

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Инженерно-технологический институт

Кафедра технических систем в агробизнесе, природообустройстве  
и дорожном строительстве

**Кузнецов В.В.**

# **Сельскохозяйственные машины**

**Сборник лекций по дисциплине**

*Часть 1*

Методическое пособие для студентов вузов очного и заочного обучения  
по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия,  
профили образовательной программы «Технические системы  
в агробизнесе», «Технический сервис в АПК»

Брянск 2018

УДК 631.3 (076)  
ББК 40.72  
К 89

Кузнецов, В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник лекций по дисциплине: методическое пособие. Ч. 1 / В.В. Кузнецов. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. – 145 с.

Учебное пособие состоит из шести частей. Первая часть состоит из шести лекций, вторая – из восьми, третья – из шести, четвёртая – из шести, пятая – из девяти, шестая – из семи.

В лекциях приведены: сведения о федеральной системе технологий и машин для растениеводства; передовой отечественный и зарубежный опыт применения машинных технологий и средств механизации в растениеводстве; основные направления и тенденции развития научно-технического прогресса в области сельскохозяйственной техники; назначение, устройство, технологические и рабочие процессы, регулировки сельскохозяйственных и мелиоративных машин, их достоинства и недостатки; методы обоснования и расчета основных параметров и режимов работы сельскохозяйственных машин, агрегатов и комплексов; особенности механизации процессов растениеводства в условиях рыночной экономики.

Приведенные в лекциях сведения формируют знания студентов по компетенциям, предусмотренным рабочей программой дисциплины «Сельскохозяйственные машины».

Рецензент: доцент кафедры технического сервиса,  
к.т.н., доцент Будко С.И.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института от 21.02.2018 года, протокол № 7.

© Брянский ГАУ, 2018  
© Кузнецов В.В., 2018

## Содержание

Введение.....	4
Лекция 1. Общие сведения. Система сельскохозяйственных машин.	5
Лекция 2. Технологические свойства почвы как объекта механизированной обработки. Основы теории взаимодействия клина с почвой.....	12
Лекция 3. Орудия для основной обработки почвы.....	53
Лекция 4. Импортные машины и орудия для основной обработки почвы.....	68
Лекция 5. Орудия для поверхностной обработки почвы.....	95
Лекция 6. Особенности конструкций импортных орудий для поверхностной обработки почвы.....	110
Список литературы.....	142

## Введение

В последние годы в России и за рубежом при возделывании и уборке сельскохозяйственных культур все шире внедряются ресурсосберегающие и инновационные технологии, для которых нужна техника нового поколения.

В многочисленных публикациях и рекламных материалах, в электронных ресурсах приводятся характеристики современных технических средств для реализации инновационных технологий в растениеводстве. Современные образцы машин представляются на ежегодных международных выставках, по которым публикуются аналитические обзоры.

Однако, информация носит, как правило, фрагментарный характер и не даёт системных знаний по всем компетенциям, отнесенным рабочей программой обучения студентов дисциплине «Сельскохозяйственные машины» по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия, профили образовательной программы «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК». Такая систематизация представлена в настоящем курсе лекций из шести частей.

## **Лекция 1. Общие сведения. Система сельскохозяйственных машин**

Вопросы:

- 1 Структура и классификация машин.
- 2 Система сельскохозяйственных машин.
- 3 Системы обработки почвы.
- 4 Основные операции механической обработки почвы.
- 5 Классификация обработок почвы

### **1 Структура и классификация машин**

В современном производстве продукции растениеводства широко используются машинные технологии.

Под технологией в сельскохозяйственном производстве понимают систему производства, хранения, переработки, реализации продукции с конкретными количественными и качественными показателями при наименьших затратах труда, средств и энергии. В зависимости от наличия в хозяйстве средств производства применяются следующие технологии:

- экстенсивные; (Использование естественного плодородия почвы, без внесения удобрений).
- нормальные; (Применение удобрений в объемах, обеспечивающих поддержания уровня плодородия почвы и предотвращение ее деградации).
- интенсивные; (Обеспечивают оптимальный уровень минерального питания растений и применение химических средств защиты растений от вредителей, болезней, сорняков и полегания).
- высокоинтенсивные. (Дополнительно: качественная предпосевная обработка почвы комбинированными орудиями; посев семян на одинаковую глубину сеялками точного высева; адекватная система ухода за посевами с применением прецизионных опрыскивателей; уборка урожая

высокопроизводительными техническими средствами с минимальными потерями и безотходная послеуборочная обработка урожая).

Для реализации технологии составляют комплекс машин, включающий в себя энергетические, технологические, транспортные, погрузочные, контрольно-управляющие и информационные машины.

Сельскохозяйственные машины относятся к группе технологических машин. Они созданы человеком с целью облегчения и увеличения производительности труда при возделывании сельскохозяйственных культур.

В любой машине можно различить три основных части:

- двигатель;
- передаточный механизм;
- рабочие органы, которые воздействуют на объект обработки (почву, удобрение, семена, растения и т.д.).

По степени подвижности при обработке материала машины различают:

- мобильные;
- стационарные;
- передвижные;
- переносные.

По способу агрегатирования (соединения) с силовой установкой (трактором) машины различают:

- прицепные;
- полунавесные;
- навесные;
- монтируемые;
- самоходные мобильные.

История развития СХМ тесно связана с зарождением и развитием земледелия и техники. Различают несколько этапов развития с.х. техники:

- внедрение простейших орудий труда, приводимых в движение мускульной силой человека (мотыга, серп, коса, веялка и т. д.).

- изобретение орудий и машин, приводимых в движение животными (плуг, борона, культиватор, косилка, жатка-самосброска, жнея-молотилка и т. д.).

- механизация, связанная с использованием отдельных машин, приводимых в движение механической энергией д.в.с. Начало этому этапу положило изобретение и массовое производство тракторов (начало 20-го в.) и тракторных СХМ: (многокорпусный плуг, культиватор, сеялка, зерно- и кормоуборочный комбайн и т.д.).

- комплексная механизация - связана с применением комплексов машин, обеспечивающих выполнение основных технологических процессов, включенных в технологию, без применения ручного труда;

- индустриализация - предусматривает применение поточных безотходных технологий, комплексную механизацию, автоматизацию и компьютеризацию процессов и машин.

#### *Роль специалистов.*

Агрономы, экономисты, инженеры и др. специалисты должны иметь необходимые знания о СХМ, с тем, чтобы выбирать на рынке экономически эффективные образцы техники, составлять из них комплексы для реализации запланированных технологий и организовывать эффективное их использование.

Поэтому каждый студент высшего учебного заведения – будущий руководитель механизированного хозяйства должен изучить назначение, устройство, технологический процесс и особенности применения СХМ. Специалисты агрономической службы, кроме того, должны приобрести также практические навыки по регулировке и подготовке машин к работе.

## **2 Система сельскохозяйственных машин**

Под системой СХМ подразумевается комплекс машин применяемых в сельском хозяйстве. Прежде всего следует отметить следующие классы машин.

### **1. Орудия для основной обработки почвы.**

2. Орудия для поверхностной обработки почвы.
3. Машины для внесения удобрений.
4. Машины для посева и посадки с.-х. культур.
5. Машины для ухода за посевами.
6. Машины для защиты растений.
7. Машины для заготовки кормов.
8. Машины для уборки зерновых культур.
9. Машины для очистки и сортировки зерна.
10. Зерносушилки, агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна.
11. Машина для уборки и послеуборочной доработки картофеля.
12. Машины для возделывания и уборки сахарной свеклы.
13. Машины для возделывания и уборки льна.
14. Машины для возделывания и уборки овощных культур.
15. Машины для садов и виноградников.
16. Машины для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства.
17. Малогабаритная техника и средства малой механизации.
18. Машины для орошения.
19. Мелиоративные машины.

### **3 Системы обработки почвы**

*Системы обработки почвы* – это совокупность научно обоснованных приемов обработки почвы под культуры в севообороте.

Отвальная система предусматривает оборот почвенного пласта, что обеспечивает заделку пожнивных остатков, семян сорняков и возбудителей болезней в нижние слои пахотного горизонта. Такую систему широко применяют в районах достаточного и избыточного увлажнения.

*Безотвальная система* исключает оборот почвенного пласта: его заменяют глубоким рыхлением с сохранением стерни, защищающей почву от ветровой эрозии. Эту систему обработки применяют в степных районах, где проявляются эрозионные процессы, а также в районах с недостаточным увлажнением.

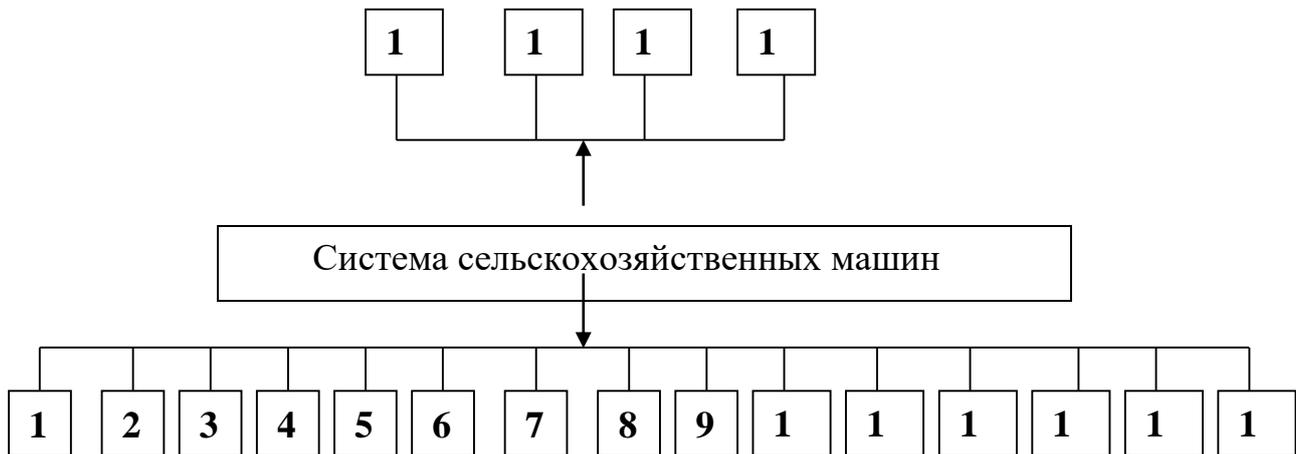


Рисунок 1.1 – Схема классификации сельскохозяйственных машин

*Ярусная система* сопровождается дифференцированной обработкой верхнего, среднего и нижнего слоев почвы, имеющих явно выраженное ярусное строение.

В зависимости от числа обработок различают:

*Интенсивную систему*, включающую несколько технологических процессов при подготовке почвы к посеву, сопровождающую многократными проходами агрегатов, уплотнением и рыхлением почвы.

*Минимальная система* предусматривает сокращение количества обработок и их глубины, совмещая и одновременно выполняя несколько технологических процессов за один проход агрегата.

В некоторых случаях обрабатывают не всю поверхность поля, а только узкие полосы, в которые затем высеваются семена. Такая обработка называется *нулевой*.

Обработка почвы с образованием на поверхности пашни водозадерживающего микрорельефа (лунок, борозд и т.д.) называется *противоэрозийной*.

Обработка почвы, сопровождаемая покрытием ее поверхности остатками возделываемых растений, называется *мульчирующей*.

#### 4 Основные операции механической обработки почвы

Основные операции механической обработки почвы схематически изображены на рисунке 2.

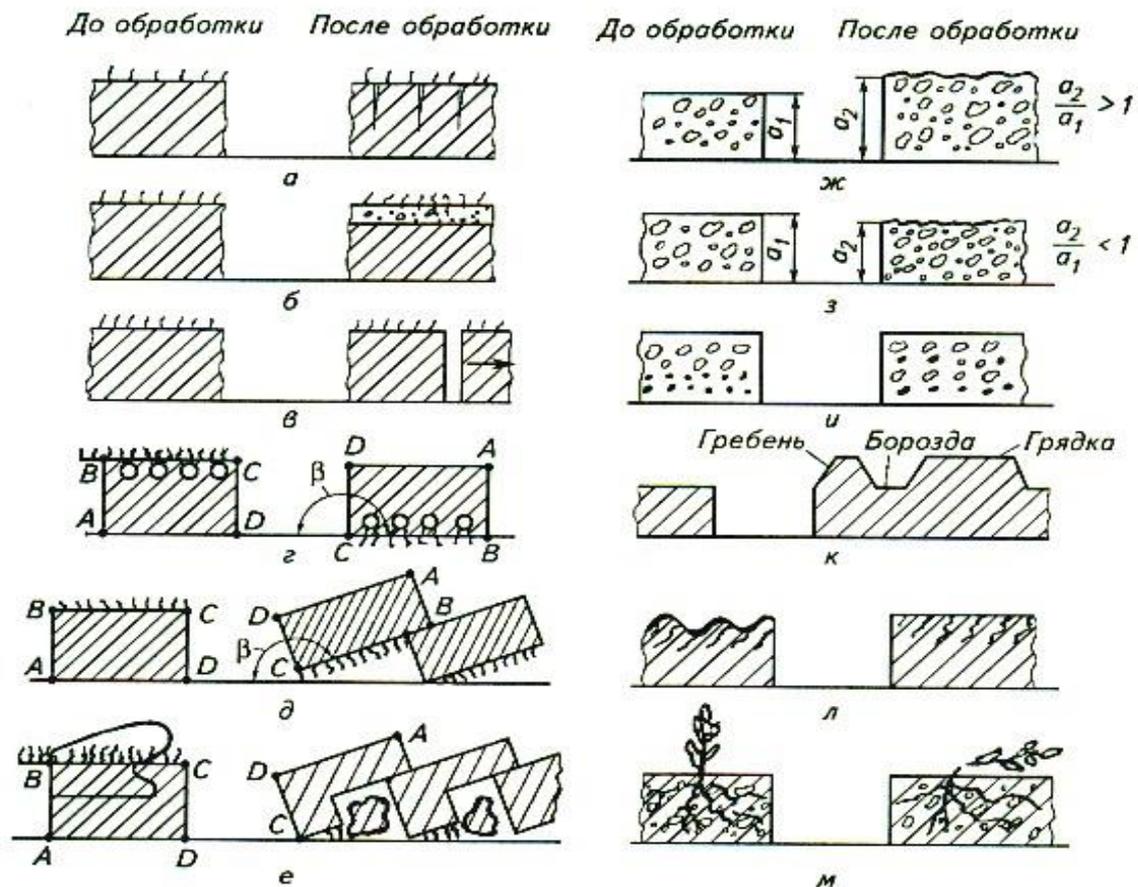


Рисунок 1.2 – Схемы обработки почвы

Резание почвы ножами - происходит в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскости.

