пл}/n \quad \eta = 0,6 \dots 0,8$$

$R_{пл}$ – определяют динамометрированием

Продольно-вертикальная плоскость



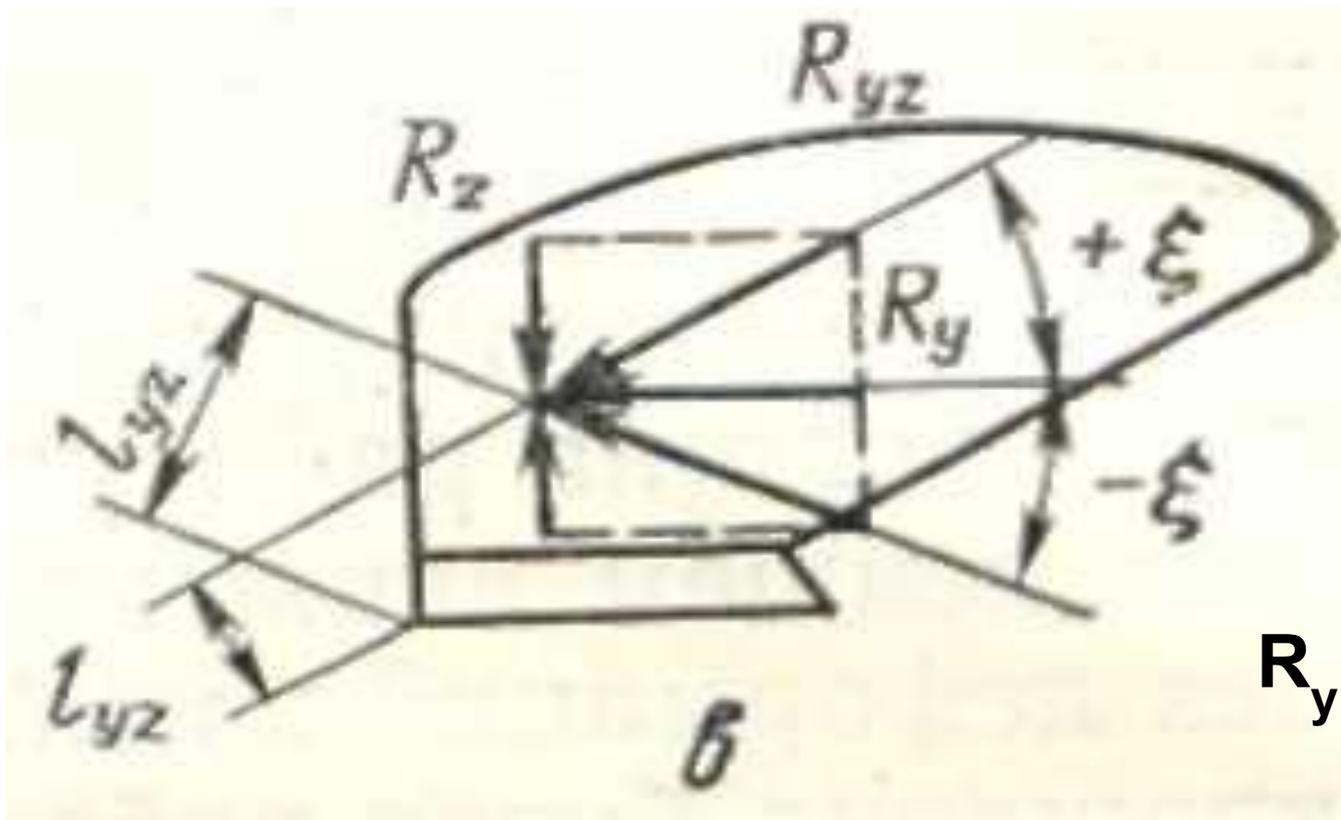
R_{xz} – усилие пласта почвы на рабочую поверхность корпуса плуга в плоскости XOZ

$L_{xz} = 0,5a$ при положительных значениях ψ ;

$L_{xz} = 0,33a$ при отрицательных ψ ;

$\psi = \pm 12^\circ$;

Поперечно-вертикальная плоскость



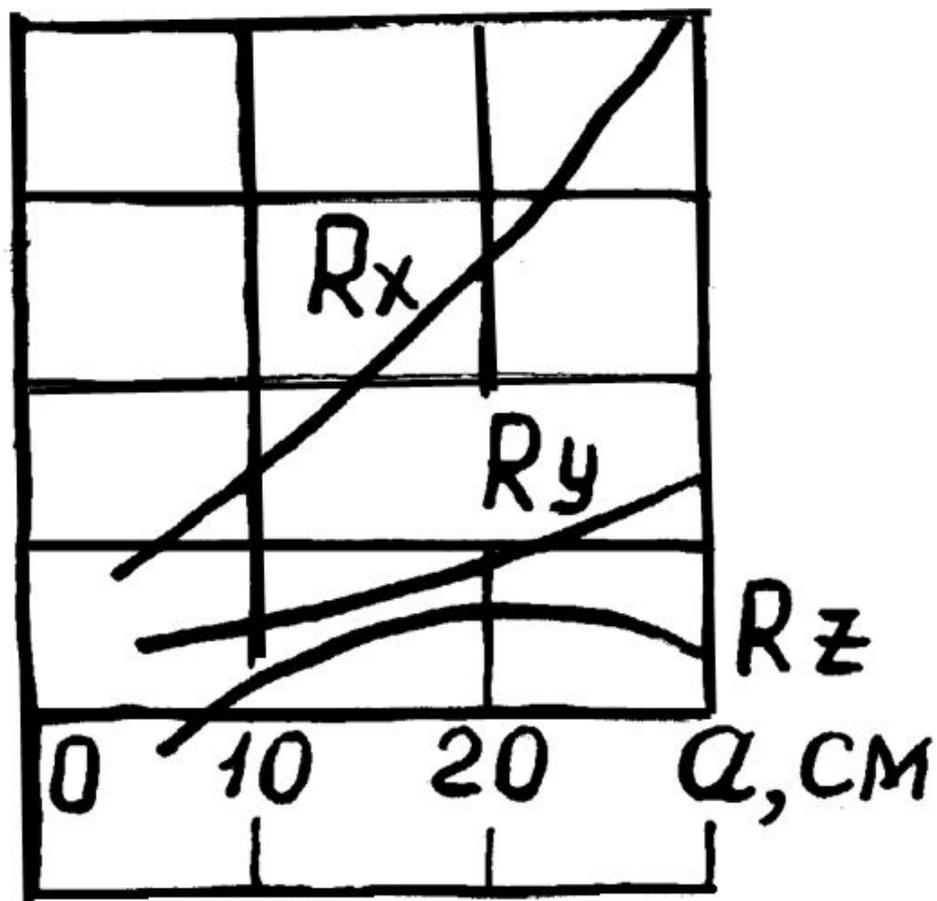
$$R_y = 1/3R_x$$

R_{yz} – усилие пласта почвы на рабочую поверхность корпуса в плоскости YOZ;

$$l_{yz} = 0,5b \text{ при } \xi = +45^\circ$$

$$l_{yz} = 0,75b \text{ при } \xi = -45^\circ$$

Характер изменения составляющих сил на корпус в зависимости от глубины обработки



$$R_y = \frac{1}{3} R_x$$

$$R_z = \pm 0,2 R_x$$

Тяговое сопротивление плуга

Тяговое сопротивление корпуса

$$R_x = K_{ab}$$

Тяговое сопротивление плуга

$$P_x = R_x \cdot n / \eta$$

R_x – определяют динамометрированием

КПД плуга $\eta = 0,6 \dots 0,8$

n – количество корпусов

Тяговое усилие плуга по Горячкину

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

Рациональная формула В.П. Горячкина

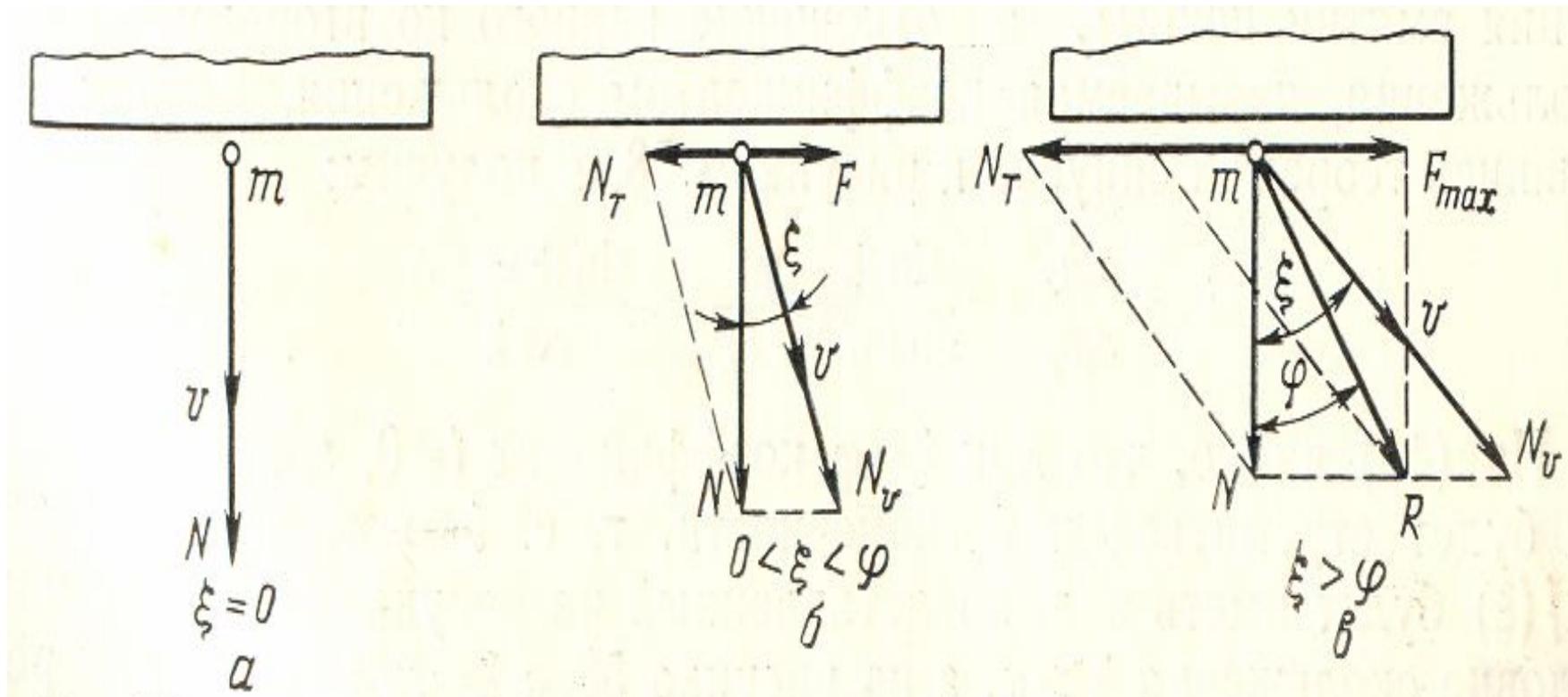
$$P_T = fG + K_{ab}n + \epsilon_{rab}v^2$$

fG – тяговое сопротивление перемещения плуга;

$K_{ab}n$ – сопротивление почвы деформациям;

$\epsilon_{rab}v^2$ - кинетическая энергия сообщаемая пласту

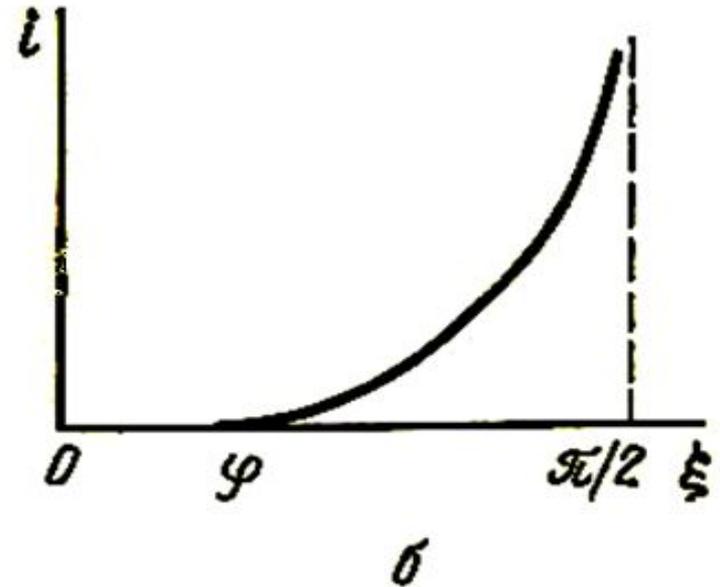
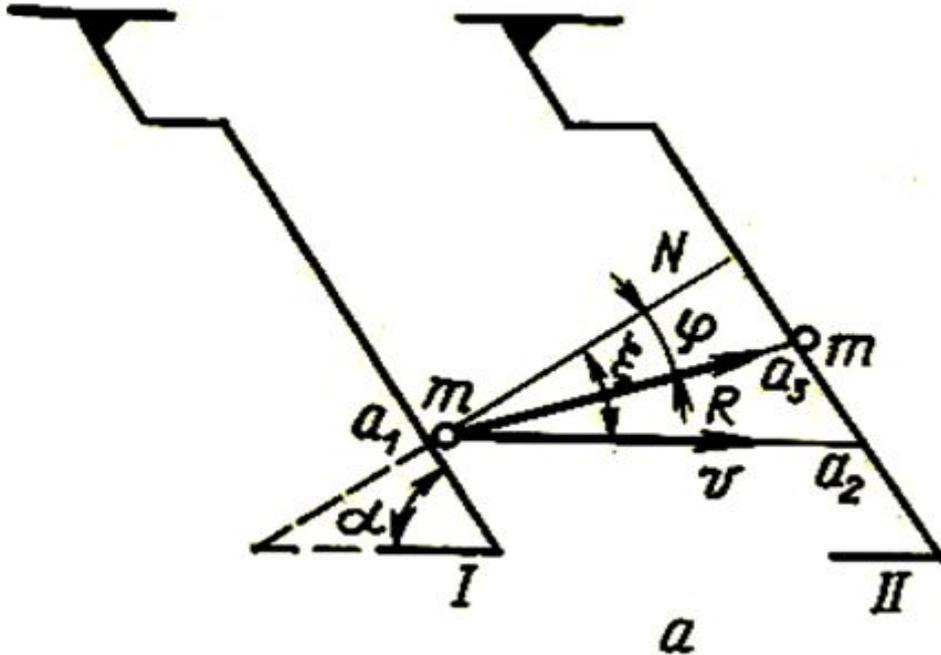
Виды резания лезвием



**а-рубящее резание, б-резание с продольным перемещением,
в-резание со скольжением.**

Коэффициент скольжения

Резание со скольжением



а-схема к определению коэффициента скольжения i ;

б – характер изменения
коэффициента скольжения i .

$$i = \frac{a_2 a_3}{a_1 a_3} = \frac{\sin(\xi - \varphi)}{\sin(\frac{\pi}{2} - \xi)} = \frac{\sin(\xi - \varphi)}{\cos \xi}$$

Роль лезвия рабочих органов почвообрабатывающих машин

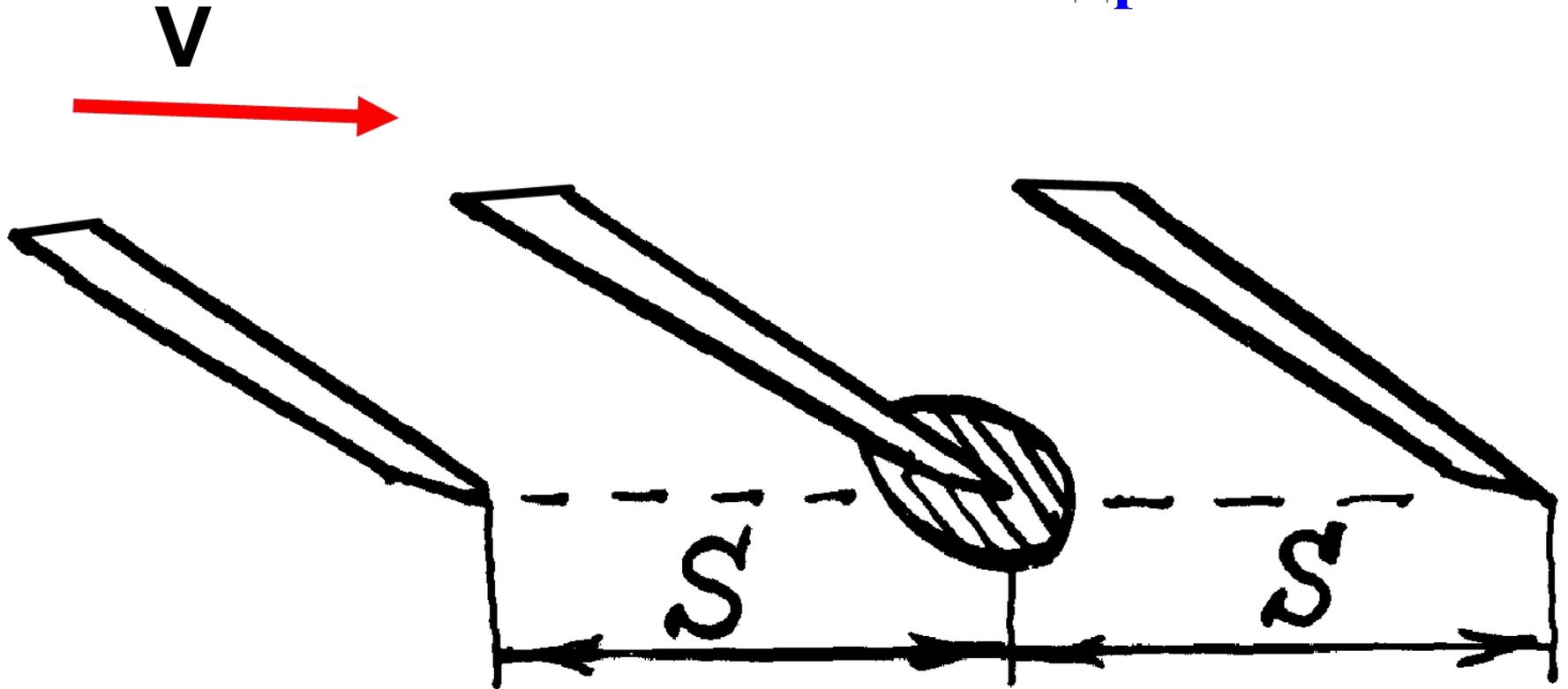
Вы будете знать

**Технологическую сущность
процесса резания лезвием**

**Влияние толщины лезвия на
тяговое сопротивление**

Роль лезвия

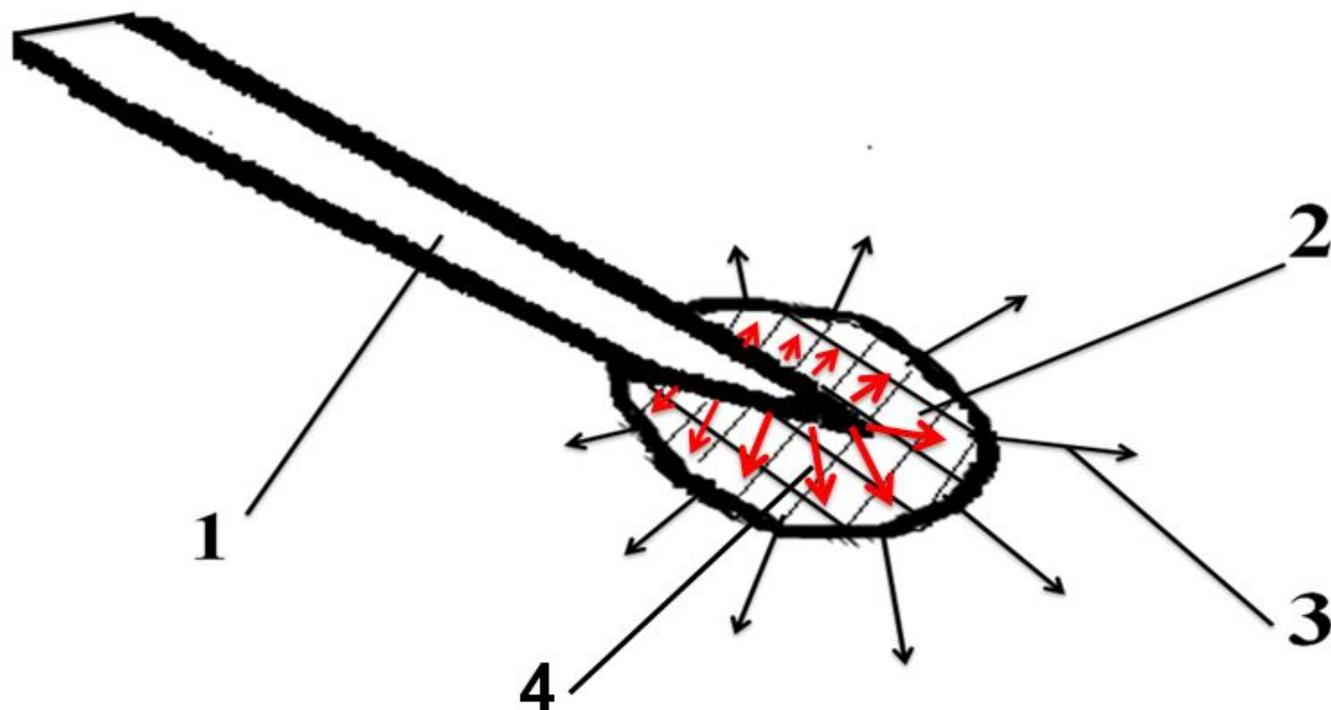
Работа почвенного ядра



$$S = 5 \dots 15 \text{ мм}$$

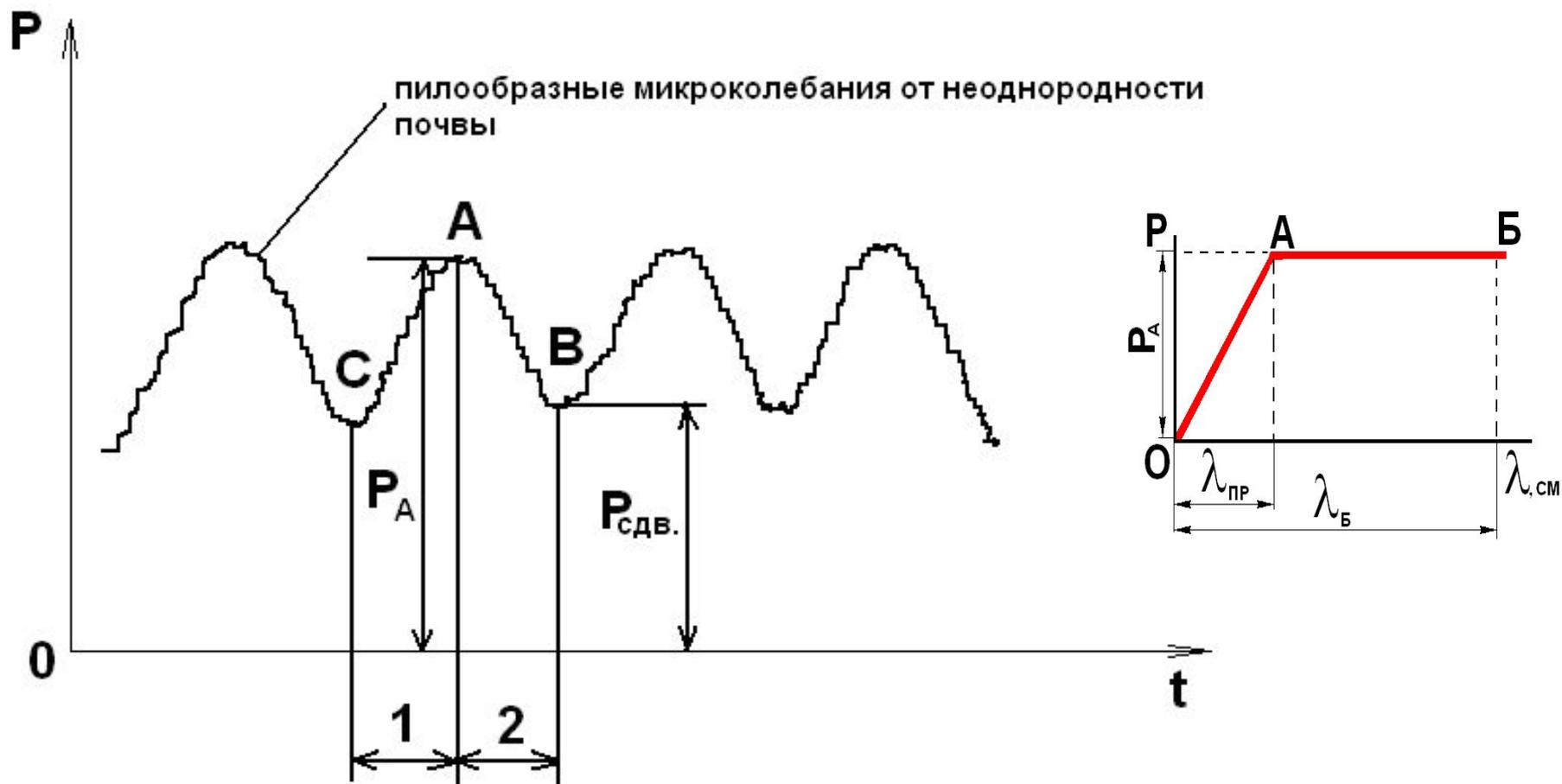
Роль лезвия

Образование почвенного ядра



1 – лезвие; 2 – почвенное ядро; 3 – элементарные силы ядра; 4 – элементарные силы лезвия

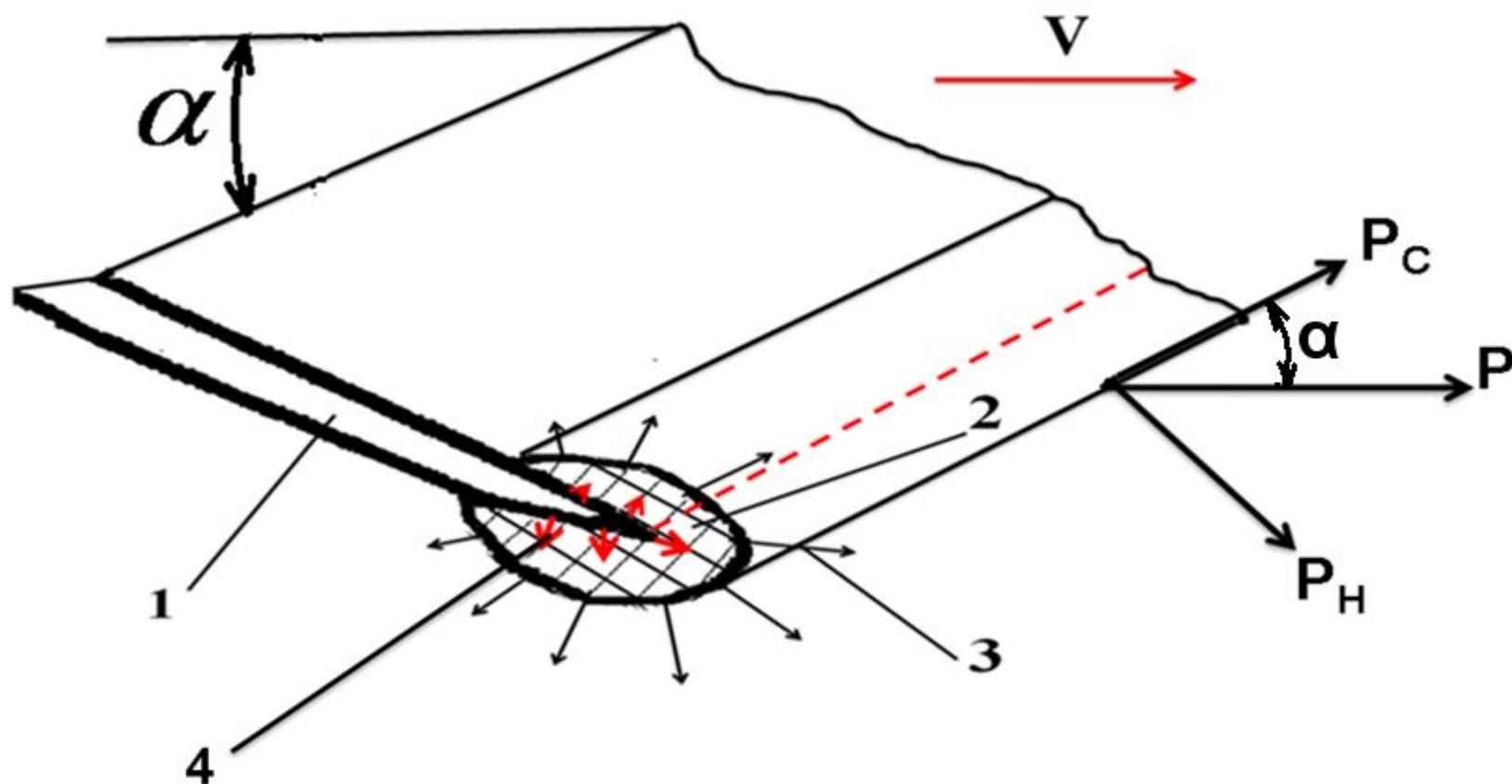
Характер изменения сопротивления резания почвы клином