Отделение пласта от почвенного массива - происходит после его

отрезания (вырезания) в горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскостях. **Оборот пласта** – переворачивание на  $180^{\circ}$  с укладкой в собственную или соседнюю борозду. **Взмет** - оборот пласта на угол до  $135^{\circ}$ . **Культурная вспашка** – оборот пласта, у которого предварительно срезают часть верхнего задернелого слоя и сбрасывают на дно борозды. (Применяют предплужники или углоснимы). **Рыхление** – изменение размеров почвенных комков и расстояния между ними, в результате чего улучшаются водо- и воздухопроницаемость почвы, а также ее биологическая активность. ( $a_2/a_1 > 1$ ). **Уплотнение** – процесс обратный рыхлению при котором увеличивается капиллярность почвы и уменьшается ее общая скважность ( $a_2/a_1 < 1$ ). **Перемешивание** – предусматривает изменение взаимного расположения частиц почвы, пожнивных остатков, удобрений и микроэлементов. Почва становится однородной.

**Нарезание борозд, гребней, гряд; выравнивание** – происходит в результате перемещения почвы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. **Подрезание сорняков** – это уничтожение их путем перерезания или разрыва корней и стеблей.

## **5 Классификация обработок почвы**

В зависимости от глубины хода рабочих органов различают:

- **Основная обработка** – обычно первая, наиболее глубокая (20....35 см) обработка почвы после уборки предшествующих культур. Ее проводят плугом с оборотом (или без оборота) и последующим рыхлением почвенного пласта.

- **Поверхностная обработка** – проводится на глубину до 16 см. перед посевом, во время посева или при уходе за парами, а также после вспашки.

- **Глубокая обработка** – это специальная обработка почвы на глубину  $> 24$  см. для углубления пахотного слоя и предотвращения водной эрозии.

## **Лекция 2. Технологические свойства почвы как объекта механизированной обработки. Основы теории взаимодействия клина с почвой**

Вопросы:

- 1 Технологические свойства почвы как объекта механизированной обработки.
- 2 Клин - как основа формы рабочих органов почвообрабатывающих машин.
- 3 Основы процесса взаимодействия клина с почвой.

### **1 Технологические свойства почвы как объекта механизированной обработки**

По мнению академика В. П. Горячкина, учение о физических свойствах почвы представляет собой основной фундамент, на котором должно покоиться построение плугов. Согласно В. П. Горячкину, в механической обработке почвы, как и в любом технологическом процессе обработки, участвуют три элемента: источник энергии, машина (орудие) и обрабатываемый материал - почва. Рабочий орган машины, получая энергию от трактора или другого источника, воздействует на почву и изменяет ее свойства и состояние. Чтобы понять физическую сущность процессов, происходящих в почве под воздействием рабочих органов машин, необходимо прежде всего изучить ее технологические свойства.

Почва служит объектом изучения многих наук, - каждая из которых исследует ее со своих позиций. Мы будем рассматривать почву как объект механической обработки.

Почва представляет собой трехфазную дисперсную среду. Это означает, что вещества, составляющие почву, находятся в трех физических состояниях

(фазах): твердом, жидком и газообразном, а составляющие их частицы раздроблены и перемешаны.

В структурной почве твердые частицы объединены в комочки, пронизанные капиллярными порами. Между комочками имеются более крупные промежутки - гравитационные пустоты. Промежутки между твердыми частицами почвы, т. е. гравитационные пустоты и капиллярные поры, заполнены водой и воздухом. При этом чем больше в почве воды, тем меньше воздуха, и наоборот. От соотношения в почве жидкой и газообразной фаз зависят ее технологические свойства.

Твердая фаза состоит главным образом из минеральных частиц (до 90 %), но содержит и органические вещества, включающие гумус, растительные остатки (корни и стебли растений), а также живые организмы растительного и животного происхождения. Жидкая фаза включает в себя воду и растворы различных веществ в ней, которые и обеспечивают питание растений через корни. Газообразная фаза представлена воздухом, содержащим пары воды, углекислый газ, метан и другие газы.

Основные общие характеристики сложения почвы - скважность (порозность) и плотность (объемная масса). Скважность - отношение объема пустот к общему объему почвы, выраженное в процентах. Скважность зависит от размера почвенных частиц и составляет для песка и супеси 40...50%, суглинков и глин 50...60, торфяных почв 80...90%. Поры диаметром менее 10 мкм (0,01 мм) непроходимы для мелких корней растений, а диаметром менее 3 мкм (0,003 мм) - и для некоторых бактерий.

Плотность - отношение массы почвы к объему исследуемой пробы, взятой без нарушения её естественного сложения

$$\rho = m/V \quad (1.1)$$

где  $m = m_T + m_v$  — масса пробы в естественном состоянии [здесь  $m_T$  - масса высушенной пробы (твердой фазы) и  $m_v$  — масса влаги (жидкой фазы)];

$V = V_T + V_n$  - объем пробы [здесь  $V_T$  - объем твердой фазы и  $V_n$  - объем пор].

Плотность почвы непосредственно связана с порозностью. Чем пористее и рыхлее почва, тем меньше ее плотность. Она изменяется от 0,9 до 1,8 г/см<sup>3</sup>.

Культурные растения очень тонко реагируют на плотность почвы: они быстро растут и развиваются при оптимальной плотности и испытывают явное угнетение при более высокой или низкой. По И. Б. Ревуту, отклонение плотности почвы на 0,1...0,3 г/см<sup>3</sup> от оптимальной приводит к снижению урожайности на 20...40%.

Различают два вида уплотнения почвы: естественное и механическое. Естественное формируется под действием силы тяжести, осадков, корней растений и т. п.

Плотность, до которой происходит естественное самоуплотнение почвы, называется равновесной. Для дерново-подзолистых суглинистых почв она находится в пределах 1,25...1,45 г/см<sup>3</sup>. Оптимальная же плотность составляет для зерновых колосовых 1,1...1,3 г/см<sup>3</sup>, картофеля и подсолнечника 1,0...1,2 и для сахарной свеклы 1,1...1,5 г/см<sup>3</sup>. Сравнивая равновесную плотность с оптимальной для той или иной культуры, определяют рациональный способ обработки почвы.

*Твердая фаза.* Эту фазу характеризуют по механическому составу и структуре. Механическим составом называют относительное содержание в почве первичных элементарных частиц (механических элементов) различных размеров. Содержащиеся в почве элементарные частицы в зависимости от их размеров, по Н. А. Качинскому, подразделяют на следующие фракции: крупнее 3 мм - камни; 3...1 мм - гравий; 1...0,05 мм - песок, 0,05...0,001 мм - пыль; 0,001...0,0001 мм - ил; меньше 0,0001 мм (< 0,1 мкм) - коллоиды. Кроме того, обычно все элементарные частицы крупнее 1 мм называют почвенным скелетом, а мельче 1 мм - мелкоземом.

Соотношение содержания в почве скелета и мелкозема положено в основу классификации почвы по каменистости. В не каменистых почвах частицы крупнее 1 мм (камни и гравий) составляют менее 0,5%,

слабокаменистых - 0,5...5, среднекаменистых — 5...10, сильнокаменистых — больше 10%.

В основу классификации почв по механическому составу положено условное разделение элементарных почвенных частиц на две фракции: «физическую глину» - частицы размером меньше 10 мкм (0,01 мм) и «физический песок» - частицы размером больше 10 мкм (0,01 мм). В зависимости от содержания «физической глины» почвы подразделяют на глину (более 50%), суглинок (от 50 до 20%), супесь (от 20 до 10%) и песок (менее 10%).

Почвы с высоким содержанием глинистых частиц с точки зрения механической обработки относят к тяжелым. Во влажном состоянии они налипают на рабочие органы, в сухом - образуют крупные глыбы. Такие почвы достаточно плодородны, но плохо поглощают влагу, хотя хорошо ее удерживают, растительные остатки и органические удобрения разлагаются в них медленно.

Почвы с высоким содержанием песчаных частиц относят к легким. Они бедны элементами питания для растений, но легко крошатся, хорошо поглощают влагу, однако плохо ее удерживают, растительные остатки и удобрения разлагаются в них быстро.

Суглинистые и супесчаные почвы занимают промежуточное положение. Они сравнительно легко крошатся, хорошо поглощают и удерживают влагу, достаточно плодородны.

Важнейшая характеристика твердой фазы почвы наряду с механическим составом - ее структурность. Основным элементом структуры почвы - структурная отдельность, агрегат, комок - состоит из первичных частиц (механических элементов), соединенных в результате коагуляции коллоидов, склеивания, слипания. Почвенные агрегаты, состоящие из первичных механических элементов, путем склеивания и слипания, в свою очередь, могут образовывать агрегаты второго, третьего и более высокого порядка. По мере увеличения размера агрегата его связность и прочность уменьшаются. По размерам структурные агрегаты подразделяются на микроструктурные (< 0,25 мм),

макроструктурные (0,25...10 мм) и мегаструктурные, или глыбистые (> 10 мм). Для количественной оценки качества структуры почвы иногда применяют коэффициент структурности, представляющий собой отношение массы агрегатов размером 0,25...7 мм к массе остальной части почвы.

Агрегаты размером менее 1 мм считаются эрозионно опасными. Если в верхнем слое (0...5 см) почвы более 50% агрегатов имеют размер менее 1 мм, то такая почва при определенных условиях (отсутствии живой или мертвой растительности, сильных ветрах) может быть подвергнута ветровой эрозии.

Академик В. Р. Вильямс предложил оценивать почвенные агрегаты по двум основным свойствам: связности и прочности. Под связностью понимают способность агрегата противостоять механическому воздействию, под прочностью (водопрочностью) - размывающему действию воды. Например, комочек сухой глины отличается большой связностью (его трудно разрушить рукой), но малой водопрочностью (в воде быстро распадается на составляющие его механические элементы). Ценными считаются агрегаты размером 1...3 мм, так как они имеют наибольшие связность и водопрочность.

Важнейшая составная часть почвенных агрегатов - органическое вещество. Оно в основном представлено перегноем (гумусом) и многочисленными микроорганизмами. Гумус - продукт переработки микроорганизмами органических остатков отмерших растений и животных. Его содержание относительно невелико и колеблется от 1 до 12% и более. В нем содержатся все элементы питания растений, которые становятся доступными для них только после разложения (минерализации) гумуса микроорганизмами. Гумус способствует образованию структурных агрегатов, повышает связность легких почв и уменьшает связность тяжелых.

*Микроорганизмы* - наиболее энергичная и подвижная часть почвы, главный носитель ее жизни. Они играют важную роль в питании растений и процессах почвообразования. В 1 г почвы насчитываются сотни миллионов микроорганизмов. Масса микробов, содержащихся на 1 га, достигает 5...7 т, а если учесть, что за вегетационный период сменяется несколько их поколений,

то годовая их масса составит 15...20 т/га. Чем выше окультуренность почвы, тем больше в ней микробов.

Различают следующие виды сложения почв: бесструктурные песчаные, состоящие из первичных частиц, не связанных между собой из-за отсутствия коллоидов (раздельно-частичные); с когерентной (сплошной) структурой глинистые, в которых коллоиды соединяют первичные частицы в единую связную массу; с агрегатной структурой, имеющие различную прочность связей. Последние наиболее благоприятны для земледелия и растениеводства, так как позволяют создать оптимальные водный, воздушный и пищевой режимы для роста и развития растений.

В структурной почве благодаря высокой водопроницаемости отсутствуют поверхностный сток, а следовательно, и водная эрозия, а благодаря мелким капиллярным порам и крупным межагрегатным промежуткам происходят одновременно анаэробные и аэробные процессы разложения органического вещества. Внутри агрегатов, когда их капиллярные поры заполнены, водой, протекают анаэробные процессы, сопровождающиеся образованием стойких органических соединений типа компостов. На поверхности агрегатов из-за наличия воздуха в межагрегатных промежутках происходят аэробные процессы, сопровождающиеся образованием минеральных соединений, необходимых для питания растений. В таких условиях органическое вещество используется наиболее экономно.

Структурные агрегаты влияют не только на плодородие почвы, но и на показатели работы почвообрабатывающих машин и орудий. При обработке структурных почв качество рыхления выше, а энергоемкость ниже. Частые интенсивные обработки почвы и многочисленные проходы по ней колес тракторов и автомобилей могут привести к разрушению структуры и превращению почвы из структурной в бесструктурную, а разрушение структуры приводит к излишнему уплотнению и эрозии почвы.

Основными физическими характеристиками твердой фазы служат плотность скелета и плотность твердой фазы. Под плотностью скелета

(плотностью сложения) почвы понимают массу абсолютно сухой почвы ненарушенного сложения, содержащуюся в единице ее объема, т.е.  $\rho_c = m_c/V$ , где  $m_c$  масса высушенной пробы. Следует иметь в виду, что  $m_c = m_r = m - m_B$

Под плотностью твердой фазы понимают массу твердой фазы (без пор, т. е. в спрессованном состоянии) в абсолютно сухом состоянии, содержащуюся в единице объема, т.е.  $\rho_T = m_T/V_T$ , где  $V_T = V - V_n$ ;  $V_n$  - объем всех пор. Плотность твердой фазы представляет собой средневзвешенную плотность входящих в нее компонентов. Например, плотность минеральной части почвы (песка и глины) 2,4...2,8 г/см<sup>3</sup>, органической (гумуса) 1,2..1,4 г/см<sup>3</sup>. Плотность же твердой фазы дерново-подзолистой почвы 2,4...2,6, торфяно-болотной - 1,4..1,7 г/см<sup>3</sup>.

*Жидкая фаза.* Эта фаза влияет на эффективное плодородие почвы, протекающие процессы и технологические свойства при ее механической обработке. Корни растений могут усваивать питательные вещества только в растворенном виде, причем их растворителем служит вода. Поэтому, даже если имеются все питательные вещества, но недостаточно влаги, растения голодают, снижается интенсивность микробиологических процессов. При механической обработке глинистых и суглинистых почв в переувлажненном состоянии рабочие органы залипают, разрушаются (размазываются) структурные агрегаты, происходит сгуживание почвы, нарушается технологический процесс; в пересохшем - образуются крупные глыбы и пылевидные фракции, повреждаются структурные агрегаты. Однако при оптимальной влажности структурная почва легко и хорошо крошится, на ее обработку расходуется минимальное количество энергии. Такое состояние почвы называют «физической спелостью».

Влага в почве находится в свободном и связанном состояниях. На упругость, пластичность, липкость и другие технологические свойства почвы влияет только доступная корням растений свободная влага. Различают капиллярную и гравитационную влагу. Капиллярная хорошо усваивается растениями и служит главным источником их питания. Она располагается в мелких капиллярных пустотах и способна перемещаться от более влажных

слоёв почвы к менее влажным в любых направлениях, в том числе и снизу вверх, т. е. в направлении, противоположном действию силы тяжести.

Источником почвенной влаги служат главным образом атмосферные осадки. Однако на некоторых почвах значительную роль играют и близко расположенные к поверхности (на расстоянии 2...3 м) грунтовые воды, капиллярным подтоком которых увлажняется корнеобитаемый слой.