- 1** - первая фаза (уплотнение, изгиб);
- 2** - вторая фаза (скалывание, отрыв)

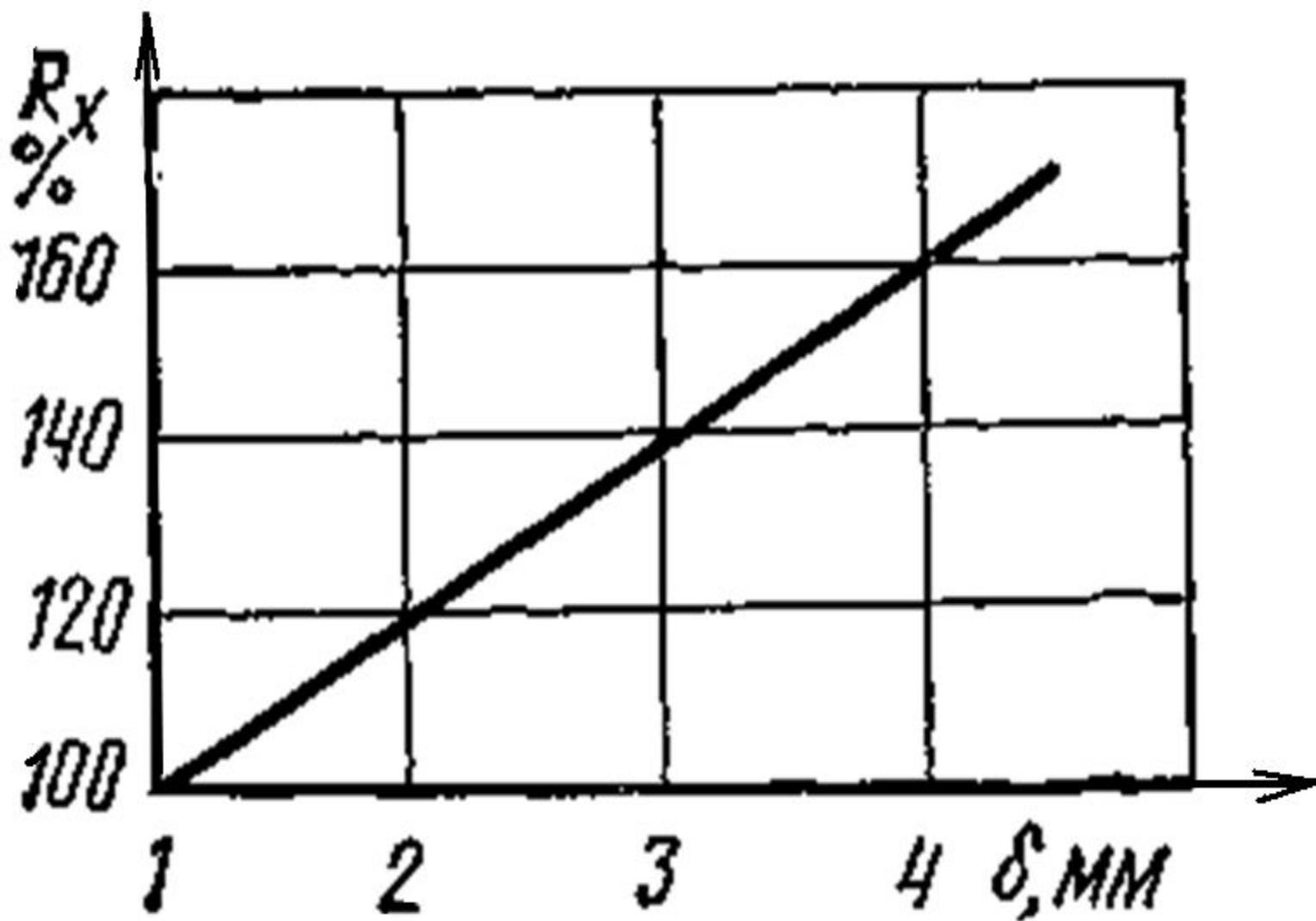
Роль лезвия

Работа почвенного ядра



1 – лезвие; 2 – почвенное ядро; 3 – элементарные силы почвенного ядра; 4 – элементарные силы лезвия

Влияние толщины лезвия на тяговое сопротивление



Анализ процесса работы навесной системы

Вы будете знать:

1 Схемы механизмов навесной системы

трактора

2 Условие равновесия механизма навески

3 Метод определения усилий в звеньях

механизма навески

Анализ процесса работы навесной системы

Вы будете уметь:

- 1 Строить план положения механизма навешивания машины (орудия).**
- 2 Строить рычаг Жуковского для усилий в звеньях механизма навешивания.**
- 3 Рассчитывать величину усилий в звеньях механизма навешивания.**

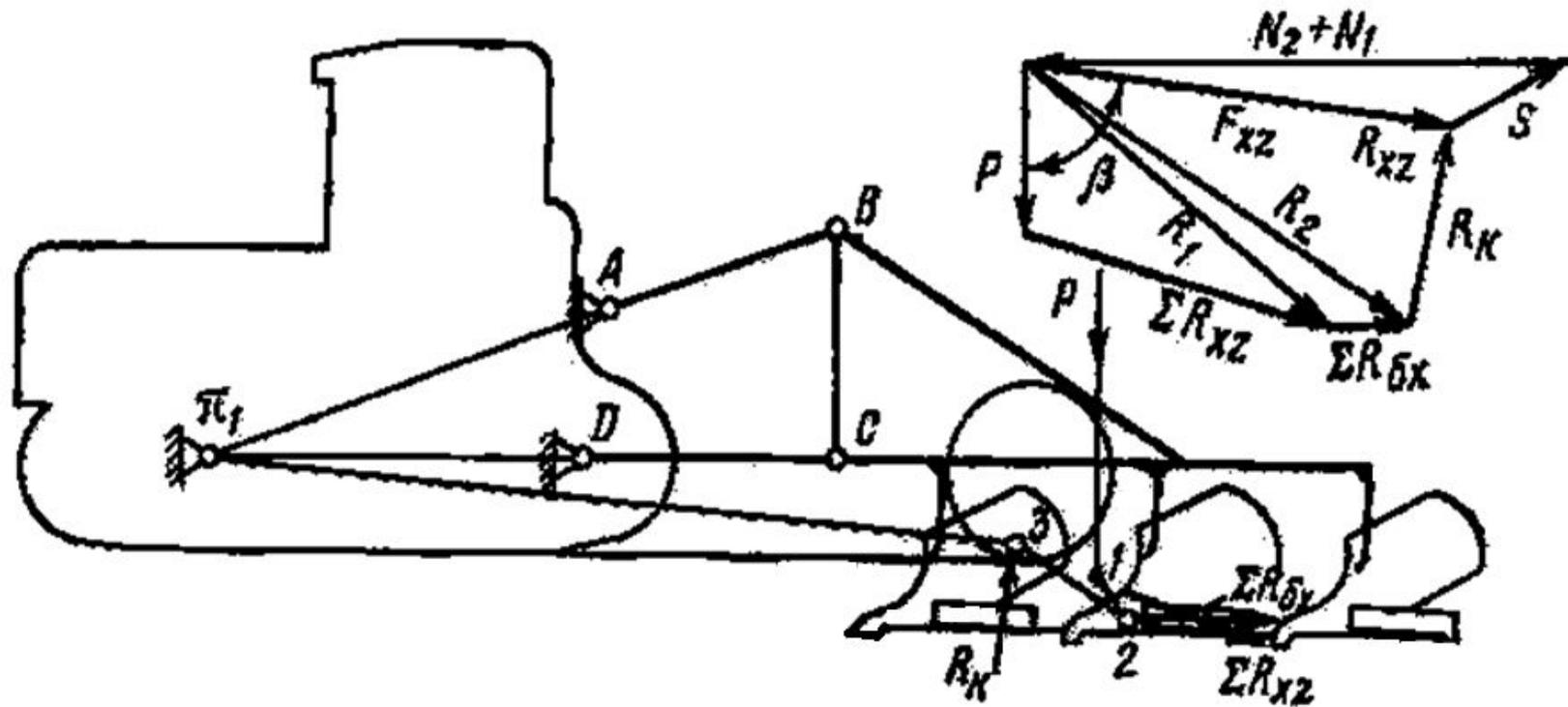
Анализ процесса работы навесной системы

Будете иметь представление:

- 1. О режиме взаимодействия механизма навешивания трактора и орудия(машины)**
- 2. О возможностях настройки механизма навешивания трактора на оптимальный режим работы**