О количестве воды, содержащейся в почве, судят по ее абсолютной влажности  $w_a$ , %, которую определяют как отношение массы воды к массе сухой твердой фазы (скелета):

$$w_a = 100m_B/m_c = 100 (m - m_c)/m_c \quad (2.2)$$

где  $m_B$  и  $m_c$  —массы влаги и сухой почвы, содержащихся в исследуемой пробе;  $m - m_B + m_c$  -масса влажной почвы.

О степени насыщения почвы водой судят по относительной влажности  $w_o$ , %, представляющей собой отношение содержания влаги в данной пробе к количеству, насыщающему почву до ее общей (полевой) влагоемкости:

$$w_o = 100w_a / w_n \quad (2.3)$$

где  $w_n$  —. полевая (общая) влагоемкость - абсолютная влажность почвы после ее полного насыщения и последующего свободного оттока гравитационной влаги, т.е. учитывающая все категории почвенной влаги, кроме гравитационной.

«Физическая спелость» почвы в зависимости от ее механического состава наступает при относительной влажности 40...70%, что соответствует абсолютной влажности 15...30%. По П. У. Бахтину, «спелость» почвы зависит и от скорости ее механической обработки. С увеличением скорости она смещается в сторону большей влажности.

*Газообразная фаза.* Почвенный воздух может находиться в свободном и «защемленном» состояниях. Почвенный воздух, расположенный в крупных межагрегатных пустотах, может сообщаться с атмосферным. Газообмен между почвенным и атмосферным воздухом обусловлен диффузией, изменением температуры почвы в течение суток («дыханием» почвы) и барометрического давления, вытеснением почвенного воздуха при выпадении осадков, орошении и ветром. Почвенный воздух, расположенный в мелких капиллярных пустотах, нередко находится в защемленном состоянии, т. е. оказывается закупоренным с помощью твердых частиц и воды.

При сжатии почвы под действием рабочих органов почвообрабатывающих машин, по В. А. Желиговскому, значительная часть свободного почвенного воздуха также переходит в защемленное состояние. Так как твердая фаза почвы и вода практически несжимаемы, то смятие почвы происходит в результате сжатия защемленного воздуха. Согласно закону Бойля-Мариотта между объемом и давлением воздуха существует зависимость

$$pV = \text{const}, \quad (2.4)$$

где  $p$  - давление;

$V$ -объем воздуха.

Следовательно, если объем пласта уменьшится на  $\Delta V$ , то давление защемленного воздуха возрастет на  $\Delta p$  и согласно формуле (2.4)

$$(V - \Delta V)(p + \Delta p) = pV. \quad (2.5)$$

Из формулы (2.5) следует, что в этом случае давление защемленного воздуха повысится и его потенциальная энергия возрастет. При сходе с рабочей поверхности давление на почвенный пласт прекратится, сжатый защемленный воздух, расширяясь, будет разрывать связи между почвенными агрегатами и пласт спелой структурной почвы превратится в мелкокомковатое сыпучее тело. При этом рыхление почвы происходит в результате разрыва связей между

структурными агрегатами из-за их растяжения, но без разрушения (крошения) агрегатов, т. е. наименее энергоемким способом.

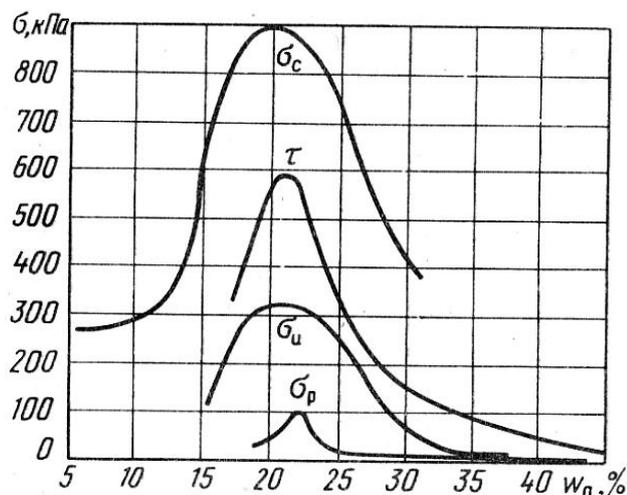
Под технологическими свойствами почвы следует понимать лишь те ее физические свойства, которые существенно влияют на закономерности и характер протекания технологических процессов ее механической обработки. К технологическим свойствам почвы относят прочностные, фрикционные, липкость, пластичность, упругость, вязкость и хрупкость.

Сопротивление деформациям различного вида (прочностные свойства). Знание прочностных свойств почвы позволяет наметить пути и методы снижения энергоемкости ее механической обработки: правильно рассчитать и спроектировать рабочие органы и определить условия рационального их применения. Для этого необходимо знать предельную прочность почвы при ее сопротивлении деформациям различного вида.

На прочностные свойства почвы влияет ее влажность. Из рисунка 1 видно, что минимальный предел прочности соответствует деформации растяжения. При влажности почвы 18...24% он в 3...9 раз ниже, чем пределы прочности при сопротивлении деформациям других видов. При изменении влажности на 8... 10% от указанных значений предел прочности при ее сопротивлении деформации одного и того же вида уменьшается или увеличивается в несколько раз. Следовательно, для рыхления почвы с минимальным расходом энергии к ней нужно приложить деформации растяжения при определенной ее влажности.

Однако создание рабочих органов почвообрабатывающих машин, воздействующих на почву путем растяжения, сопряжено с техническими трудностями. Большинство рабочих органов таких машин, а также различные опорные поверхности и движители (колеса, гусеницы и т. п.) энергетических, транспортных и других машин при взаимодействии с почвой вызывают ее сжатие (смятие) и сдвиг. Поэтому этим двум видам деформации почвы уделялось наибольшее внимание и они оказались наиболее изученными.

Максимальное (предельное) касательное напряжение при разрушении образца связной почвы путем сдвига определяют по формуле Кулона



$\sigma_c$ -предел прочности на сжатие;  $\sigma_u$  - то же, на изгиб;  $\sigma_p$  - то же, на растяжение;  $\tau$  - то же, на сдвиг.

Рисунок 2.1 - Зависимости прочностных характеристик глинистой почвы от влажности  $W_a$  (по данным А. Гарсиа)

$$\tau_{\text{пред}} = C_0 + \sigma \operatorname{tg} \varphi = C_0 + f\sigma, \quad (2.6)$$

где  $C_0$  - коэффициент сцепления почвы;

$\sigma$  - нормальное давление;  $\varphi$ -угол внутреннего трения (почвы по почве);  $f$ -коэффициент внутреннего трения.

Коэффициент сцепления  $C_0$  - это предельное касательное напряжение, необходимое для разрушения связей между почвенными агрегатами в плоскости среза. В явном виде величина  $C_0$  не зависит от давления ст. Значения  $C_0$  изменяются в широких пределах: для сухих песчаных почв средней связности они равны 0,5...1,0 Н/см<sup>2</sup>, для увлажненных глинистых - 6...9 Н/см<sup>2</sup>. Значения  $\tau$ , в свою очередь, составляют для увлажненных легких и средних почв 1...3 Н/см<sup>2</sup>, для сухих тяжелых - 6...9 Н/см<sup>2</sup>.

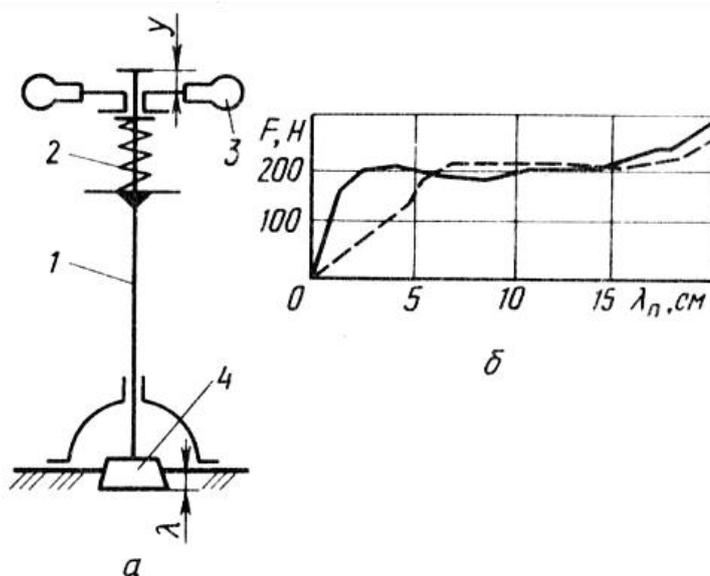
Формула (6) справедлива для связных почв. При несвязных сыпучих почвах (например, песке) она трансформируется в более простую

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.7)$$

т. е. сопротивление сдвигу зависит только от внутреннего трения.

Иными словами, предельное сопротивление сыпучих почв сдвигу есть сопротивление трению, прямо пропорциональное нормальному давлению. Сопротивление почвы сдвигу в наиболее явном виде проявляется при взаимодействии с ней почвозацепов колес и гусениц тракторов.

Твердость - способность почвы сопротивляться смятию (внедрению твердого тела - деформатора). Ее измеряют специальными приборами - твердомерами. Они разделяются на копровые (ударного действия) и непрерывного заглубления (со статическим нагружением). Для исследований чаще всего используют твердомеры, действие которых основано на непрерывном вдавливании в почву цилиндрического или конического наконечника (плунжера). Такие приборы по форме результатов измерений разделяются на интегрирующие (в виде цифр) и диаграммные (в виде графиков



1—штанга; 2 —пружина; 3 —рукоятка; 4 — деформатор (плунжер).

Рисунок 2.2 - Схема твердомера (а) и диаграмма (б)  $y = f(\lambda)$  при цилиндрическом (сплошная кривая) и коническом (штриховая) наконечниках

Рабочий элемент диаграммного твердомера - плунжер 4 (рис. 2.2) посредством рукоятки 3 через силоизмерительную пружину 2 и штангу 1 вдавливаются в почву. Сила нажатия, равная силе сопротивления почвы вдавливанию плунжера, измеряется по сжатию  $y$  пружины, а линейная деформация почвы - по глубине  $\lambda_{\text{п}}$  погружения в нее плунжера. Пишущее устройство вычерчивает диаграмму  $y = f(A)$ . Зная калибр (жесткость) пружины  $k$  и ее деформацию  $y$ , можно определить силу  $F = ky$ .

Для измерения твердости почв различной связности (песчаных и глинистых, старопахотных и целинных) прибор снабжен сменными пружинами (различной жесткости) и плунжерами (различного диаметра). Плунжеры могут быть цилиндрическими или коническими. При использовании плунжеров различной формы, но с одинаковой площадью поперечного сечения различие в силе сопротивления почвы их вдавливанию наблюдается лишь в начальной стадии погружения (на 5...6 см), в дальнейшем сила  $F$  становится практически одинаковой и постоянной (рис. 2.2). Она вновь возрастает лишь после прохода плунжерами пахотного слоя, когда встречается более твердая «плужная подошва».

Диаграмму твердомера можно аппроксимировать двумя прямыми  $OA$  и  $AB$  (рис. 2.3,*a*), характеризующими две фазы деформации почвы. В течение первой фазы ( $OA$ ) происходит уплотнение почвы под плунжером, вследствие чего ее удельное сопротивление  $p$  возрастает пропорционально линейной деформации  $A$ , почва сопротивляется активно. Эта фаза получила название фазы уплотнения. Конец первой и начало второй фазы характеризуются небольшим переходным периодом, в течение которого под плунжером образуется жесткий конусообразный нарост из сильно уплотненной почвы (уплотненное ядро), который в дальнейшем служит как бы продолжением плунжера.

Во второй фазе ( $AB$ ) почва деформируется жестким конусообразным наростом, который расклинивает ее, смещая в стороны.

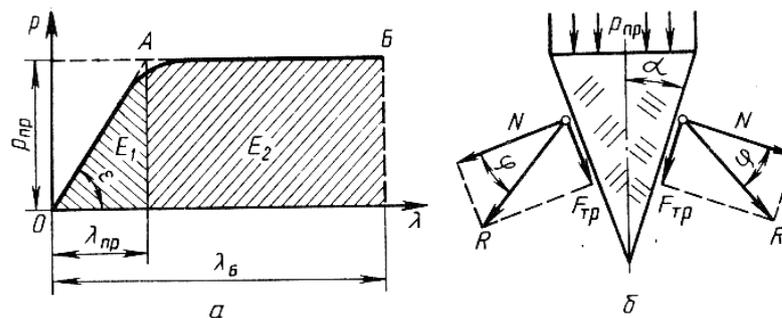


Рисунок 2.3 – Зависимость (а) удельного сопротивления почвы  $p$  смятию от её линейной деформации  $\lambda$  и действие (б) плунжера на почву в фазе сдвига

На каждый почвенный агрегат или элементарную частицу действует сила  $R$ , представляющая собой равнодействующую нормального давления  $N$  и силы трения  $F_{тр}$ . В результате агрегаты и частицы смещаются в направлении действующей на них силы  $R$  под углом  $\varphi$  внутреннего трения почвы к нормали  $N$ . При этом непрерывно формируются все новые и новые поверхности сдвига, вследствие чего сопротивление внедрению плунжера остается постоянным. Касательные напряжения, действующие в поверхностях сдвигов, достигают предельных значений, равных сумме сил сцепления и внутреннего трения. Эта фаза получила название фазы сдвигов. Соответствующее ей максимальное давление  $P_{np}$  называют также пределом несущей способности почвы, который зависит не только от ее свойств, но и от площади плунжера.

С увеличением последней повышается и предел несущей способности, т. е. точка  $A$  перемещается в сторону более высоких предельных давлений.

Во второй фазе в отличие от первой почва «течет», т. е. сопротивляется пассивно, так как ее сопротивление  $p$  не повышается с увеличением деформации  $A$ . Таким образом, деформации почвы в первой фазе - фазе уплотнения - всегда затухающие, во второй - фазе сдвигов - они незатухающие и могут протекать не столько в функции нагрузки, сколько в функции времени ее действия.

Способность почвы сопротивляться смятию согласно ГОСТ 20915 (ОСТ 70.4.1-80) характеризуется средней твердостью

$$p = hk/S, \quad (2.8)$$

где  $h$ -средняя ордината диаграммы твердомера, см;  $k$ -калибр (жесткость) пружины, Н/см;

$S$  - площадь поперечного сечения плунжера, см<sup>2</sup>.

Способность почвы сопротивляться смятию по предложению В. А. Желиговского определяется также коэффициентом объемного смятия, который показывает, насколько возрастает сопротивление почвы при смятии единицы ее объема (в фазе уплотнения)

$$q = F/V = F/(S\lambda) = p/\lambda. \quad (2.9)$$

Согласно формуле (2.9) и (рис. 2.3а) коэффициент объемного смятия может быть представлен и так

$$q = p/\lambda = tg\varepsilon = (p_2 - p_1)/(\lambda_2 - \lambda_1), \quad (2.10)$$

где  $p_2$  и  $p_1$  - ординаты, взятые произвольно в пределах пропорциональности;

$\lambda_2$  и  $\lambda_1$  — соответствующие им абсциссы .

Коэффициент  $q$  свежевспаханной почвы 1...2 Н/см<sup>3</sup>, жнивья, паров и лугов 5... 10 Н/см<sup>3</sup>.

Большое значение для инженерных расчетов имеет предел сопротивления почвы смятию или предел несущей способности почвы (см. рис. 2.3,а, точка А), который обычно характеризуют максимальным напряжением смятия

$$P_{np} = F_{np}/S. \quad (2.11)$$

Аналогичное значение имеет и предел пропорциональности, который, как видно из рисунка 3а, несколько меньше предела несущей способности почвы. Нетрудно доказать, что при исследовании одной и той же почвы плунжерами различной геометрической формы значения  $q$  будут различны, а  $p_{np}$  - одинаковы.

Затраты энергии на смятие почвы в пределах первой и второй фаз могут быть определены геометрически, как площади, заключенные между соответствующими отрезками графика и осью абсцисс (рис. 2.3,а). Они соответственно равны

$$E_1 = F_{np}\lambda_{np} / 2 = p_{np} S\lambda_{np} / 2, \quad (2.12)$$

$$E = F_{np} (\lambda\sigma - \lambda_{np}) = p_{np} S(\lambda\sigma - \lambda_{np}) \quad (2.13)$$

Так как  $F_{np} = qV = qS\lambda_{np}$  а  $p_{np} = q\lambda_{np}$  то, подставив эти формулы в формулу (2.12), получим

$$E_1 = qS\lambda_{np}^2 / 2 \quad (2.14)$$

Из формулы (2.14) следует, что расход энергии на смятие почвы зависит от ее способности сопротивляться смятию, площади плунжера и линейной деформации почвы, причем последняя оказывает наибольшее влияние (она в квадрате).

Если принять  $\lambda_6 = 2\lambda_{np}$ , то получим  $\lambda_2 = \lambda_6 - \lambda_{np} = \lambda_{np}$ . Подставив в формулу (13) вместо  $\lambda_{п} - \lambda_{np}$  значение  $\lambda_2$ , получим  $E_2 = p_{np}S\lambda_{np}$ . Сравнив формулу для  $E_2$  с формулой (2.12) для  $E_1$ , обнаружим, что  $E_2 = 2E_1$ . Иными словами, при равенстве линейных деформаций в первой и второй фазах расход энергии во второй фазе в 2 раза выше, чем в первой, т. е. расход энергии на единицу линейной деформации почвы в фазе сдвигов в 2 раза выше, чем в фазе уплотнения. Об этом нужно помнить при проектировании опорных поверхностей и движителей сельскохозяйственных, энергетических и транспортных машин. Между параметрами, характеризующими способность почвы сопротивляться смятию, и тяговым сопротивлением различных почвообрабатывающих машин наблюдается высокая корреляционная связь.

*Фрикционные свойства.* Эти свойства проявляются в виде трения. Оно представляет собой сопротивление скольжению одного тела относительно другого, с ним соприкасающегося (внешнее трение), или одних частиц относительно других частиц одного и того же тела (внутреннее трение). Таким образом, сила трения - это сила сопротивления, или сила реакции, вызванная действием активной силы. Как и всякая сила реакции, сила трения равна той силе, которая ее возбуждает, и, как всякая сила реакции, имеет предельное значение, выше которого возрасти не может. Следовательно, в зависимости от изменения активной силы сила трения может изменяться от нуля до своего предельного значения ( $0 < F_{тр.} < F_{тр.,max}$ ). Максимального значения сила трения достигает при скольжении. В этом случае ее численное значение определяют по формуле Амонтона

$$F_{тр.} = fN \text{ или } F_{тр.} = Ntg\varphi, \quad (2.15)$$

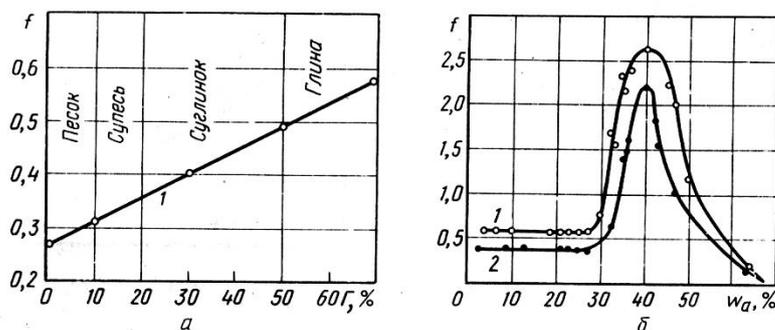
где  $f$  и  $\varphi$  - соответственно коэффициент и угол трения;

$N$  - сила нормального давления.

Из формулы (2.15) следует, что сила трения прямо пропорциональна силе нормального давления  $N$ , зависит от фрикционных свойств трущихся поверхностей (значения  $f$  или  $\varphi$ ) и направлена в сторону, противоположную относительному перемещению трущихся тел. Сила трения не зависит от площади трущихся поверхностей.

Принято различать величины  $f$  и  $\varphi$  покоя (в начале движения, при переходе от состояния покоя к движению) и движения. Последние всегда меньше первых.

Формула (2.15) была предложена в конце XVII в. К настоящему времени установлено, что значения  $f$  и  $\varphi$  зависят не только от материала и состояния трущихся поверхностей, но и от скорости их относительного движения (с увеличением скорости уменьшаются), а формула считается верной лишь в первом приближении. Произведение  $fN$  или  $N \operatorname{tg} \varphi$  есть предел, до которого может возрасти сила трения.



1 - о сталь; 2- о фторопласт.

Рисунок 2.4 - Зависимость коэффициента трения почвы: а - от содержания физической глины  $\Gamma$  (по Н.В. Щучкину); б - от абсолютной влажности глинистой почвы (по А. Гарсиа)

Коэффициент трения почвы - величина непостоянная. Она зависит от многих факторов, главные из которых - механический состав и влажность почвы. Например, по Н. В. Щучкину, коэффициент трения глинистой почвы примерно в 2 раза выше, чем песчаной (рис. 2.4а). Чем выше дисперсность (меньше размер элементарных частиц) почвы, тем больше коэффициент и угол ее трения.

Еще большее влияние на коэффициент трения оказывает влажность  $w_a$  почвы (рис. 2.4б). При относительно низкой влажности почвенная влага не поступает к материалу и не влияет на процесс трения - происходит истинное, или сухое, трение и коэффициент трения не зависит от влажности (горизонтальные участки кривых). При дальнейшем увлажнении почвы возникают силы молекулярного притяжения между почвенной влагой и материалом и процесс вступает в фазу внешнего трения - прилипания - происходит резкое увеличение коэффициента трения (восходящие участки кривых). При  $w_a = 30...40\%$  (в зависимости от механического состава почвы) значения коэффициента трения достигают максимума. И наконец, если содержание влаги достаточно для того, чтобы обеспечить непрерывный ее приток к поверхности контакта почвы с материалом, то она играет роль смазки; процесс вступает в фазу, когда внутреннее трение между слоями влаги и

коэффициент трения резко снижаются (нисходящие участки кривых). Для приближенных ориентировочных расчетов, т. е. без учета механического состава и влажности почвы, принимают  $f = 0,5$  и  $\varphi = 25^{\circ}31'$ .

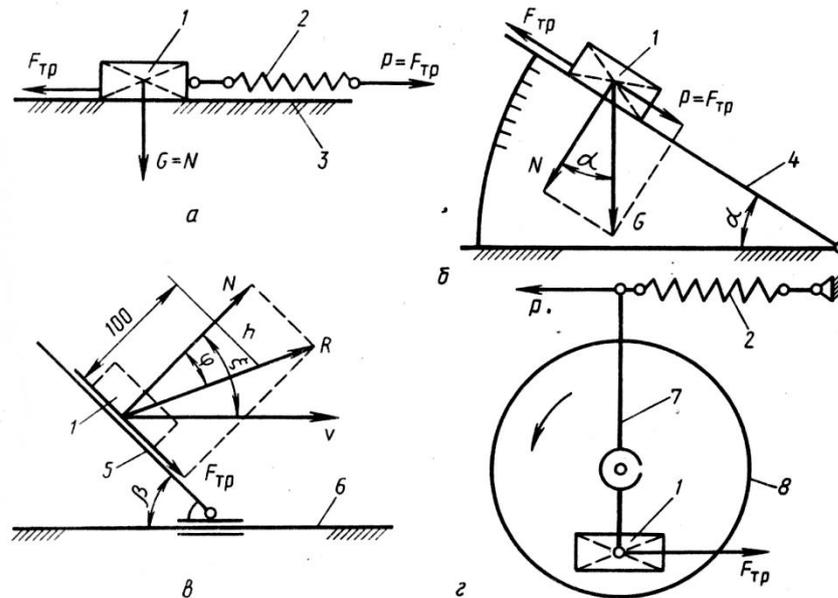
Коэффициенты и углы трения определяют приборами (рис. 2.5) действие которых основано на различных принципах. Различают приборы прямого и косвенного определения угла трения. Прибор конструкции Н. В. Щучкина представляет собой наклонную плоскость с переменным (регулируемым) углом наклона (рис. 2.5, б), а прибор, предложенный В. А. Желиговским, - движущуюся линейку (рис. 2.5, в). С помощью таких приборов определять угол  $\varphi$  легко.

Приборы, один из которых выполнен в виде горизонтальной плоскости (см. рис. 5а), а другой - вращающегося горизонтального диска (рис. 2.5, г), снабжены динамометрами или динамографами. Посредством последних измеряют силу трения  $F$ , а затем, зная силу нормального давления  $N$ , по формуле Амонтона рассчитывают коэффициент трения  $f$ .

Например, перемещая каретку 1 (см. рис. 2.5, а), на которой укреплен образец одного из материалов, по горизонтальной плоскости 3, состоящей из другого материала, с помощью динамометра 2 определяют движущую силу  $P$ , равную силе трения  $F_{Tr}$ . Зная силу тяжести  $G$  каретки, равную силе  $N$ , по формуле (2.15) находят коэффициент  $f = F_{Tr}/G$ , а затем угол  $\varphi = \arctg f$ .

Основные элементы прибора, разработанного В. А. Желиговским (рис. 2.5, в), каретка 1 и линейка 5, к которым прикрепляют исследуемые образцы материалов. Каретку 1 снабжают вертикальным карандашом для записи траектории ее движения, а к горизонтальной чертежной доске, на которой установлен прибор, прикрепляют бумагу.

При движении линейки 5, установленной под углом  $\beta > 90^{\circ} - \varphi$  относительно направляющей б, каретка будет скользить относительно линейки и между образцами с исследуемыми материалами возникнет сила  $F_{Tr}$ , которая достигнет своего максимального значения.



*a* - горизонтальная плоскость; *б* - наклонная плоскость; *в* - линейка В. А. Желиговского; *г* - вращающийся диск; 1 - каретка; 2 - динамометр или динамограф; 3 - горизонтальная плоскость; 4 - плоскость с изменяемым углом наклона; 5 - линейка; 6 - направляющая ось; 7 - двулучий рычаг; 8 - вращающийся диск

Рисунок 2.5 - Принципиальные схемы приборов для определения фрикционных свойств почвы

При этом на каретку будут одновременно действовать силы  $F_{тр.max}$  и  $N$ . Так как сумма этих сил равна равнодействующей  $R = N + F_{тр.max}$ , то каретка будет перемещаться в направлении действующей на нее силы  $R$ , а прикрепленный к ней карандаш прочертит на бумаге направление этой силы. Проведя к линейке перпендикуляр  $N$ , между направлениями  $N$  и  $R$  получим угол трения  $\varphi$ , а отложив на направлении  $N$  отрезок длиной 100 мм и восстановив в его конце перпендикуляр  $h$ , получим коэффициент трения  $f = tg\varphi = h/100$ . Методику определения величин  $f$  и  $\varphi$  с помощью приборов, в основу действия которых положены наклонная плоскость (рис. 2.5, б) и вращающийся горизонтальный диск (см. рис. 2.5, г), студенту предлагается разработать самостоятельно.

Фрикционные свойства почвы, определяемые коэффициентами  $f$  и  $\varphi$ , - весьма важная ее технологическая характеристика. При этом, с одной стороны, высокие значения  $f$  и  $\varphi$  обуславливают большие силы трения почвы о рабочие органы почвообрабатывающих машин, на преодоление которых затрачивается от 30 до 50% энергии, с другой - большие силы трения, возникающие между почвой и движителями энергетических, самоходных сельскохозяйственных и транспортных машин, способствуют уменьшению коэффициента буксования и разрушения почвенной структуры.

*Липкость.* Это свойство почвы проявляется как сопротивление ее скольжению по поверхностям рабочих органов почвообрабатывающих орудий (плужных корпусов, лап культиваторов, зубьев борон и т. п.) и как сопротивление при отрыве находившимися в контакте с ней элементов опорно-ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин (колес, гусениц и т.п.).

Сопротивление скольжению в случае прилипания определяют по формуле А. И. Кузнецова

$$T_{np} = p_0 S + p N S, \quad (2.16)$$

где  $P_0$  - удельная касательная сила прилипания при отсутствии нормального давления, Па;

$S$  - видимая площадь контакта, м<sup>2</sup>;

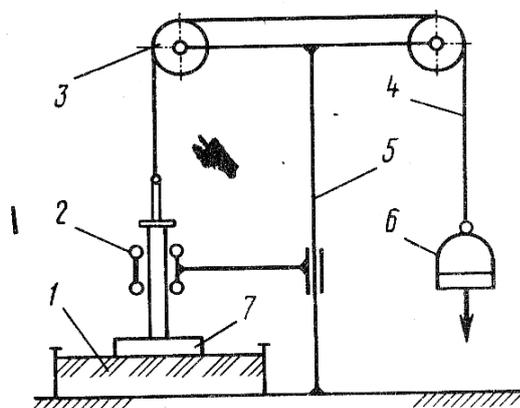
$p$  - коэффициент, выражающий интенсивность действия удельных касательных сил прилипания, вызываемых нормальным давлением, 1/м<sup>2</sup>.

Сравнив формулы (2.15) и (2.16), видим, что законы трения и прилипания существенно различаются, хотя и проявляются одинаково - в виде сопротивления скольжению. Сила трения  $F_{Tp}$ , не зависит от площади контакта и при  $N = 0$  отсутствует, в то время как сила прилипания  $T_n$  зависит от площади контакта и проявляется даже при отсутствии нормального давления ( $T_{np} = P_0 S$  при  $N = 0$ ).

Липкость почвы характеризуется удельным сопротивлением отрыву прилипшей к ней пластины

$$\sigma_d = N/S \quad (2.17)$$

Липкость почвы зависит главным образом от ее механического состава и влажности, материала рабочего органа и напряжения, создаваемого на поверхности контакта (удельного давления). С увеличением дисперсности липкость возрастает, поэтому тяжелые глинистые почвы более липкие, чем легкие песчаные; бесструктурные более липкие, чем структурные. Липкость начинает проявляться при определенной влажности: для почв с нарушенной структурой при относительной влажности 40...50%, для структурных - 60...70%. Схема прибора для определения липкости почвы изображена на (рис. 2.6).