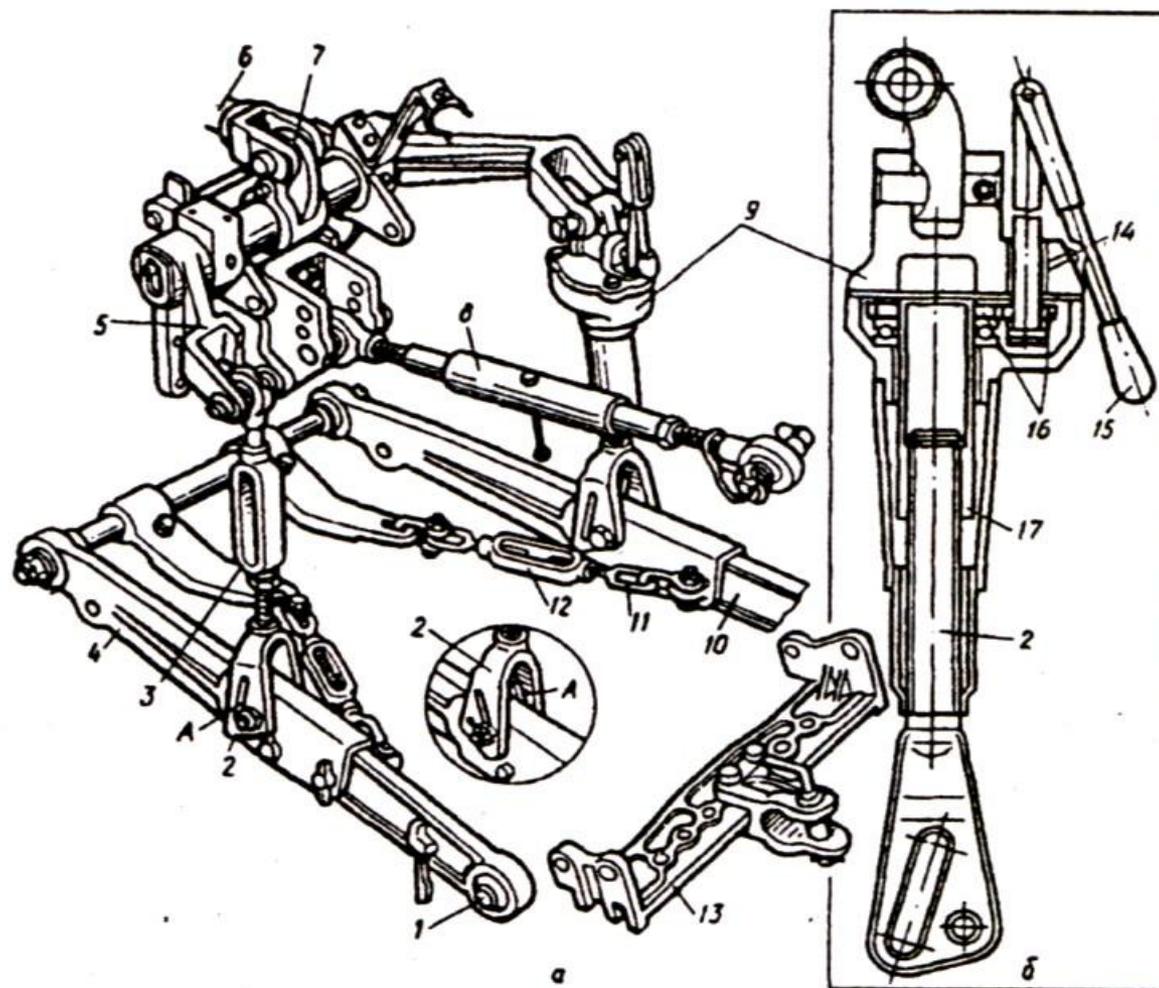
Условие равновесия навесного плуга

Продольно – вертикальная плоскость



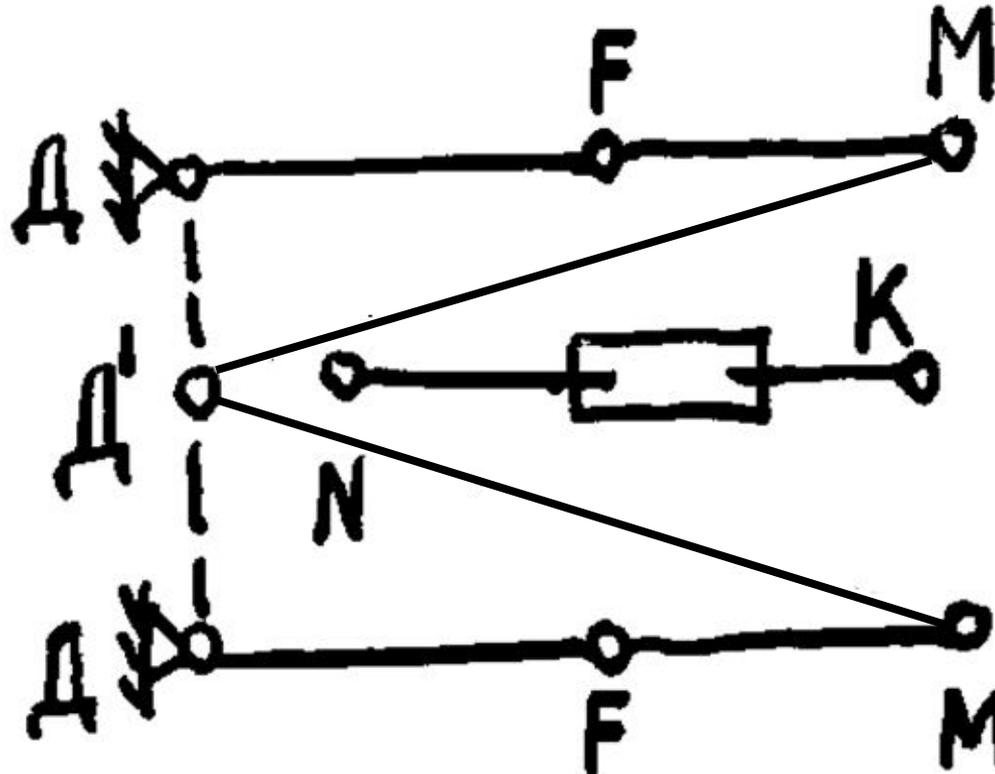
- ΣR_{xz} -реакция почвы на рабочие поверхности корпусов;
- ΣR_{bx} -сила трения полевых досок о стенки борозд;
- R_k -реакция почвы на опорное колесо;
- F_{xz} -сила тяги;
- R_1 и R_2 –равнодействующие силы;
- R_{xz} -равнодействующая всех сил сопротивления;
- N_1 , N_2 и S –усилия в звеньях механизма навески трактора;

Навесное устройство универсально-пропашных тракторов



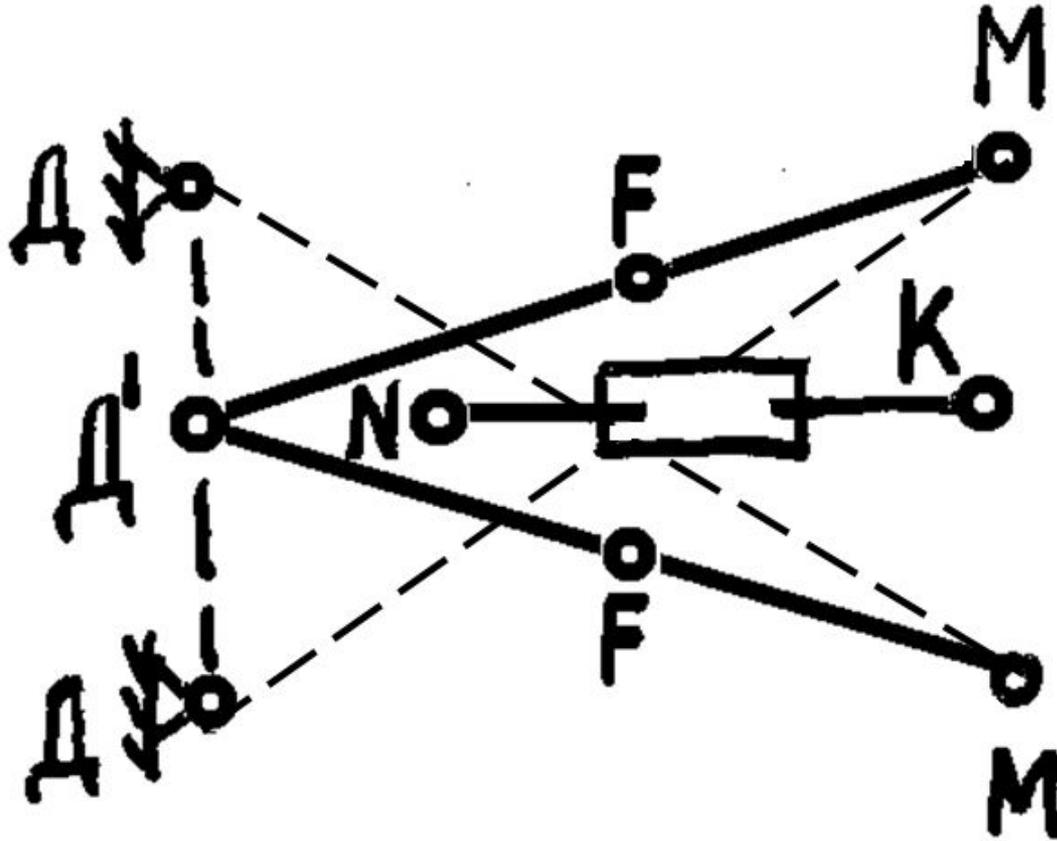
Анализ процесса работы навесной системы

Трехточечная схема навески



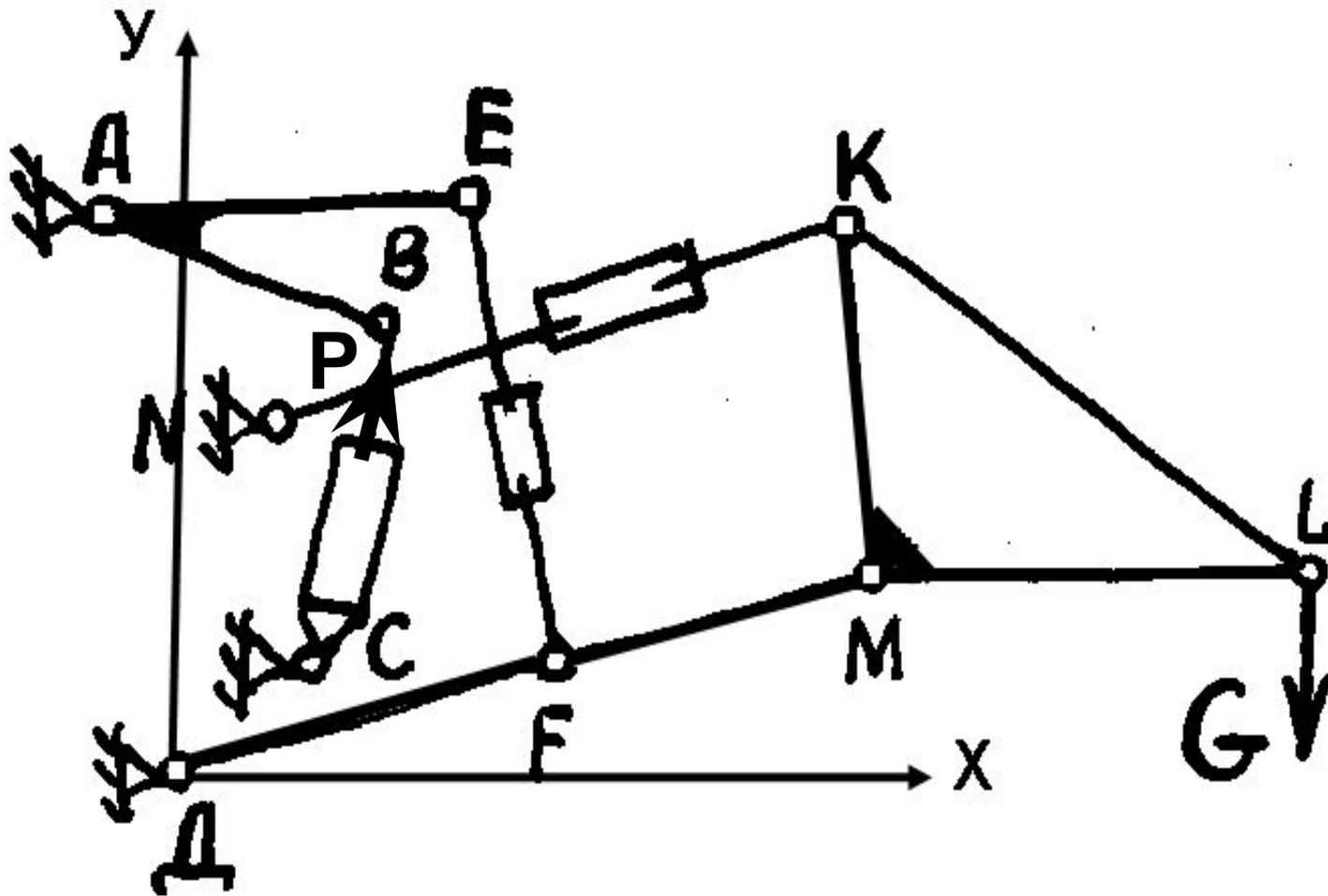
DM – продольные тяги; NK – центральная тяга;
D'M – транспортные растяжки

Двухточечная схема навески



Д'М – продольные тяги; НК – центральная тяга;
ДМ – транспортные растяжки

Расчет усилия подъема машины(орудия) (план положения механизма)



ABC – механизм гидроцилиндра

AEF – механизм подъема

NKMD – механизм навешивания

Построение рычага Жуковского

Рычаг Жуковского это план скоростей повёрнутый на 90° с приложенными всеми действующими силами в соответствующих точках

Система совершает сложное движение переносное движение всей системы и относительное движение каждого звена относительно точки вращения.

Для построения рычага Жуковского первоначально необходимо по исходным данным построить план положения механизма т.е., схему механизма в масштабе.

Выбрать приемлемую точку за полюс плана скоростей и на основании векторных уравнений каждого звена построить векторы скоростей звеньев повернув предварительно их на 90°.

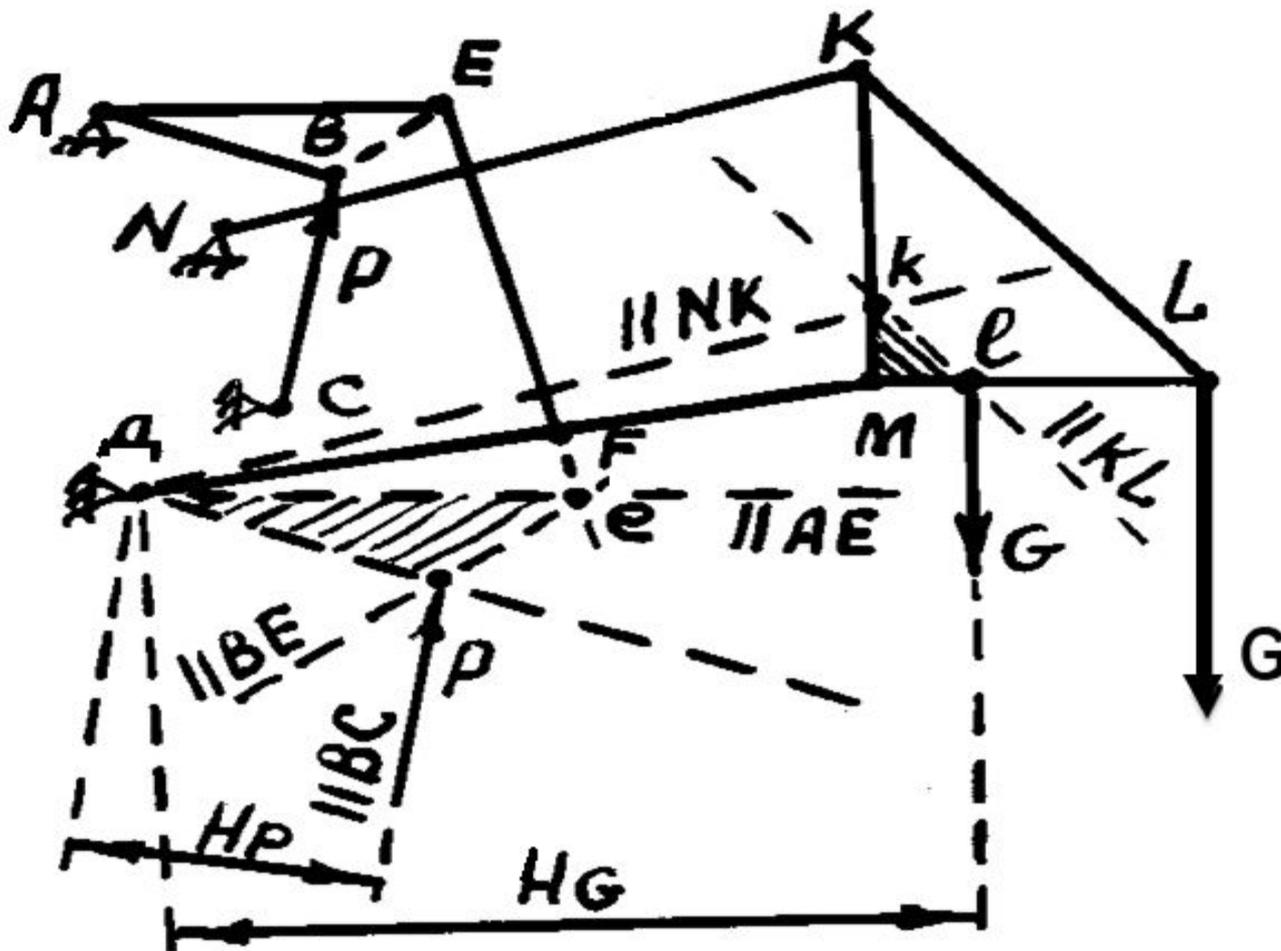
Определив точку приложения сил перенести их с плана положения на построенный план скоростей в соответствующие точки, что и представляет собой рычаг Жуковского.