1 - емкость с почвой; 2 - направляющие ролики; 3 - блок; 4 - гибкая нить; 5 - станина; 6 - чашка с грузом; 7-диск.

Рисунок 2.6 - Схема прибора для определения липкости почвы

С увеличением влажности липкость сначала возрастает, затем снижается; к капрону и фторопласту почва прилипает значительно меньше, чем к стали. В редких случаях на тяжелых бесструктурных мелкодисперсных почвах при больших давлениях на поверхности наблюдается сухое прилипание мельчайших диспергированных частиц твердой фазы к рабочим поверхностям отвалов, т. е. прилипание при относительно низкой влажности почвы. В этих случаях возникают настолько прочные связи, что для очистки рабочих поверхностей приходится применять инструмент типа долота.

*Совместное действие сил трения и прилипания.* При определенной влажности почвы трение и прилипание действуют совместно. Если при этом почва скользит по поверхности рабочего органа, то оба процесса проявляются одновременно в виде сопротивления ее скольжению. Тогда

$$T_{общ} = F_{nm} + T_{np} = f_{n.m}N + p_0S + pNS, \quad (2.18)$$

где  $F_{nm}$  - сила трения почвы по материалу рабочего органа.

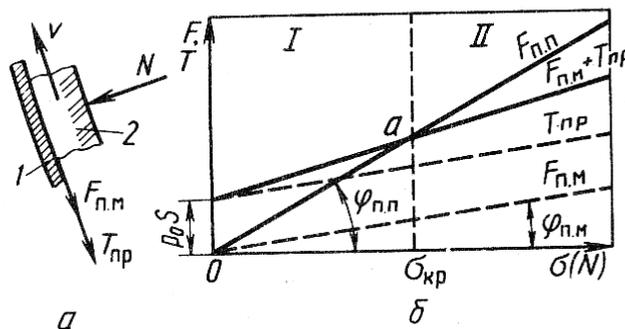
Почва будет налипать на рабочую поверхность, если силы сцепления и трения между почвенными частицами или агрегатами движущегося пласта меньше, чем силы трения и прилипания между почвой и рабочей поверхностью, т. е.

$$(C_0 + \sigma tg\varphi) S < f_{n.m}N + p_0S + pNS. \quad (2.19)$$

Для уменьшения сил трения и борьбы с прилипанием применяли разные методы: устанавливали пластинчатые или прутковые отвалы, рабочие поверхности покрывали антиадгезионными материалами (фторопластом, полиэтиленом, капроном и т. п.), использовали вибрацию рабочих органов, электросмазку (электроосмос), на рабочую поверхность подавали воду (гидросмазку) или воздух (создавали воздушную подушку или газовую смазку), заменяли трение скольжения трением качения и т. п. Наиболее эффективным оказался метод увеличения удельного давления пласта на рабочую поверхность в результате установки пластинчатых или прутковых отвалов, в котором используется способность рабочих поверхностей прутков и пластин самоочищаться.

Если к поверхности отвала уже прилипли почвенные частицы, то этот процесс будет развиваться далее по одному из двух возможных вариантов: к налившим группам частиц присоединятся новые, что приведет к полному залипанию, или налившие частицы будут сорваны и унесены движущимся пластом, т. е. произойдет самоочищение. Физическая сущность этих процессов

может быть наглядно проиллюстрирована (рис. 2.7). Сумма сил трения  $F_{пм}$  почвенных частиц по металлу и прилипания  $T_{пр}$  почвенных частиц к металлу представляет собой силу сопротивления скольжению пласта по отвалу, которая способствует налипанию. Как видим (рис. 2.7), с увеличением нормального давления  $\sigma = N/S$  сила  $F_{пм} = N \operatorname{tg} \varphi_{пм}$  и сила  $T_{пр}$ , а также сила сопротивления скольжению пласта  $F_{пм} + T_{пр}$  равная их сумме, возрастают.



*a* - схема взаимодействия почвенного пласта с рабочей поверхностью отвала; *б* — зависимости сил трения и прилипания от удельного нормального давления пласта на рабочую поверхность отвала; 1 - отвал; 2 - пласт;

*I* -  $F_{п.л} < F_{п.м} + T_{пр}$ ; *II* -  $F_{п.л} > F_{п.м} + T_{пр}$ .

Рисунок 2.7 - Совместное действие сил трения и прилипания

Однако сила трения пласта по налипшей на отвал почве  $F_{пм} = N \operatorname{tg} \varphi_{пм}$  возрастает более интенсивно (более круто), так как  $\varphi_{пм} > \varphi_{п.л}$ . В некоторой точке *a* графики сил  $F_{пм} + T_{пр}$  и  $F_{пм}$  пересекаются. Эта точка может быть названа критической, так как она является переходной от залипания к самоочищению: влево от нее - зона I залипания, вправо - II самоочищения. Слева  $F_{пм} < F_{п.л} + T_{пр}$  и, следовательно, силы трения пласта по налипшей почве оказываются недостаточными, чтобы срывать ее с поверхности отвала - происходит залипание. Справа  $F_{пм} > F_{п.л} + T_{пр}$  и пласт силами трения по налипшим частицам почвы срывает их и увлекает за собой - происходит самоочищение. Замена сплошной поверхности отвала пластинчатой или прутковой приводит к уменьшению опорной площади движущегося пласта, в результате чего при той же силе нормального давления  $TV$  удельное давление  $\sigma$  на рабочую

поверхность возрастает (так как  $\sigma = N/S$ ) и критическая точка как бы смещается влево, отчего вероятность налипания существенно уменьшается.

*Абразивные свойства.* Эти свойства почвы проявляются в износе рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий и зависят главным образом от механического состава и влажности почвы. Установлено, например, что износ лемеха при вспашке 1 га составляет на глинистых и суглинистых почвах 2...30 г, на супесчаных и песчаных с небольшим количеством каменистых включений 30 ... 100 и на песчаных с большим количеством камней 100...450 г. Следовательно, общим критерием абразивности почвы можно считать содержание в ней физического песка и каменистых включений. Высокая абразивность песчаных почв объясняется преобладанием в их составе кварца - самого твердого из минералов, образующих почву.

На абразивные свойства почв влияет и их влажность. С уменьшением ее абразивность глинистых и суглинистых почв увеличивается, а песчаных - уменьшается. Увеличение абразивности в первом случае объясняют увеличением удельных давлений почвы на рабочую поверхность, а уменьшение во втором - тем, что частицы сухого песка приобретают возможность не только скользить, но и перекатываться по поверхности рабочего органа.

*Пластичность.* Это свойство почвы деформироваться под действием внешней нагрузки без нарушения сплошности (образования трещин, распада на части) и сохранять эту деформацию после снятия нагрузки. Пластичность зависит главным образом от механического состава и влажности почвы и измеряется числом пластичности, представляющим собой разность между влажностью почвы при верхнем и нижнем пределах пластичности

$$w_{\Pi} = w_B - w_H, \quad (2.20)$$

где  $w_B$  и  $w_H$  - верхний и нижний пределы пластичности.

Под верхним пределом пластичности (нижним пределом текучести), по Аттербергу, понимают такую влажность почвы, при которой она расплывается

от небольшого сотрясения (будучи помещенной в фарфоровую чашку и разделенной на две половины шпателем, при ударе рукой о чашку вновь сливается), а под нижним пределом пластичности - такую влажность, при которой почвенный образец в виде шарика диаметром 1 см при раскатывании в шнур диаметром 3 мм начинает крошиться. Число пластичности для почв различного механического состава такое: супесь - 1...7, суглинок - 7...17, глина - более 17; песок непластичен.

*Упругость.* Это свойство почвы противопоставляют пластичности. Под упругостью почвы понимают ее свойство восстанавливать свою форму после снятия внешней нагрузки. Следовательно, упругая деформация существует, пока на тело продолжает действовать внешняя сила, вызвавшая эту деформацию. Упругость почвы зависит главным образом от механического состава, влажности и задерненности. Относительное значение упругих деформаций может колебаться от 30 до 80% и более.

*Вязкость.* Это свойство почвы медленно деформироваться как в функции нагрузки, так и в функции времени. Вязкость почвы обусловлена взаимным перемещением составляющих ее фаз: твердой, жидкой и газообразной. Чем продолжительнее действие нагрузки, тем значительнее деформация. Например, при движении трактора по болотистой почве (торфянику) глубина колеи тем больше, чем меньше скорость трактора, и наоборот. При вспашке, когда продолжительность действия нагрузки не превышает нескольких десятых долей секунды, вязкие деформации практически не успевают проявляться и ими можно пренебречь.

*Хрупкость.* Это свойство почвы обычно противопоставляют вязкости. У хрупких тел предел прочности не превышает предела упругости или совпадает с ним. Таким образом, в хрупком теле пластические деформации отсутствуют. Например, пересохшие почвы тяжелого механического состава становятся хрупкими, т. е. при разрушении они практически не испытывают остаточных деформаций. Определенное влияние на характер деформации почвы оказывает и скорость ее механической обработки. При увеличении

скорости обработки почва будет проявлять более хрупкий вид разрушения, так как для развития вязких деформаций необходимо значительное время, а оно будет сокращаться.

Только в определенных частных случаях у почвы может быть одно из перечисленных свойств, т. е. только упругость или пластичность и т. п. В общем же случае почва - упруго-вязко-пластичное тело. Однако с изменением тех или иных параметров почвы изменяются соотношения или утрачиваются те или иные ее фундаментальные свойства. Например, при сильном уменьшении влажности почва может утратить свойства пластичности и вязкости и приобрести свойство хрупкости.

*Диаграмма состояния почвы.* На состояние и свойства почвы влияют механический состав, влажность и задерненность. В зависимости от содержания влаги почвы разного механического состава могут иметь различную консистенцию: быть твердыми, пластичными или текучими. В разное время года почва увлажнена неодинаково и, следовательно, у нее различная консистенция. Влияние механического состава и влажности на консистенцию почвы можно представить в виде диаграммы (рис. 2.8), предложенной Г.Д. Петровым. Кривые верхнего *CE* и нижнего *CD* пределов пластичности разделяют площадь диаграммы на зоны, характеризующие различные консистенции почвы: / - твердую, // - пластичную и /// - текучую.

Почву в основном обрабатывают, когда она находится в твердой консистенции (зона /). В зоне // почва представляет собой тестообразную пластическую массу, прилипающую к рабочим органам, что затрудняет и ухудшает механическую обработку. В зоне /// почва находится в виде текучей бесформенной массы.

Зону / состояния почвы, в свою очередь, можно разделить на подзоны /<sub>1</sub> /<sub>2</sub> и /<sub>3</sub>, существенно различающиеся технологическими свойствами при механической обработке. Левый нижний угол подзоны /<sub>1</sub> соответствует сухому сыпучему песку. При перемещении вправо и вверх в пределах подзоны песок переходит в супесь и легкий суглинок, влажность которых

повышается. Такие почвы относят к легким, они легко рыхлятся рабочими органами машин.

В правом нижнем углу подзоны  $I_3$  - сухая глина, похожая на камень. При движении влево и вверх - глинистая и суглинистая сухая почва, которую с точки зрения механической обработки относят к разряду тяжелых. При механической обработке такой почвы образуются крупные твердые глыбы, создается большое сопротивление рабочим органам. В левом верхнем углу подзоны  $I_2$  находится почва, наиболее благоприятная для механической обработки. Под воздействием рабочих органов она рассыпается на относительно мелкие почвенные агрегаты (комки).

*Влияние задернённости.* К задернённым почвам относят почвы целинных и залежных земель (лугов, пастбищ, осушенных болот и т. п.), полей из-под многолетних трав. Особенность этих почв в том, что их агрегаты оплетены многочисленными корнями растений, придающими им связность и упругость. Основные характеристики задерненных почв — толщина слоя дернины, степень задерненности пахотного слоя и связность дернины. Толщина слоя дернины на минеральных почвах 6... 18 см, на торфяниках достигает 25 см. Масса корней в единице объема, а вместе с ней и связность уменьшаются по мере углубления, т. е. сверху вниз, поэтому такую почву нельзя считать изотропной. Ее следует относить к числу анизотропных (ортотропных) материалов (объектов обработки).

Под связностью дернины понимают отношение усилия, при котором происходит разрыв, к площади поперечного сечения пробы, т. е. максимальное напряжение, или предел прочности на разрыв. Степень задерненности определяют путем взятия проб почвы на глубину пахотного слоя и выделения из них подземной части растений (корней). Масса корней, отнесенная к объему взятой пробы, показывает степень задерненности пахотного слоя. В зависимости от видового состава и продолжительности произрастания растений она колеблется от 4,5 (многолетние травы) до 70 г/дм<sup>3</sup> (целина).

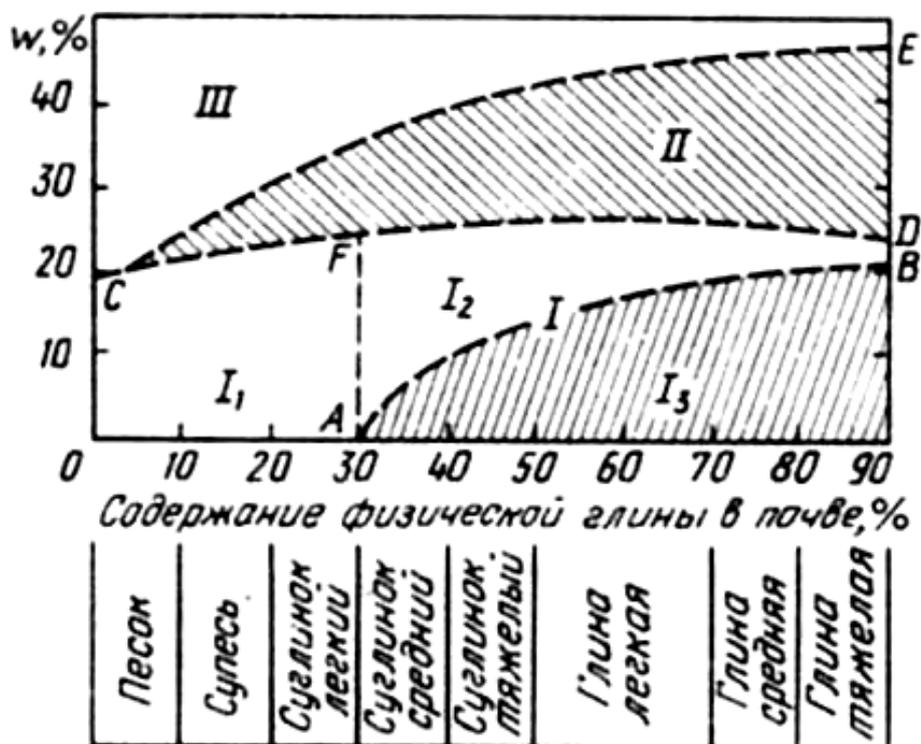


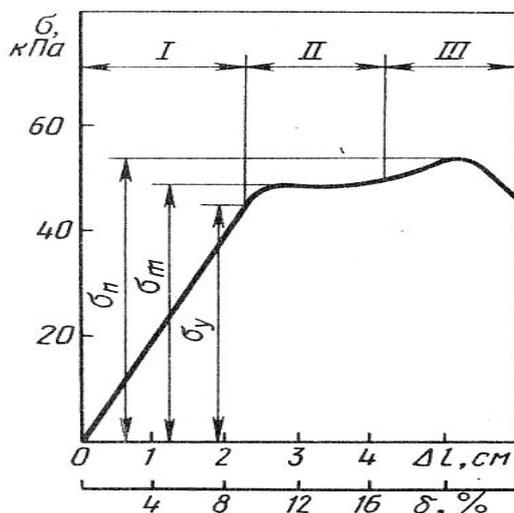
Рисунок 2.8 - Диаграмма состояния почвы в зависимости от ее механического состава и влажности: *I* - твердое; *II*- пластичное; *III* - текучее; *I*<sub>1</sub>-рыхлое; *I*<sub>2</sub> легко-разрыхляемыми комками; *I*<sub>3</sub>- глыбистое

Мощные крупные корни концентрируются лишь в верхнем слое, поэтому, если толщина обрабатываемого пласта превышает толщину слоя дернины, пласт разграничивается на два слоя, резко отличающихся технологическими свойствами: верхний слой нередко ведет себя как упругое тело, а нижний обладает пластичностью, иногда и сыпучестью.