Составление векторных уравнений звеньев

$$V_0 = V_{\text{пер.}} + V_{\text{от.}}$$

Составленные векторные уравнения решаются графическим методом.

Расчет усилия работы механизма навески с применением теоремы о жёстком рычаге Жуковского



$$\underline{P \cdot H_p = G \cdot H_G}$$

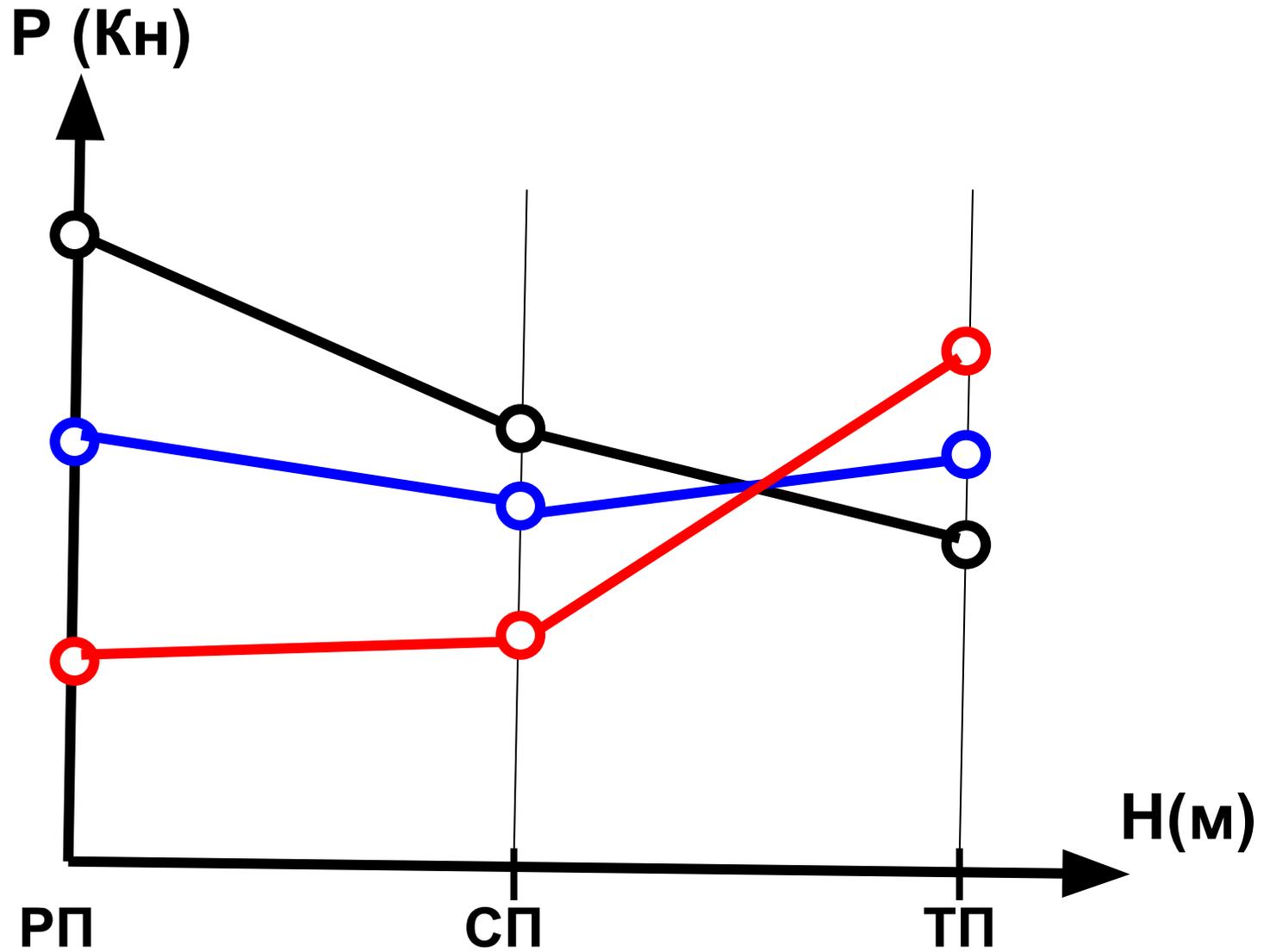
$$P = G \cdot H_G / H_p$$

$$Q = P / S_{\pi}$$

$$t = V_{ц} / W_{н}$$

P – усилие в штоке гидроцилиндра; **G** – сила тяжести орудия(машины)

Возникающие варианты $P = f(H)$



Деформация почвы рабочими органами

Вы будете знать

**Работу зубьев, лап, дисков по деформации
почвы**

Деформация почвы рабочими органами

Вы будете уметь

1 Определять высоту необработанных гребней почвы по дну борозды (оценка качества обработки)

2 Определять степень неравномерности обработки почвы различными рабочими органами

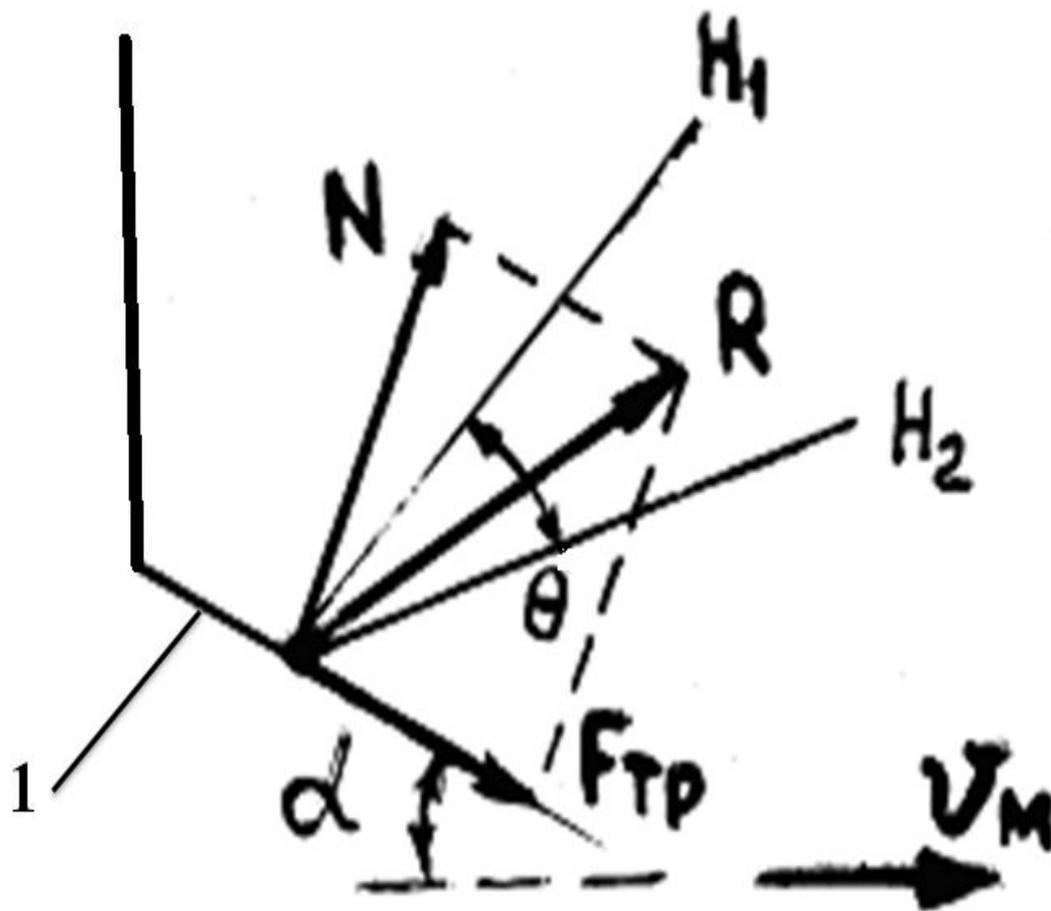
Деформация почвы рабочими органами

Вы будете иметь представление

- 1 О схеме деформации почвы
- 2 О максимальной высоте гребней необработанной части почвы по дну борозды
- 3 О максимальном значении степени неравномерности обработки почвы

Деформация почвы рабочими органами

Общая схема деформации почвы обладающей пластичностью

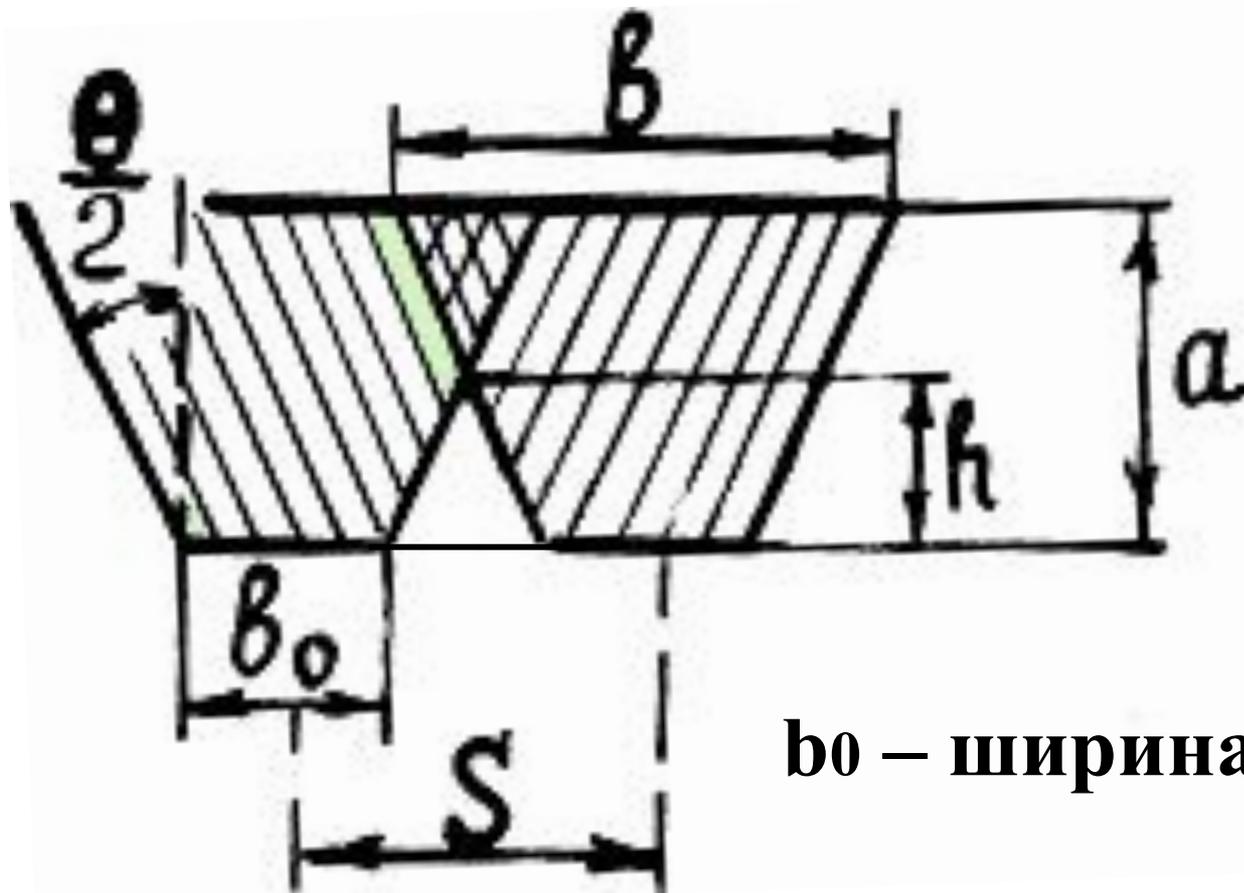


Θ – угол скалывания

1 – рабочий орган

$$\Theta = 40 \dots 50^\circ$$

Деформация почвы рыхлительными лапами

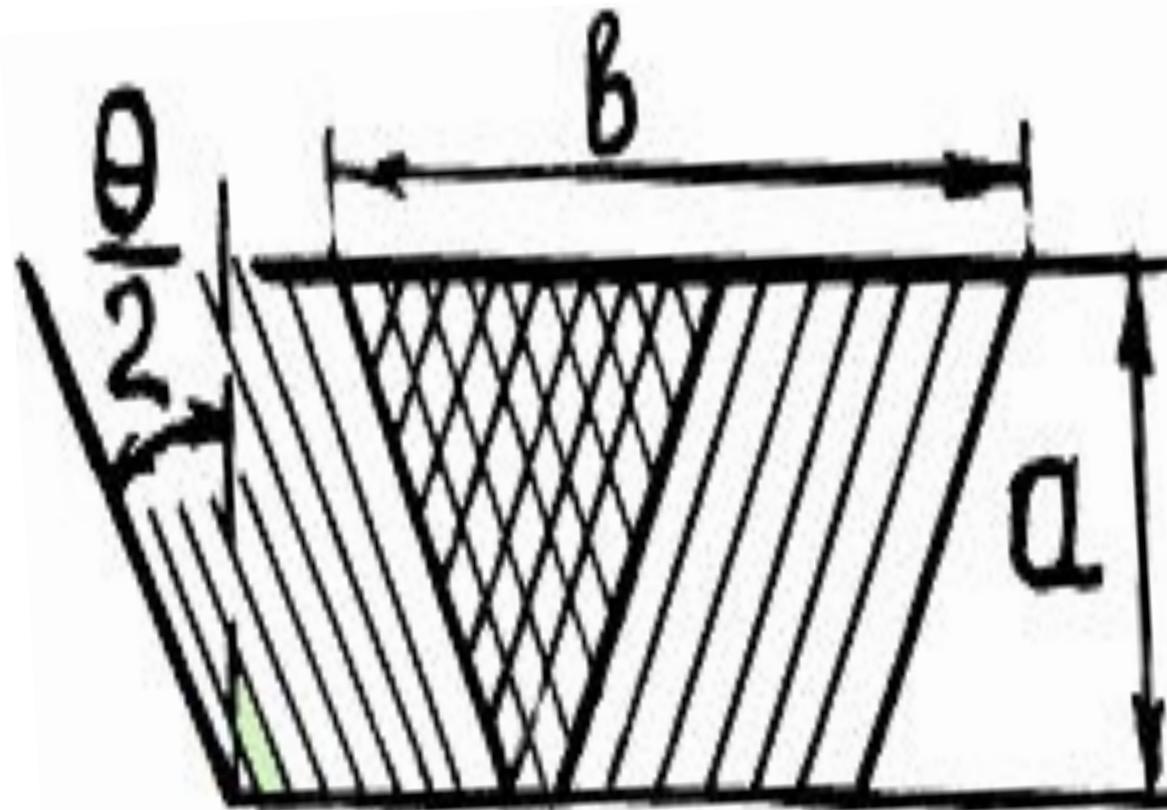


b_0 – ширина лапы

$$b = b_0 + 2a \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}$$

$$h = \frac{1}{2} (S - b_0) \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}$$

Деформация почвы стрелчатymi лапами

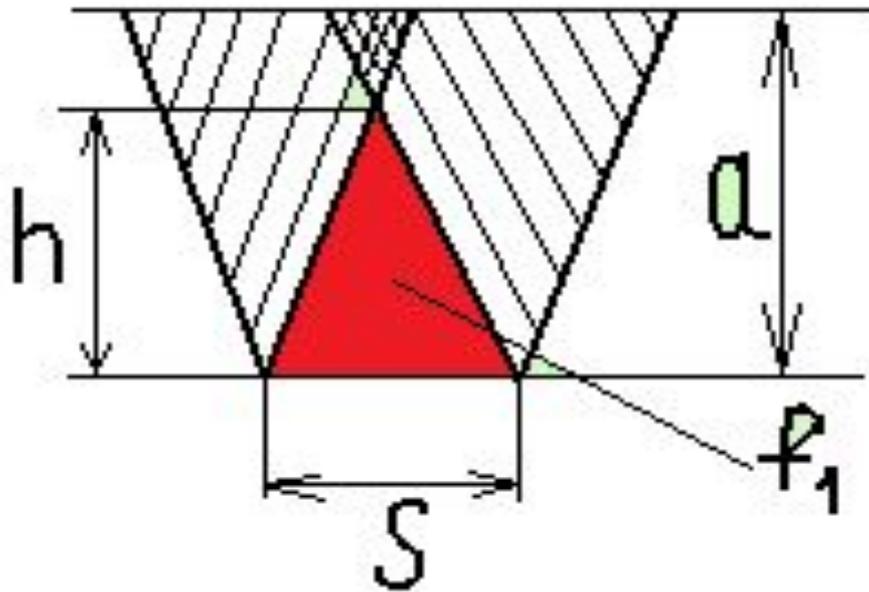


a – глубина обработки

b – обработанная зона

Степень неравномерности обработки почвы

Зубьями борон



$$F = aS$$

$$F_1 = F - f_1$$

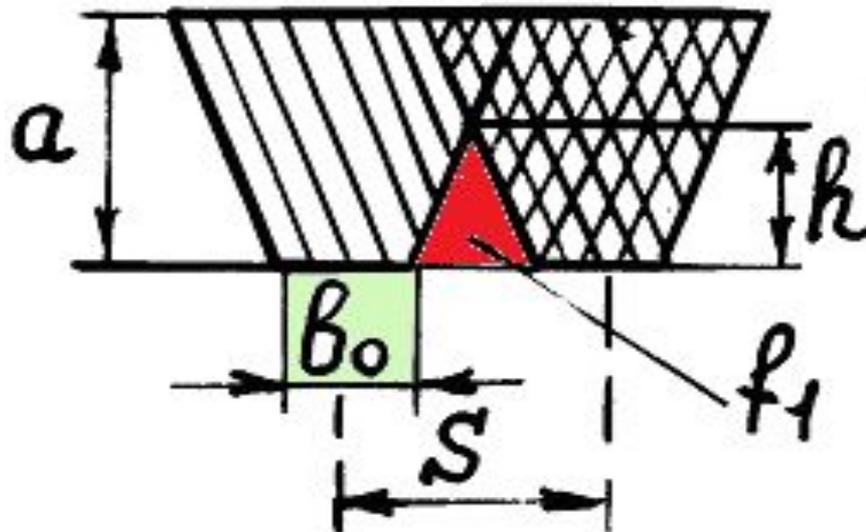
$$f_1 = Sh/2$$

$$F_1 = aS - Sh/2 = S(a - h/2)$$

$$\eta = \frac{F_1}{F} = \frac{S(a - h/2)}{aS} = 1 - \frac{h}{2a}$$

Степень неравномерности обработки почвы

Рыхлительными лапами



$$F = aS \quad F_1 = F - f_1$$

$$f_1 = Sh/2$$

$$F_1 = aS - (S - b_0)h/2 = S(a - h/2)$$

$$\eta = \frac{aS - \frac{1}{2}(S - b_0)h}{aS} = 1 - \frac{(S - b_0)h}{2aS}$$

Теория дисковых орудий

Вы будете знать

- Установку дисковых рабочих органов на различных почвообрабатывающих машинах**
- Виды деформаций почвы дисковыми рабочими органами**
- Силы действующие на дисковый рабочий орган**
- Влияние конструктивных и установочных параметров на заглубление дисков**

Теория дисковых орудий

Вы будете уметь

-Рассчитывать параметры дисков в зависимости от заданных условий обработки почвы

-Рассчитывать степень неравномерности обработки почвы от конструктивных и технологических параметров дисковых рабочих органов

Теория дисковых орудий

Вы будете иметь представление

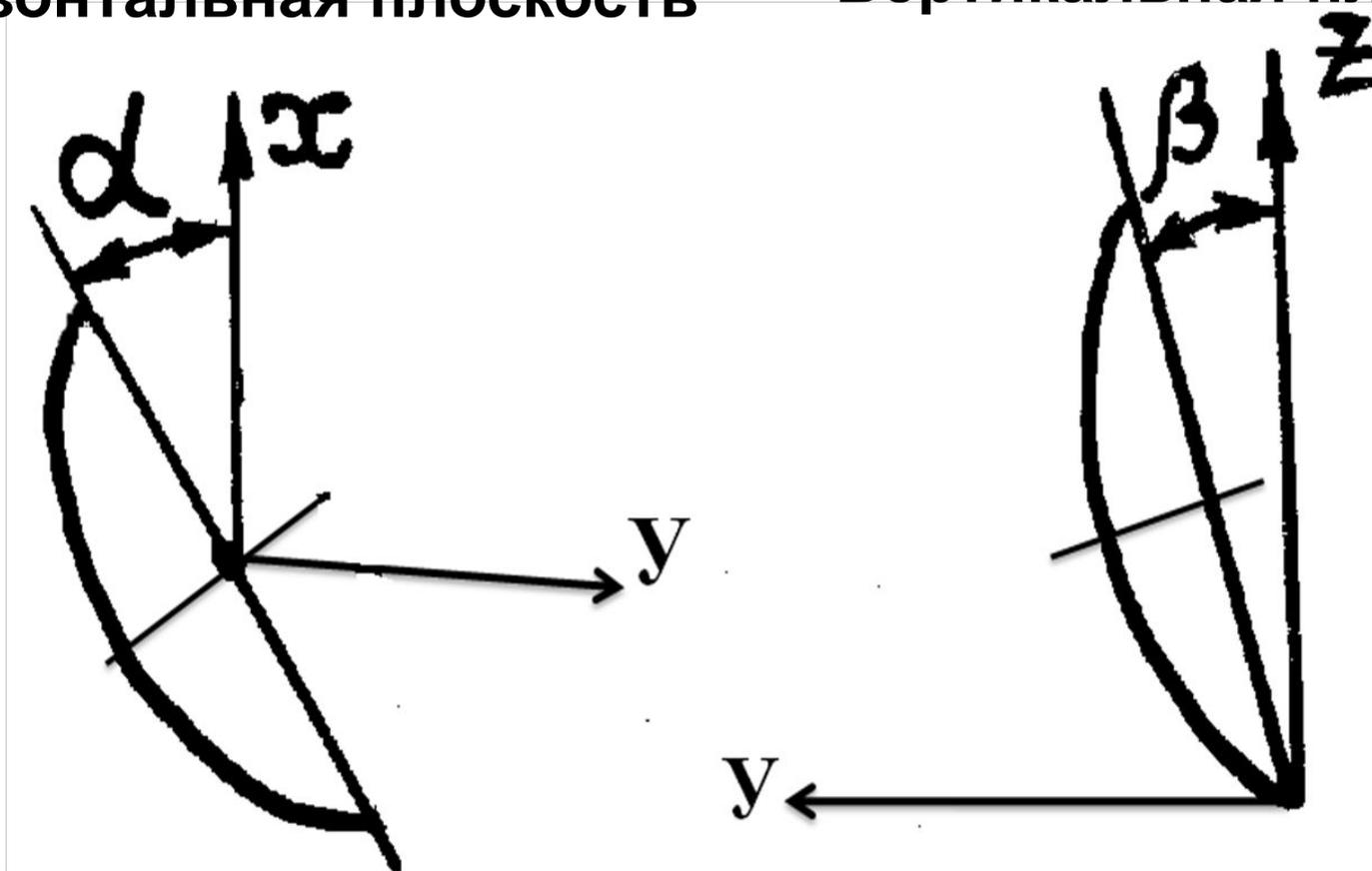
- Об особенностях применения прямых и сферических дисков**
- О максимальном значении степени неравномерности обработки почвы**
- О степени крошения почвы в зависимости от конструктивных и технологических параметров дисков**

Теория дисковых орудий

Варианты установки дисков

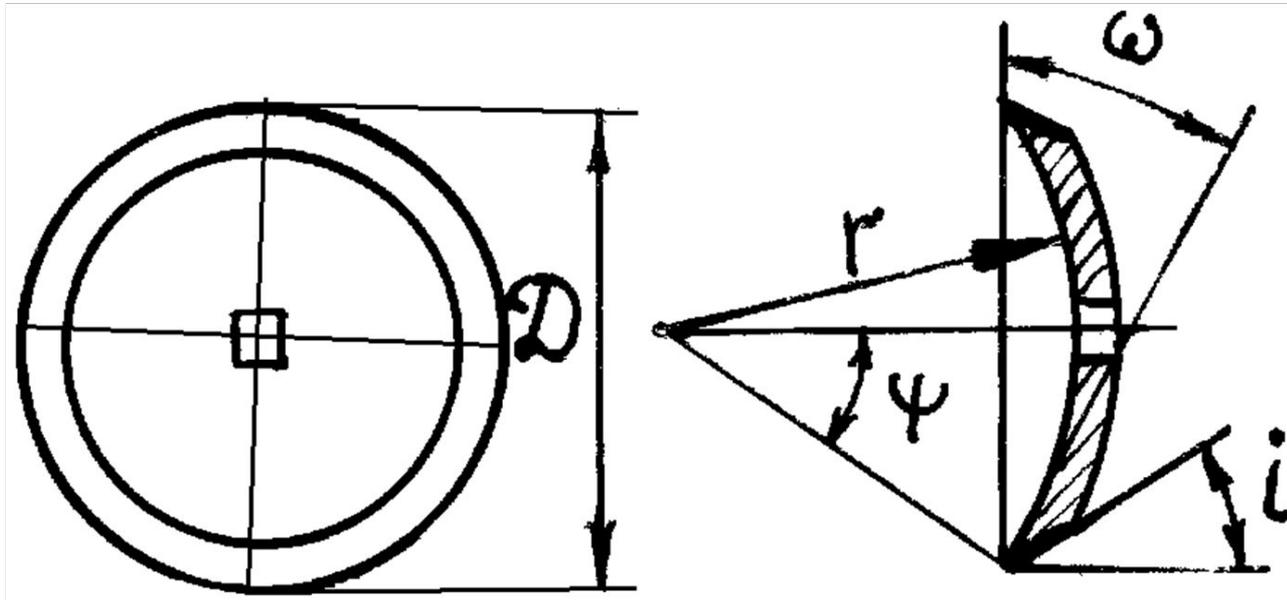
Горизонтальная плоскость

Вертикальная плоскость



Теория дисковых орудий

Конструктивные параметры



$D = 2r \cdot \sin\psi$ - по радиусу сферы

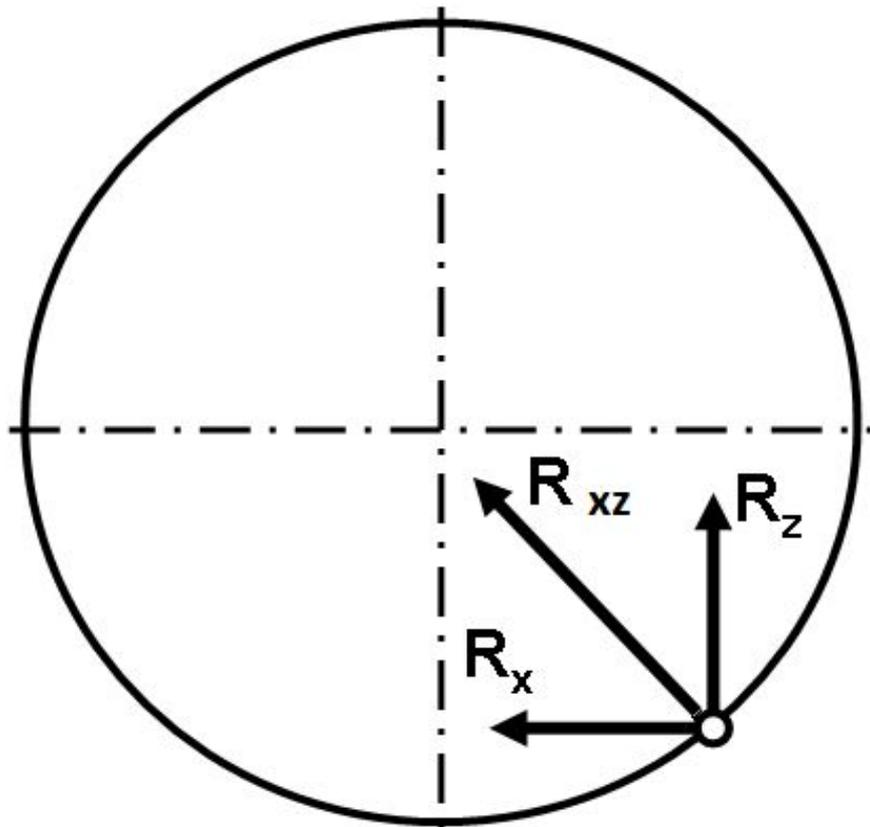
$D = k a$ – по глубине обработки

$k=3...4$ – для плугов; $k = 4...6$ – для борон;