По мере изменения задерненности существенно изменяются прочностные свойства почв. Коэффициент сцепления (предел прочности на сдвиг) связной задерненной почвы в 3...20 раз (в зависимости от задерненности) больше, чем старопахотной. Принципиальные изменения происходят при деформации растяжения. Диаграмма растяжения (рис. 2.9) образца связной задерненной почвы имеет три характерных участка (фазы).

В пределах первой фазы (участок *I*) нормальное напряжение возрастает пропорционально увеличению линейной деформации, во второй фазе (*II*)

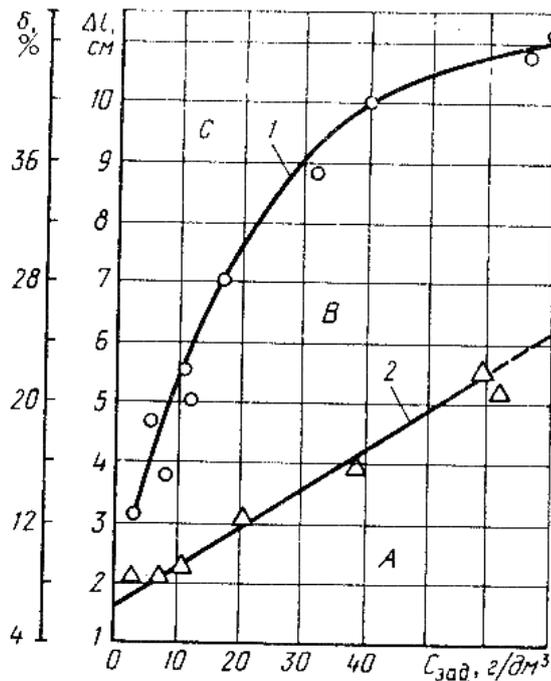
возрастание линейной деформации не вызывает увеличения нормального напряжения и почва «течет», в третьей фазе (III) напряжение несколько возрастает, достигая предела прочности  $\sigma_n$ , затем резко снижается вследствие разрыва образца.



$\delta$  — относительная деформация;  $\sigma_y$  — предел упругости и пропорциональности;  $\sigma_m$  — предел текучести;  $\sigma_n$  — предел прочности; I...III — соответственно фазы упругих деформаций, течения и разрушения почвы (по данным А. В. Барановского)

Рисунок 2.9 - Зависимость нормального напряжения  $\sigma$  растяжения связной задерненной почвы от ее деформации  $\Delta l$  ( $\delta$ )

При этом предел пропорциональности практически совпадает с пределом упругости, релаксация весьма незначительна, т. е. задерненная почва обладает свойствами упругого тела. Упругость задерненной почвы объясняется тем, что каждый почвенный агрегат такой почвы оказывается оплетенным корнями растений, образующими своеобразную сетку, ячейки которой прочно связывают агрегаты между собой. Благодаря эластичности и извилистой форме корешков, а также их высокому сопротивлению на разрыв задерненная почва приобретает упругость и большую связность. Прочностные свойства почвы в зависимости от степени ее задерненности показаны на рисунке 2.10.



1 и 2 - пределы прочности и упругости; A, B и C - зоны упругих, упруго - пластических деформаций и разрушения (по данным А. В. Барановского).

Рисунок 10 - Зависимость предельных деформаций почвы  $\delta(\Delta l)$  от степени ее задерненности  $C_{зад}$

Кривая изменения предела прочности 1 и кривая изменения предела упругости 2 разделяют площадь диаграммы на три зоны: A - упругих деформаций, B - упругопластических деформаций, C - разрушения. Упругие деформации происходят главным образом в результате выпрямления и растягивания извилистых корней, а пластические - из-за деформации смятия контактирующей с ними почвы. Исходя из того что наиболее высококачественным и наименее энергоемким способом основной обработки связных задерненных почв является оборот пласта сплошной неразрывной лентой, его деформации не должны выходить за пределы зон A и B. Разрывы пласта в процессе его оборачивания на куски приводят к беспорядочной, хаотической их укладке.

## 2 Клины - как основа формы рабочих органов почвообрабатывающих машин

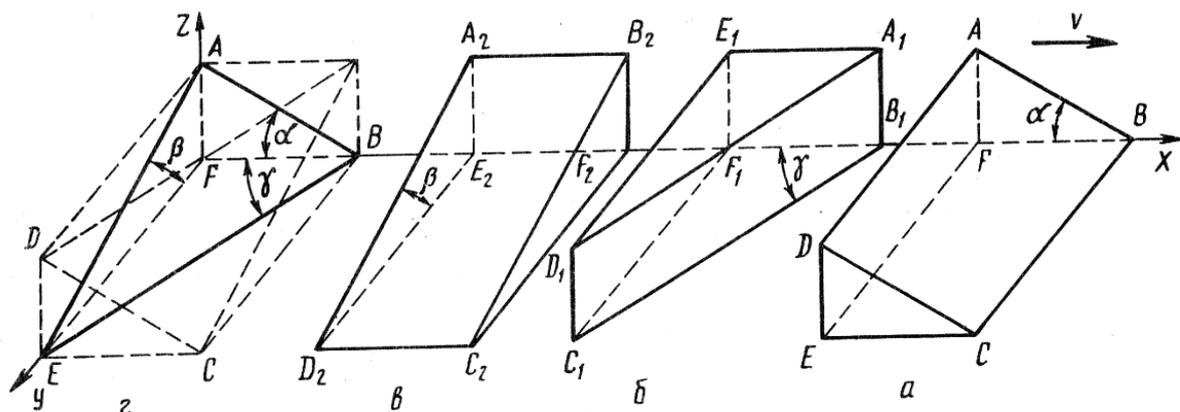
Всякий технологический процесс механической обработки представляет собой процесс взаимодействия рабочего органа с обрабатываемым материалом. Следовательно, характер этого процесса зависит от геометрической формы рабочего органа и свойств обрабатываемого материала. Согласно В. П. Горячкину, клин - единственно возможная форма рабочего органа почвообрабатывающей машины или орудия. Следовательно, действие на почву рабочих органов почвообрабатывающих машин в первом приближении можно представить как воздействие клиньев различной формы.

Разновидности клиньев. Согласно В.П. Горячкину, в пространстве трех измерений наиболее простым элементарным клином является плоский двугранный. При этом можно представить три разновидности элементарного плоского двугранного клина, каждая из которых имеет различные технологические свойства (рис. 2.11).

Клин  $ABCDEF$  (рис. 2.11 а) имеет рабочую грань  $ABCD$  и опорную  $BCEF$ . Ребро  $BC$ , перпендикулярное к направлению движения, подрезает почвенный пласт в горизонтальной плоскости, а рабочая грань поднимает его на себя. При подъеме пласт изгибается и крошится. Чем больше угол  $\alpha$ , тем значительнее крошение пласта, поэтому угол  $\alpha$ , расположенный в продольно-вертикальной плоскости, называют углом крошения.

Другой элементарный клин  $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$  (рис. 2.11, б) имеет рабочую грань  $A_1B_1C_1D_1$  и опорную  $A_1B_1E_1F_1$ . Ребро  $A_1B_1$  этого клина отрезает почвенный пласт в вертикальной плоскости. Под действием рабочей грани пласт сдвигается в сторону, одновременно изгибаясь в горизонтальной плоскости. Основным параметром клина - угол  $\gamma$  - расположен в горизонтальной плоскости. Клин с углом  $\gamma$  в горизонтальной плоскости оказывает такое же воздействие на пласт, как и клин с углом  $\alpha$  в вертикальной. Следовательно, воздействие двух клиньев с углами  $\alpha$  и  $\gamma$

способствует рыхлению пласта в двух разных плоскостях. Клин с углом  $\gamma$  способен сдвигать пласт в сторону открытой борозды, поэтому угол  $\gamma$  получил название угла сдвига.



$a...в$  - соответственно с углами крошения  $a$ , сдвига и наклона  $\beta$ ;  $г$ -косой трехгранный с углами  $a$ ,  $\gamma$  и  $\beta$ .

Рисунок 2.11 - Разновидности плоских клиньев

Третий элементарный клин  $A_2B_2C_2D_2E_2F_2$  (рис. 2.11, в) снабжен рабочей гранью  $A_2B_2C_2D_2$  и опорной  $C_2D_2E_2F_2$ . Попад на его рабочую грань, пласт оказывается наклоненным в поперечно-вертикальной плоскости. При этом чем больше угол  $\beta$ , тем значительнее наклон (поворот) пласта в поперечно-вертикальной плоскости. Для полного оборота пласта необходимо иметь множество аналогичных клиньев с постепенно возрастающим углом  $\beta$ . Следовательно, угол  $\beta$ , расположенный в поперечно-вертикальной плоскости, характеризует оборачивающую способность рабочей поверхности.

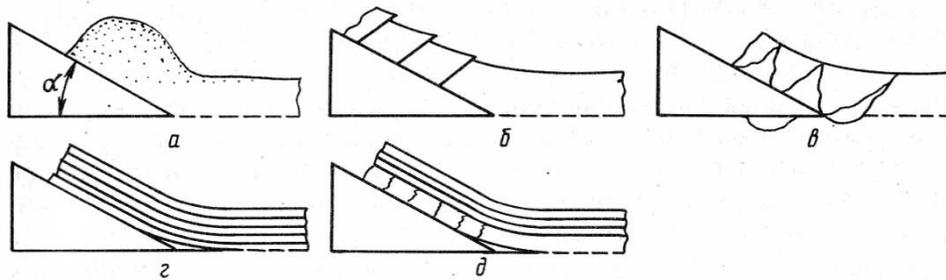
Создавать орудие, воздействующее на пласт тремя последовательно расположенными элементарными клиньями с углами  $a$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , нецелесообразно. Тем более что в природе может существовать такой более сложный клин, который один совмещает все перечисленные технологические свойства трех элементарных клиньев. Чтобы убедиться в этом, клин  $ABCDEF$  переместим в начало координат (рис. 2.11, г) и на его ребрах  $FA$ ,  $FB$  и  $FE$  построим клинья с углами  $\beta$  к  $\gamma$  (штриховые линии). Соединив точки  $A$ ,  $B$  и  $E$

сплошными линиями, получим клин  $ABEF$ . В. П. Горячкин назвал его косым трехгранным клином. Он имеет одну рабочую грань  $ABE$  и две опорных:  $ABF$  и  $BEF$ . Как видим, положение в пространстве его рабочей грани характеризуется углами  $\alpha$ ,  $\gamma$  и  $\beta$ . Следовательно, косой трехгранный клин  $ABEF$  может одновременно поднимать, сдвигать и наклонять пласт, т. е. объединяет действия трех простых клиньев и способен выполнять одновременно и в совокупности все те технологические операции, которые выполняют три последовательно расположенных элементарных клина. Эти углы связаны между собой определенной зависимостью. Следует заметить, что применявшиеся в древности почвообрабатывающие орудия (римский плуг, украинский сабан и т. п.) имели плоские рабочие поверхности, очень похожие на рабочую поверхность косого трехгранного клина. Почвообрабатывающие орудия в некоторых современных развивающихся странах и до сих пор мало отличаются от них.

### **3 Основы процесса взаимодействия клина с почвой**

Влияние технологических свойств почвы. Характер деформации почвы под воздействием одного и того же элементарного клина, например с углом  $\alpha$ , может быть весьма разнообразным в зависимости от ее свойств и состояния. Как было показано, в зависимости от механического состава, влажности и задерненности почва может быть сыпучей, пластичной, хрупкой или упругой.

Легкие песчаные почвы распадаются на элементарные частицы и струживаются перед клином (рис. 2.12, а). Это происходит вследствие того, что силы трения почвы о клин оказываются больше, чем силы сцепления между элементарными частицами. При воздействии клина на пластичную почву, пласты которой не способны оказывать значительного сопротивления изгибу, деформация почвы включает две периодически повторяющиеся фазы: уплотнение (смятие) почвы до некоторого предела и скалывание (сдвиг) уплотненной почвы в виде кусков трапецеидальной формы (рис. 2.12, б).



а - легкая песчаная (сыпучая); б - пластичная; в - тяжелая сухая; г - задерненная влажная; д - включающая задерненный и нездерненный слой.

Рисунок 2.12 - Виды деформаций почвы клином при разном механическом составе, влажности и задерненности

В зависимости от связности почвы трапецеидальные куски могут сохранять связь между собой или отрываться один от другого. При воздействии клина на сухую тяжелую почву (с большим содержанием глинистых частиц) пласт раскалывается на глыбы неправильной формы, дно борозды оказывается неровным и изрытым (рис. 2.12, в). При воздействии клина на достаточно влажную задерненную почву, обладающую свойством упругости, пласт имеет вид сплошной бесконечной ленты (рис. 2.12, г). Трещина распространяется в горизонтальном направлении, изгиб пласта происходит без существенных остаточных деформаций.

Если толщина пласта превышает толщину слоя дернины, то пласт состоит из двух разнородных слоев, резко отличающихся прочностными свойствами (рис. 2.1, д). Верхний слой обладает упругостью и высокой прочностью, нижний - пластичностью, а иногда и сыпучестью. В нижнем слое возникают напряжения растяжения от изгиба, которые, достигнув предела прочности, приводят к образованию трещин. При дальнейшем движении пласта по рабочей грани клина эти трещины, как правило, смыкаются и пласт сохраняет вид сплошной ленты.

Наиболее распространены старопахотные суглинистые и супесчаные почвы. В зависимости от их влажности они ведут себя как пластичные или

хрупкие среды (материалы). Рассмотрим каждую из них более подробно. В качестве рабочего органа примем простой двухгранный клин с углом  $\alpha$ .

Пластичная почва под действием такого клина прежде всего подвергается смятию. При этом почвенные агрегаты  $a$  и  $b$  перемещаются в направлении действующей на каждый из них силы  $N$  (при отсутствии скольжения) (рис. 2.13, а) или силы  $R$  (при скольжении) (рис. 2.13, б). Их перемещения  $a_0a_1$  и  $b_0b_1$  представляют собой деформации смятия пласта в разных сечениях. Опустив из точек  $a_0$  и  $b_0$  перпендикуляры на дно борозды, получим два треугольника  $a_0a_1a_2$  и  $b_0b_1b_2$ . Так как  $\Delta a_0a_1a_2 \sim \Delta b_0b_1b_2$ , то  $a_0a_1/a_1a_2 = b_0b_1/b_1b_2$ , т. е. деформация смятия почвы клином пропорциональна высоте расположения точки их контакта над дном борозды.

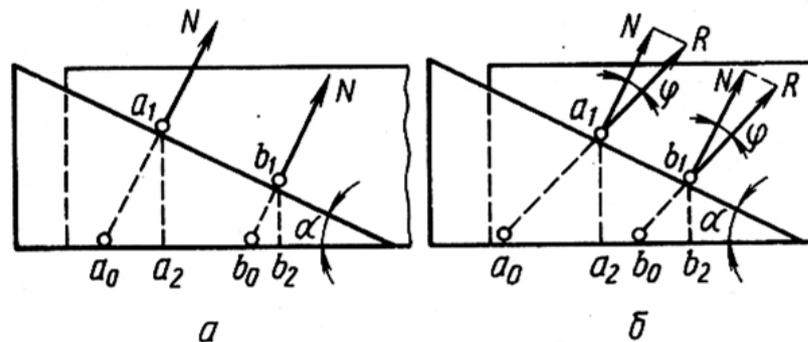
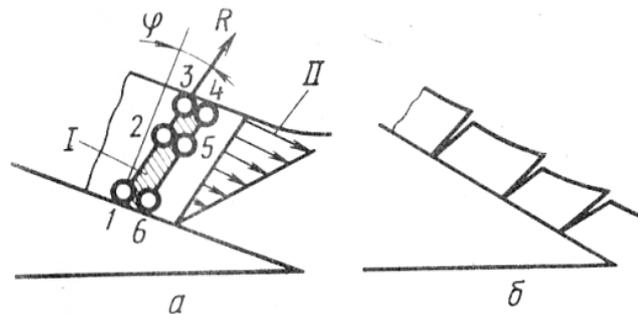


Рисунок 2.13 - Схемы смятия пласта под действием клина: а - без скольжения (без учета сил трения); б - при скольжении (с учетом сил трения)

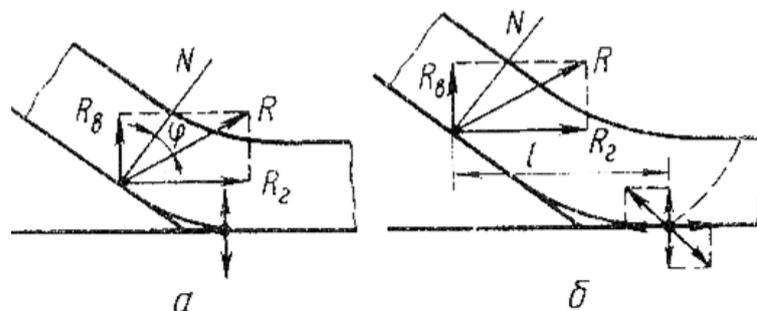
Рассмотрим, что происходит в толще почвенного пласта, находящегося на рабочей поверхности клина (рис. 2.14). Двумя плоскостями, параллельными силе  $R$  и перпендикулярными к плоскости чертежа, выделим тонкий слой почвы (заштрихован). По мере перемещения вверх по поверхности клина смятие выделенного слоя будет все больше возрастать и прекратится, когда достигнет дневной поверхности почвы. При этом дальнейшее уплотнение, т. е. сближение составляющих пласт частиц, прекратится и он как бы превратится в монолит. Допустим, что на верхней границе выделенного слоя в данный момент смятие прекратилось и частицы 1, 2 и 3 перемещаются в направлении силы  $R$  с одинаковой скоростью.



I - выделенный слой почвы (заштрихован); II - эпюра касательных напряжений сдвига; 1...6 - частицы почвы в выделенном слое.

Рисунок 2.14 - Схема (а), раскрывающая физическую сущность процесса деформации пластичной малосвязной почвы клином (по В. А. Желиговскому), и вид деформированного пласта (б)

В этот же момент на нижней границе выделенного слоя смятие продолжается и расстояние между частицами 6, 5 и 4 продолжает сокращаться.



а - образование опережающей трещины; б - отрыв глыбы при косом изломе

Рисунок 2.15 - Схемы воздействия клина на связный сухой почвенный пласт тяжелого механического состава (по В. А. Желиговскому)

При этом, чем дальше почвенная частица отстоит от рабочей поверхности клина, тем меньше скорость ее движения по направлению силы  $R$ . Вследствие разности скоростей между частицами 2, 5 и 3, 4, связанными между собой силами сцепления, возникнут касательные напряжения. Их эпюра показана на

(рис.2.14, а). Когда напряжения сдвига достигнут предела прочности, связи между частицами 3, 4 и 2, 5 будут разрушены, произойдет сдвиг. Вышележащий монолит по поверхности сдвига переместится вперед. Трещина сдвига начнется у дневной поверхности и распространится в глубь пласта. Так как этот процесс периодически повторяется, то почвенный пласт распадется на трапециевидные глыбы (рис. 2.14, б).

Твердая (хрупкая) почва под действием такого же клина ведет себя иначе. Разложив силу  $R$  на горизонтальную  $R_x$  и вертикальную  $R_y$  составляющие, обнаруживаем, что сила  $R_x$  действует на пласт, как продольная сжимающая сила, а сила  $R_y$ , как поперечная, вызывающая в плоскости дна борозды нормальные напряжения растяжения. Под действием силы  $R_x$  твердый сухой пласт практически не деформируется, действие же силы  $R_y$  приводит к отрыву пласта от дна борозды, образованию опережающей трещины (рис. 2.15, а). С уходом вершины опережающей трещины вперед увеличивается плечо  $l$  и к нормальным напряжениям растяжения в плоскости дна борозды присоединяются напряжения растяжения пласта от изгиба (рис. 2.1, б). Их равнодействующая, достигнув предела прочности, вызывают поперечный кривой излом пласта, который начинается в нижней его части в плоскости, перпендикулярной к их действию, и распространяется вверх (показан штриховой линией).

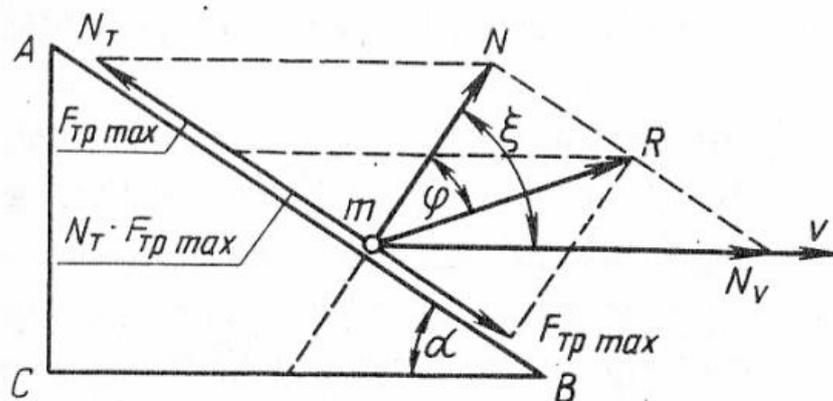


Рисунок 2.16 - Силы, действующие на почвенную частицу  $m$  в процессе взаимодействия клина с почвой

Почвенный пласт распадается на глыбы неправильной формы, дно борозды оказывается изрытым.

Влияние угла установки рабочей грани клина. Клин  $ABC$ , погруженный в почву и перемещаемый слева направо, давит на каждую соприкасающуюся с его рабочей гранью  $AB$  частицу  $m$  пласта силой  $N$  (рис. 2.16). Разложив силу  $N$  по направлению скорости и по касательной к рабочей грани  $AB$ , получим две составляющих  $N_v$  и  $N_T$ . При этом в зависимости от значения угла  $\alpha$  и связанного с ним угла  $\zeta$  возможны два режима работы клина: почва скользит вдоль его рабочей грани (аналоги - лемех, лапа культиватора и т.п.), почва сгуживается перед рабочей гранью (аналоги - отвал бульдозера, нож грейдера и т. п.).

Движение частицы  $m$  вдоль рабочей грани  $AB$  возможно при условии, что  $N_T > F_{тр\ max}$ . Так как  $N_T = Ntg\zeta$ , а  $F_{тр\ max} = N \operatorname{tg} \varphi$ , то условие скольжения будет иметь вид

$$Ntg\zeta > N \operatorname{tg} \varphi \quad (2.21)$$

Формула (2.21) представляет собой условие скольжения почвы (материала) по рабочей грани клина (рабочего органа) и может быть сформулировано в общем виде так: скольжение материала по поверхности рабочего органа наблюдается, когда угол  $\zeta$  между направлениями скорости и нормали к рабочей поверхности больше, чем угол трения материала по рабочей поверхности. Так как  $\zeta = \pi/2 - \alpha$ , что следует из (рис. 2.16), то условие скольжения можно записать в виде

$$\alpha < \pi/2 - \varphi \quad (2.22)$$

В этом случае (рис. 2.16) сила трения достигает своего наибольшего значения  $F_{Трmax} = Ntg\varphi$ , но не может полностью уравновесить силу  $N_T$ . Следовательно, на частицу  $m$  действуют оставшаяся неуравновешенной часть силы  $N_T$ , равная  $Ntg\zeta - Ntg\varphi$ , и составляющая  $N_v$ . Сумма этих двух сил дает равнодействующую  $R$ . Тот же результат получим, если, не раскладывая силу  $N$

на составляющие, сложим ее с силой  $F_{Tp \max} = Ntg\varphi$ . Из силового треугольника, стороны которого силы  $N$ ,  $F_{Tp \max}$  и  $R$ , следует, что при скольжении материала по рабочей поверхности угол между равнодействующей  $R$  и нормалью  $N$  всегда равен углу трения  $\varphi$ .

Если же  $\zeta < \varphi$ , то силы  $N_T$  и  $F_{Tp}$  взаимно уравновешиваются, скольжения почвы вдоль рабочей грани клина не наблюдается и направление движения частицы  $m$  совпадает с направлением скорости  $v$  клина, так как единственной движущей силой частицы  $m$  будет сила  $N_v$ . Клин толкает вперед массу сгрудившейся перед ним почвы.

Полученные закономерности справедливы и для других двугранных и трехгранных клиньев. Например, по аналогии условие скольжения вдоль рабочей поверхности клина с углом  $\gamma$

$$\gamma < \pi / 2 - \varphi, \quad (2.23)$$

Характер изменения сопротивления почвы. Как было показано, геометрическая форма рабочего органа (клина) и технологические свойства почвы обуславливают, как правило, циклический характер процесса их взаимодействия. При этом деформация почвенного пласта складывается из двух фаз. В первой малосвязная пластичная почва уплотняется (сминается), а связный сухой почвенный пласт тяжелого механического состава активно сопротивляется изгибу, вследствие чего сопротивление почвы и в первом, и во втором случае резко возрастает от некоторого минимального значения до максимального. Когда касательные напряжения сдвига в первом случае или суммарные напряжения растяжения во втором достигают предела прочности, пласт разрушается (сдвиг или поперечный косой излом - отрыв). С этого момента начинается вторая фаза - сопротивление почвы резко снижается от максимума до минимума. Обе эти фазы и составляют один цикл изменения сопротивления почвы клину. Частота и амплитуда этих колебаний зависят от скорости движения клина, глубины обработки и

технологических свойств почвы.

Одновременно с циклическими колебаниями происходят и микроколебания (пилообразные колебания) сопротивления почвы, которые обусловлены главным образом неоднородностью почвы (наличие пустот, камней, корешков и т. п.). Нециклический характер сопротивления почвы клину характерен лишь для связного упругого, задерненного по всей толщине пласта, отрываемого сплошной бесконечной лентой.

## Лекция 3. Орудия для основной обработки почвы

Вопросы:

- 1 Классификация плугов.
- 2 Агротехнические требования к вспашке.
- 3 Типы корпусов.
- 4 Обзор конструкций плугов.

### 1 Классификация плугов

*По конструкции* плуги делятся на:

- лемешные;
- дисковые;
- чизельные;
- ротационные;
- комбинированные.

Лемешные плуги наиболее распространены;

Дисковые – используются для вспашки тяжелых почв и при лесовосстановительных работах;

Ротационные и комбинированные – в зависимости от условий и требований агротехники.

По назначению плуги делятся на:

- о б щ е г о назначения - для вспашки старопахотных земель;
- с п е ц и а л ь н о г о назначения, (кустарниково-болотные, плантажные, ярусные, садовые, лесные, виноградниковые и т.д.). Их применяют при освоении земель или в специфических условиях.

По способу агрегатирования плуги делят на:

- п р и ц е п н ы е – при транспортировании передняя и задняя часть плуга опирается на колеса;

- п о л у н а в е с н ы е – при транспортировании передняя часть плуга опирается на навеску трактора, а задняя на колесо;

- н а в е с н ы е – при транспортировке плуг полностью поднимается над поверхностью навеской трактора.

По технологическому процессу плуги делятся на:

- плуги для с в а л ь н о – р а з в а л ь н о й вспашки (снабжены правооборачивающими корпусами);

- плуги для г л а д к о й вспашки (снабжены право- и левооборачивающими корпусами). К таким плугам также относятся фронтальные, челночные, клавишные, балансирные, поворотные).

Гладкая вспашка не имеет свальных гребней и развальных борозд. Выполняют её при челночном способе движения, начиная с любого края поля.

По роду тяги плуги делятся на:

- тракторные;

- конные;

- ручные;

- мотоблочные;

- конатно-блочные.

## **2 Агротехнические требования к вспашке**

Вспашку проводят в агротехнические сроки при достижении физической спелости почвы. (абсолютная влажность: - подзолистые – 12...15%; дерново-подзолистые – 12...22%; черноземы – 17...30%).

Влажная почва не крошится, налипает на рабочие органы, вследствие чего увеличивается тяговое сопротивление и энергетические затраты.

Зяблевую вспашку старопахотных земель и первичную вспашку целинных выполняют лемешными плугами с предплужниками.

Перепахку пара и запашку навоза проводят без предплужников.

Каменистые почвы пахут плугами с предохранителями.

Задернелые почвы пахут с оборотом, но без рыхления.

Для интенсивного крошения пласта применяются дополнительные приспособления прицепленные к плугу: ПВР-2,3; 3,5 или зубовые бороны.