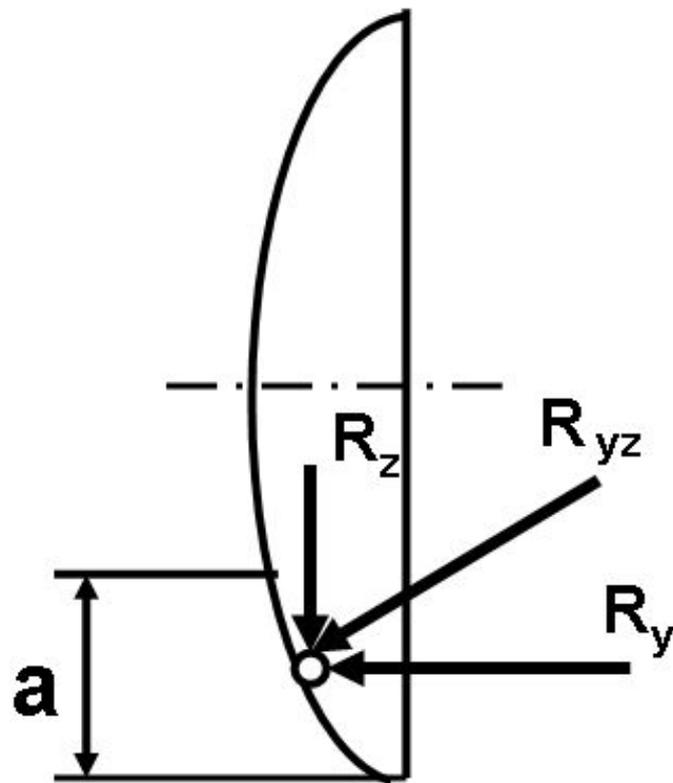
$k = 6...8$ – для луцильников

Силы действующие на диск со сферической рабочей поверхностью

Продольно-вертикальная плоскость



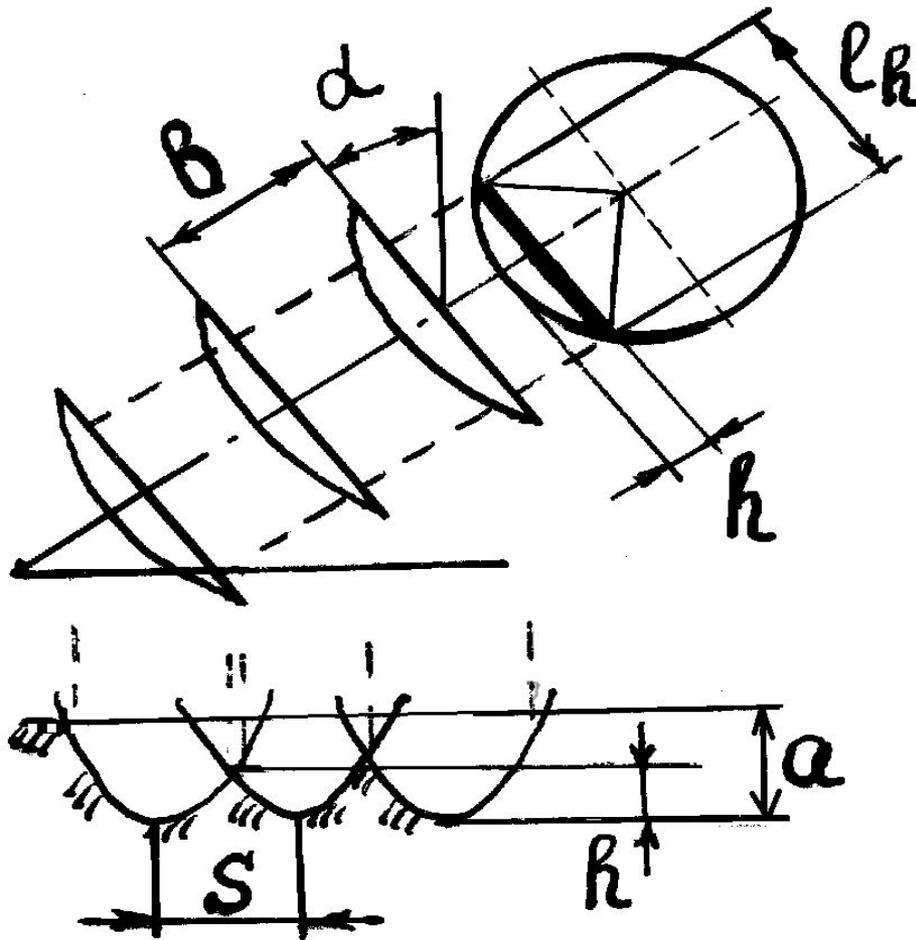
Поперечно-вертикальная плоскость



a – глубина обработки

Теория дисковых орудий

Схема работы

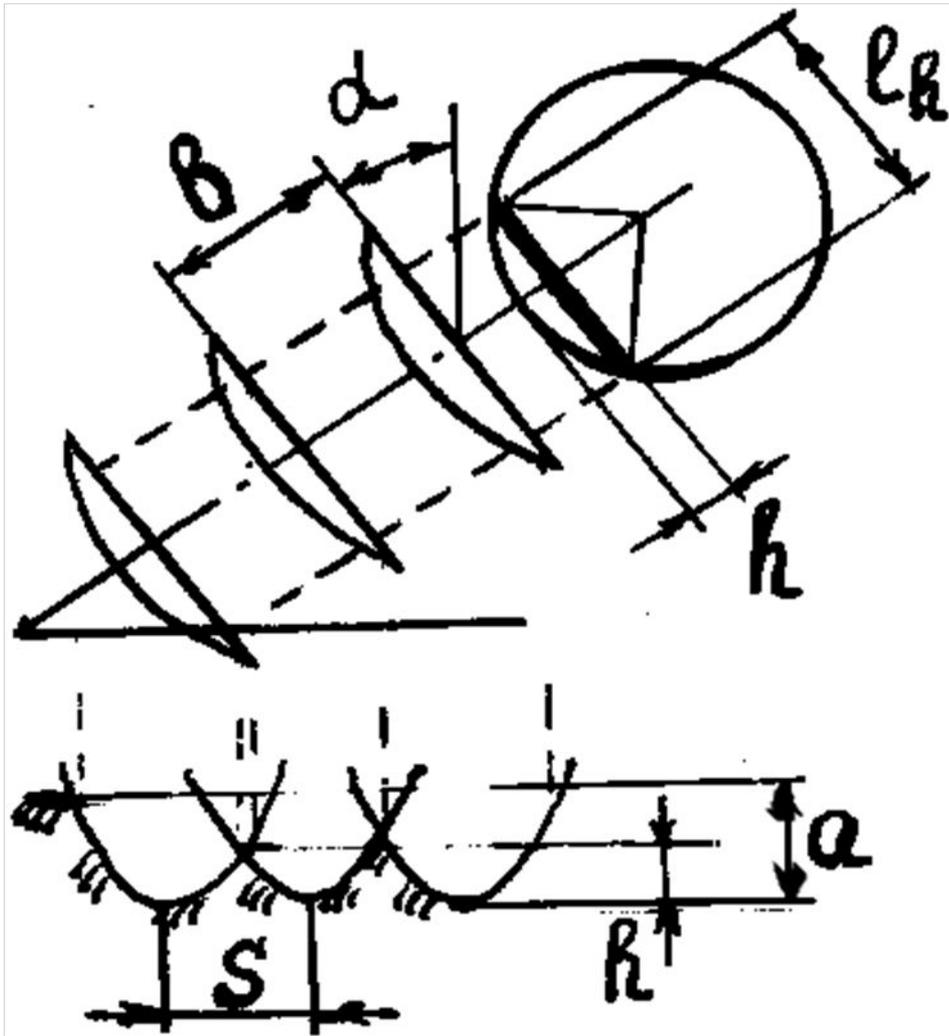


a - глубина обработки; h – высота необработанного гребня

α - угол атаки

Теория дисковых орудий

Схема работы



$$S = b \cdot \cos \alpha = \\ = l_h \cdot \sin \alpha$$

$$l_h = b / \operatorname{tg} \alpha$$

$$a \uparrow = f(D \uparrow, b \uparrow, \alpha \uparrow, G \uparrow, V \downarrow, \delta \downarrow, r \downarrow)$$

Теория дисковых орудий

Степень неравномерности обработки

$$F = aS \qquad F_1 = aS - f_1$$
$$f_1 = hs / 2$$

$$\eta = \frac{aS - hS / 2}{aS} = 1 - \frac{h}{2a}$$

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - b^2 \operatorname{ctg} \alpha}}{2}$$

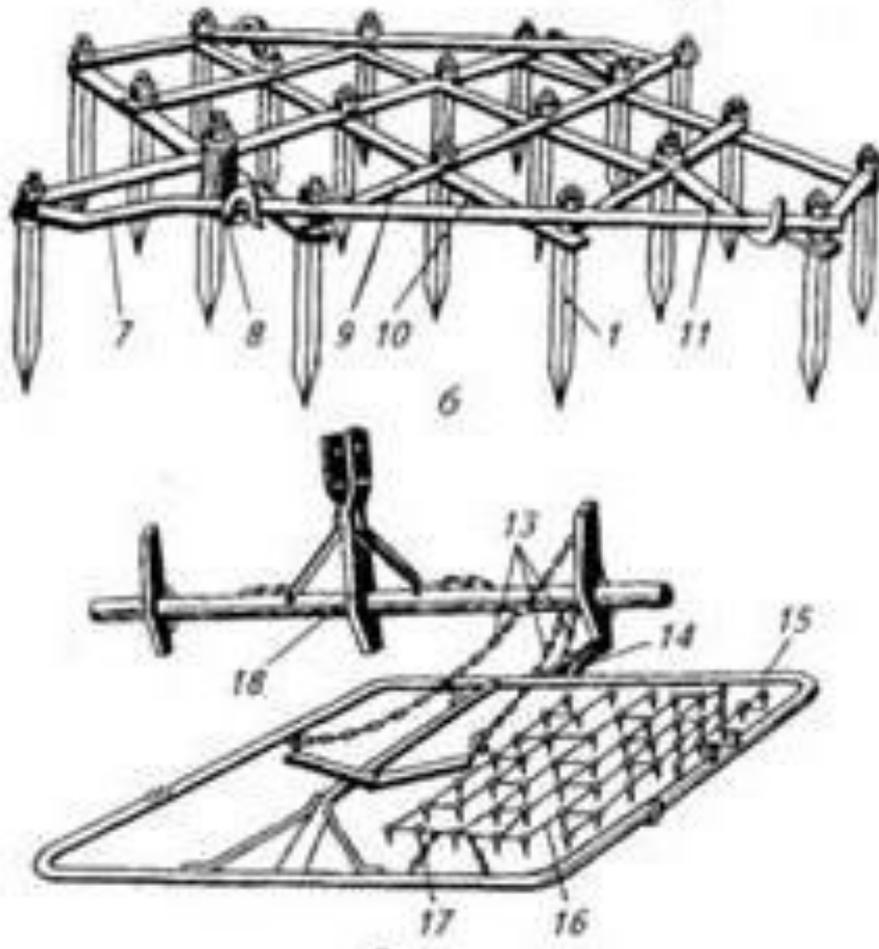
Заключение

Всё рассмотренное выше в полной мере относится к вопросу теоретического обоснования влияния технического состояния рабочих органов почвообрабатывающих машин на процесс подготовки, регулировки и их настройки на оптимальный режим функционирования.

Зубовые бороны

Предназначены для крошения и рыхления верхнего слоя почвы, разрушения почвенной корки и комьев, выравнивания поверхности поля, заделки семян и удобрений, уничтожения сорняков.

Рабочим органом зубовой бороны является зуб различной формы в сечении



б - общий вид бороны БЗТС-1,
г - общий вид сетчатой бороны
БСО-4;
7, 9, 10- планки, 8- крюк;
11- прицепное устройство;
12- рамка звена, 13, 17- цепи,
14 - тяга; 15- рамка бороны,
16- сетчатое полотно; 18- навеска
НУБ-4,8; 19- зубья, 20- пружина;
21 -планка прицепа; 22 -диск

Общий вид бороны типа «зигзаг»

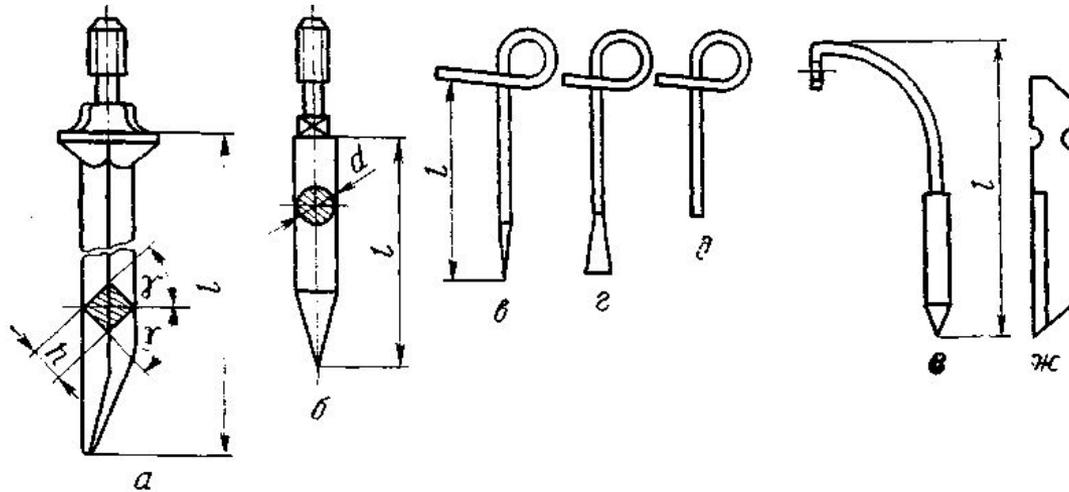


Рисунок 5.2 – Звено зубовой бороны типа «зигзаг»

Основные требования к размещению зубьев звена зубовой бороны:

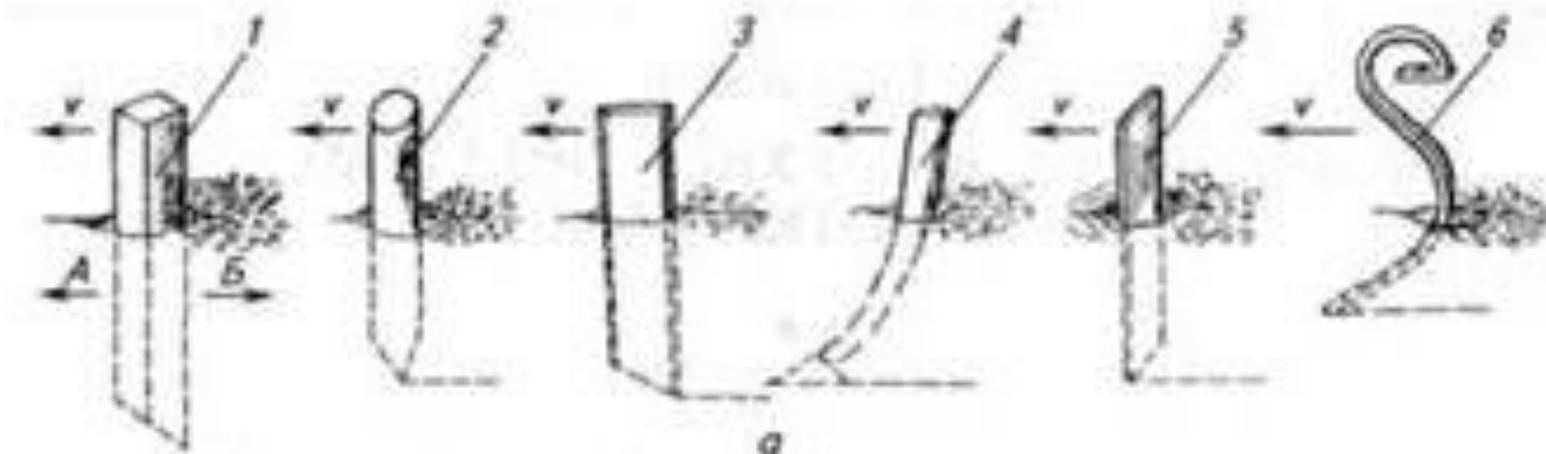
- 1 – каждый зуб должен прокладывать свою бороздку;**
- 2 – расстояния между следами зубьев должны быть равны**

Зубья борон



а - квадратного сечения; **б** - круглого сечения; **в, г, д** - зубья сетчатых борон; **е** - пружинный зуб прополочной бороны; **ж** - ножевидный зуб луговой бороны.

Процесс работы зубьев



Исходные данные:

a – ширина междурядья; M – количество поперечных планок; N
– количество продольных планок; K – количество ходов основного винта;
 h – расстояние между поперечными планками;
 q – нагрузка на 1 зуб; P_0 – тяговое сопротивление 1 зуба; l – длина 1 зуба.

Приведенные выше требования к положению зубьев могут быть выполнены при размещении их на развертке многоходового винта (основного и дополнительного) в точках пересечения винтовых линий с образующими цилиндра, расположенными на одинаковом расстоянии друг от друга. Для построения зубового поля необходимо следующие параметры:

$$\text{Шаг винта } \mathbf{b = M a}; \quad (5.1)$$

$$\text{Ход основного винта } \mathbf{t = b k}; \quad (5.2)$$

$$\text{Число ходов дополнительного винта } \mathbf{k_1 = M - k}; \quad (5.3)$$

$$\text{Ход дополнительного винта } \mathbf{t_1 = b k_1}; \quad (5.4)$$

Образующие 1-1, 2-2 и т.д. в количестве $(M+1)$, расположив их на расстоянии h друг от друга (рисунок 5.3).

На образующей 1-1 отложить отрезки $\mathbf{AB = t}$ и $\mathbf{BC = t_1}$, разделив их на соответствующее количество частей, равных b .

Из точки В восстановить перпендикуляр ВД в точку Д пересечения его с образующей 1' – 1' и соединить точку Д с точками А и С. Прямые АД и СД представляют развертку винтовых линий основного и дополнительного винтов. Вправо и влево от точки Д провести ряд наклонных прямых, параллельных АД и СД и удаленных друг от друга на расстоянии b . Общая ширина зубового поля при этом должна быть не менее $(N+1)$. Зубовое поле, построенное на $M+1$ образующих, представляет полную развертку винта, в которой верхняя образующая 1' - 1' повторяет 1 – 1. Поэтому M планок должны быть расположены на M образующих.

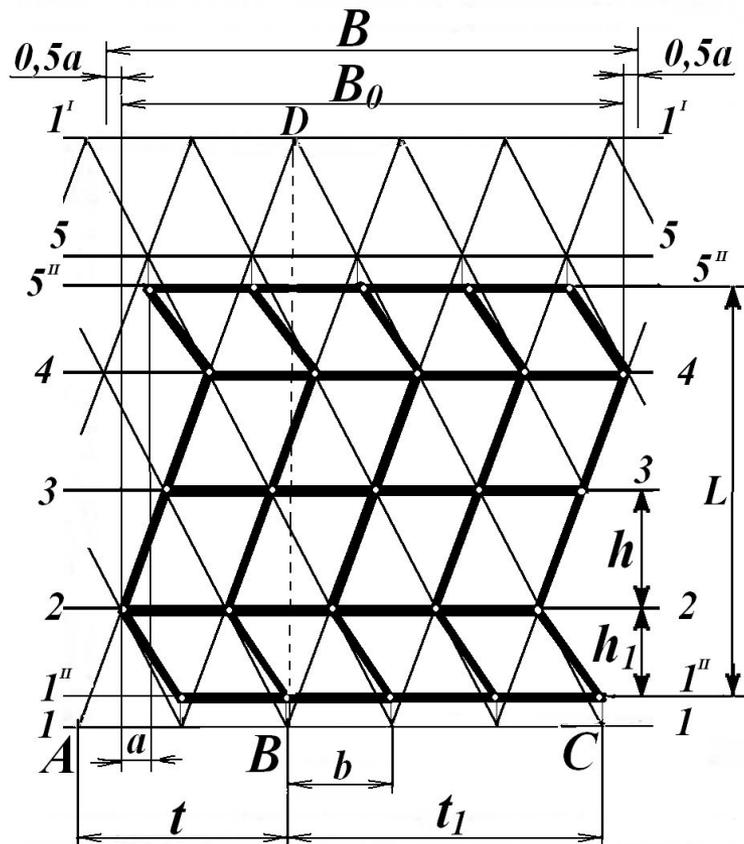


Рисунок 5.3 – Схема размещения зубьев

Конструктивную ширину захвата звена определится по зависимости

$$B_o = (Z - 1) \cdot a$$

Где $Z = MN$ - число зубьев

Технологическая ширина захвата (B) звена бороны составит

$$B = B_o + a$$

Длина (L) звена бороны

$$L = \frac{h + h_1}{2} (M - 1)$$

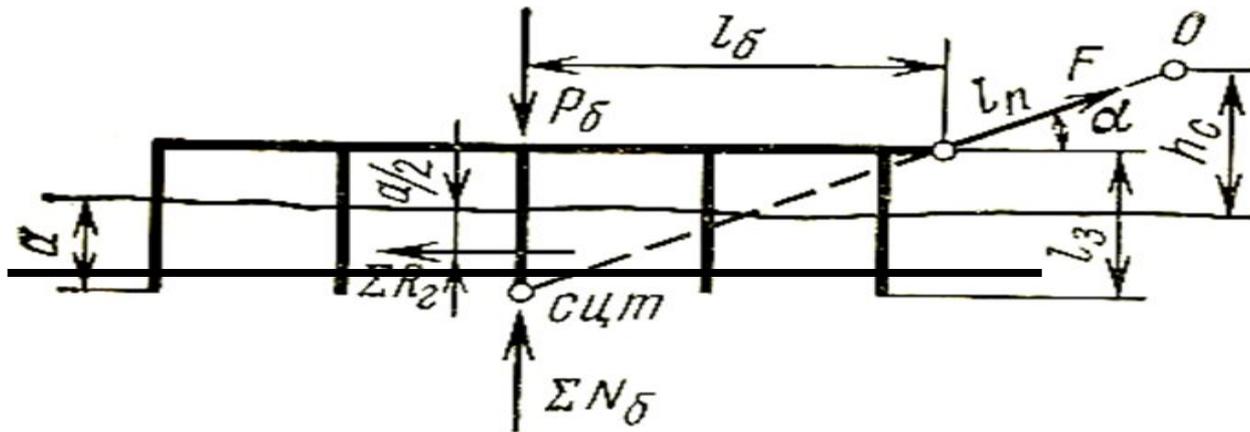
Условие равновесия звена зубовой бороны

Для равномерной обработки почвы необходимо обеспечить условие равновесия звена и устойчивый его ход

Для равновесия звена а следовательно устойчивого его хода необходимо, чтобы линия тяги проходила через след центра тяжести звена бороны

Это условие обеспечивается при

$$\alpha = \text{arctg} (l_3 / l_6)$$



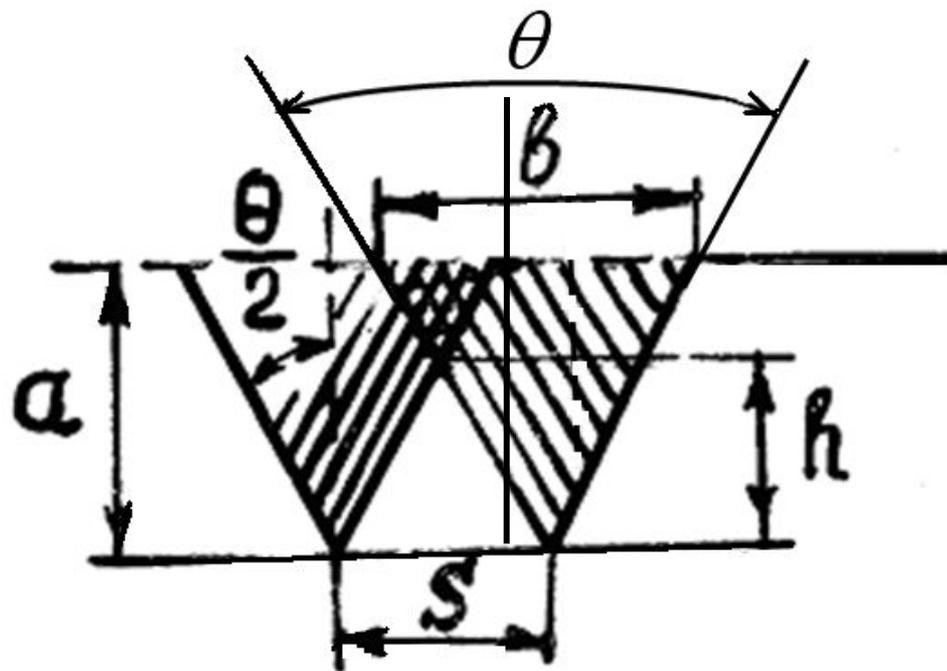
$\alpha = \text{arctg} (l_3 / l_6)$ – условие равновесия звена (равномерная обработка)

Требуемая нагрузка на зуб будет обеспечена при массе звена бороны

$$G = q \cdot z + P_0 \cdot z \cdot \text{tg} \alpha$$

Деформация почвы зубьями бороны в поперечно-вертикальной плоскости

$\theta = 40 \dots 50^\circ$ - угол скалывания
почвы



h – высота гребня

a – глубина обработки

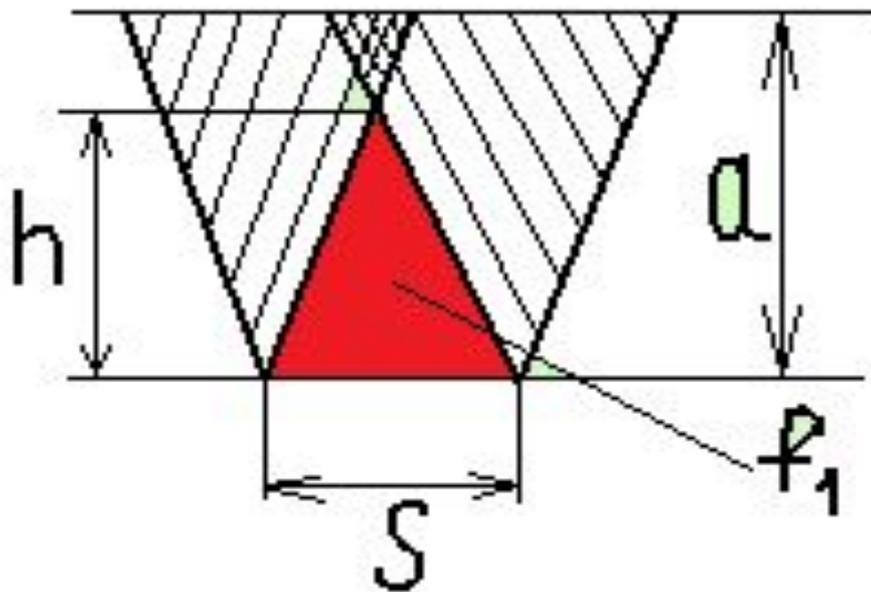
S – расстояние между
соседними зубьями

$$b = 2a \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$$

$$h = \frac{1}{2} S \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}$$

Степень неравномерности обработки почвы

Зубьями борон



$$F = aS$$

$$F_1 = F - f_1$$

$$f_1 = Sh/2$$

$$r_1 = aS - Sh/2 = S(a - h/2)$$

$$\eta = \frac{F_1}{F} = \frac{S(a - h/2)}{aS} = 1 - \frac{h}{2a}$$

Спасибо за внимание