Для уничтожения плужной подошвы, образующейся после многолетней вспашки лемешными плугами, применяют корпуса с почвоуглубителями или чизельные плуги.

К основной обработке почвы предъявляются следующие агротехнические требования:

- отклонение глубины вспашки -  $\pm 5\%$  на ровных и  $\pm 10\%$  на неровных участках;
- отклонение фактической ширины захвата от конструктивной:  $\pm 10\%$ ;
- растительные остатки должны быть заделаны полностью, (не менее 95%);
- высота гребней – не более 5 см;
- не допускаются высокие свальные гребни и глубокие развальные борозды, а также скрытые непропаханные участки (огрехи);
- суммарная площадь, занимаемая комками размером  $> 10$  см., допускается не более 15% от площади пашни;
- скорость вспашки: 1,4...2,2 м/с для обычных, и 2,2...2,3 м/с для скоростных корпусов.

### **3 Типы корпусов**

Качество вспашки зависит от конструкции корпуса плуга, геометрической формы и расположения его рабочей поверхности относительно дна и стенки борозды.

По конструкции корпуса различают:

- *Культурные* (рис. 3.1) – хорошо оборачивают и рыхлят почвенный пласт. Такие корпуса применяют для вспашки старопахотных земель.

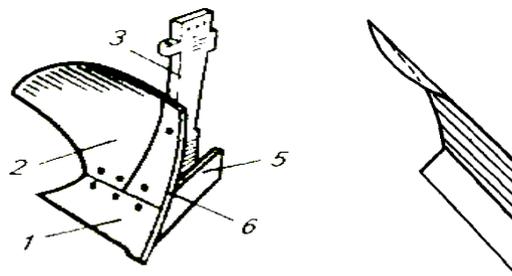


Рисунок 3.1 – Схема корпуса с отвалом культурного типа

- *Полувинтовые* (рис. 3.2) – хорошо оборачивают пласт, но хуже рыхлят его. Применяются для вспашки сильно задернелых и целинных почв.

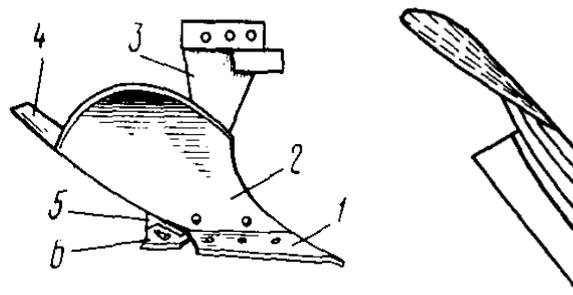


Рисунок 3.2 – Схема корпуса с отвалом полувинтового типа

*Винтовые* (рис. 3.3) – обеспечивают полный оборот пласта без его рыхления и создают наилучшие условия для разложения пожнивных остатков и дернины.

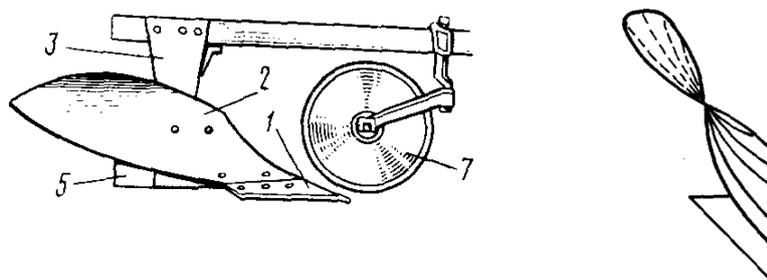


Рисунок 3.3 – Схема корпуса с отвалом винтового типа

*Безотвальные* (рис. 3.4) – выполняет рыхление почвы без оборота пласта. Применяют при обработке почв в ветроэрозионных и засушливых районах.

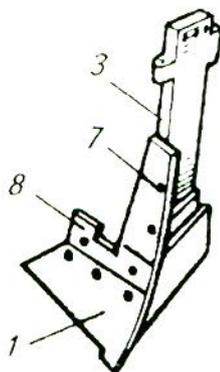


Рисунок 3.4 – Схема безотвального корпуса

*Вырезные корпуса* (рис. 3.5) – служит для отвальной вспашки подзолистых почв и одновременного углубления пахотного горизонта на 4...5 см.

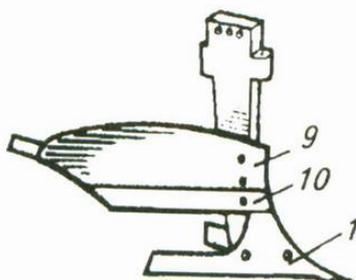


Рисунок 3.5 – Схема вырезного корпуса

*Корпуса с накладным долотом, углоснимом и вертикальным ножом* (рис. 3.6) – предназначены для вспашки твердых почв, засоренных камнями.

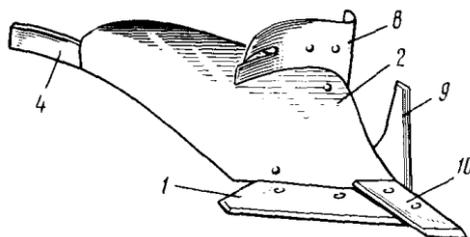


Рисунок 3.6 – Корпус с накладным долотом

- *Корпуса с почвоуглубителем* (рис. 3.7) – применяются для вспашки подзолистых, каштановых почв и маломощных черноземов с одновременным углублением пахотного слоя на 6...15 см.

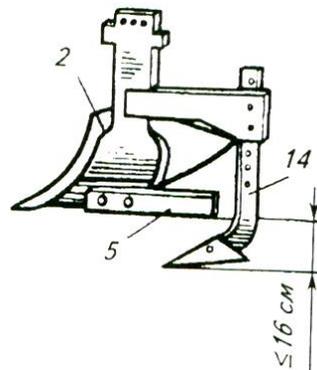


Рисунок 3.7 – Схема корпуса с почвоуглубителем

- *Дисковые* (рис. 3.8) – применяются для вспашки тяжелых твердых почв, засоренных древесными корнями, а также для переувлажненных почв при возделывании риса.

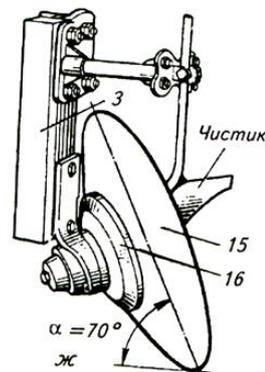


Рисунок 3.8 – Схема дискового корпуса

*Комбинированные корпуса* (рис. 3.9) – предназначены для вспашки тяжелых почв с одновременным интенсивным рыхлением почвенного пласта.

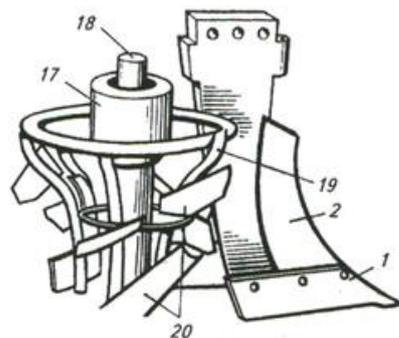


Рисунок 3.9 – Схема комбинированного корпуса

*Корпуса для ромбической вспашки* (рис. 3.10) снабжены двумя лемехами: нижним 1, как у традиционного корпуса, и боковым 11. Благодаря боковому лемеху образуется наклонная стенка борозды, обеспечивающая большее пространство для прохода работающих в борозде колес трактора и меньшие потери на их перекатывание.

Такие корпуса применяют на плугах зарубежных марок.

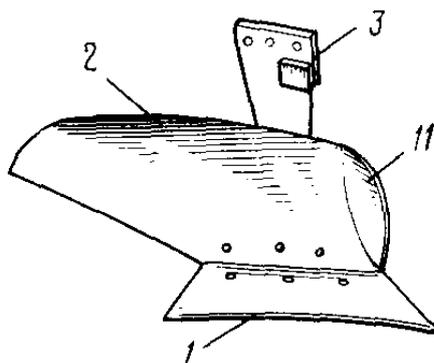


Рисунок 3.10 – Схема корпуса для ромбической вспашки

*Детали лемешного, отвального корпуса* (рис. 3.11).

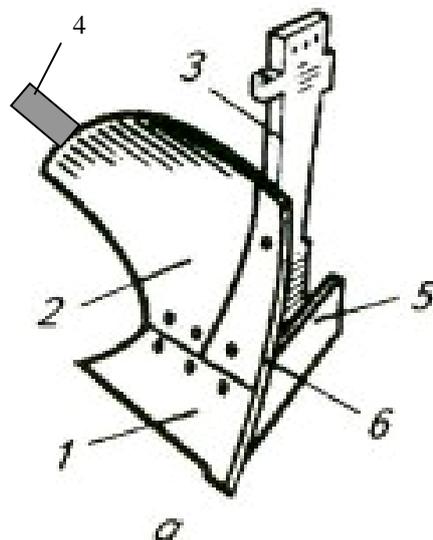
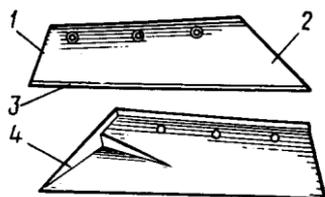


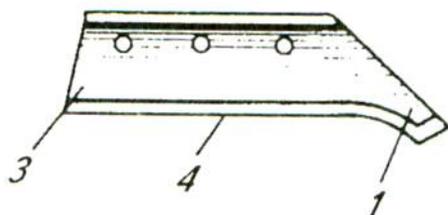
Рисунок 3.11 – Детали лемешного, отвального корпуса (обозначения в тексте)

Лемех (рис. 3.11, поз. 1) – подрезает почвенный пласт в горизонтальной и частично в вертикальной плоскости.

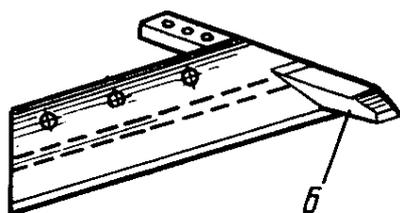
Лемеха бывают:



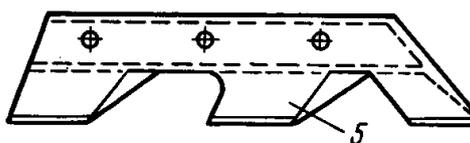
- *Трапецидальные* – образуют ровное дно борозды. Устанавливают на предплужниках и плугах работающих на легких почвах.



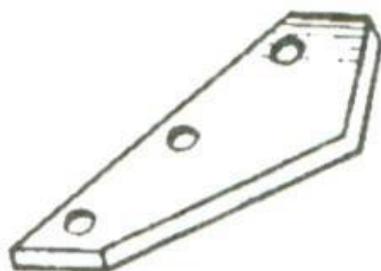
- *Долотообразные* – хорошо заглубляются, особенно на тяжелых почвах, и обеспечивают устойчивую глубину вспашки.



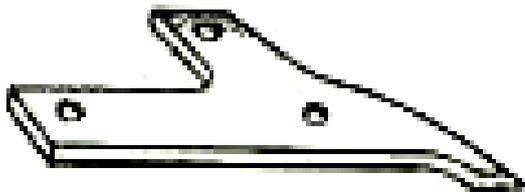
- *С выдвижным долотом* – применяются для работы в очень тяжелых условиях (каменистые почвы, раскорчеванные участки). По мере изнашивания долото выдвигают вперед.



- *Зубчатые* – имеют прерывистое лезвие, благодаря которому происходит частичное подрезание, а также отрыв пласта снизу. Так как сопротивление почвы на отрыв меньше, чем на резание, то при использовании таких лемехов тяговое сопротивление корпуса снижается.



- *Треугольные* – применяют на некоторых специальных плугах, картофелекопателях, каналокопателях и рыхлителях, когда требуется создать большое давление лезвия на отрезаемый пласт.



- *Вырезные* – устанавливаются на вырезных корпусах.

*Отвал* (рис. 3.11, поз. 2) – отрезает почвенный пласт от стенки борозды, деформирует его (рыхлит), сдвигает в сторону и оборачивает верхним слоем вниз.

Особенно большое давление испытывает грудь отвала (рис. 3.11, поз. 6), поэтому изнашивается быстрее, чем крыло. Грудь может быть съемной.

В зависимости от геометрической формы поверхности отвала корпуса делятся на: культурные, полувинтовые, винтовые и цилиндрические.

Для улучшения оборачивания пласта и заделки дернины на корпусах работающих на задернелых и каменистых почвах устанавливают *углоснимы*.

*Стойка* (рис. 3.11, поз. 3) – предназначена для крепления корпуса к раме плуга. Стойки могут быть цельнолитые и разъемные. Во втором случае к стойке крепится башмак. На башмаке крепятся детали корпуса. По форме сечения стойки могут быть: круглые и прямоугольные.

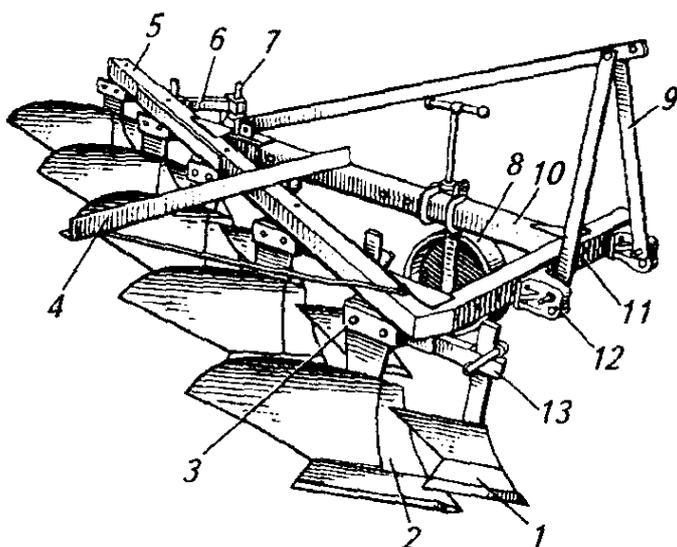
*Перо отвала* (рис. 3.11, поз. 4) - предназначено для дооборачивания почвенного пласта.

*Полевая доска* (Рис. 3.11, поз. 5) – обеспечивает устойчивый ход корпуса, предохраняет стойку 3 от истирания и разгружает ее от изгибающего и крутящего момента, возникающего под действием бокового давления пласта почвы.

#### **4 Обзор конструкций плугов**

*Навесной лемешный плуг ПЛН – 5 – 35* (рис. 3.12).

На плуге установлено 5 корпусов шириной захвата 35 см.



1 – предплужник; 2 – корпус; 3 – угольник; 4 – прицепка для борон; 5 – главная балка; 6 – кронштейн крепления ножа; 7 – дисковый нож; 8 – опорное колесо; 9 – навеска; 10 – продольная балка; 11 – поперечная балка; 12 – кронштейн; 13 – кронштейн предплужника.

Рисунок 3.12 – Вид плуга ПЛН – 5 – 35

Регулировки плуга:

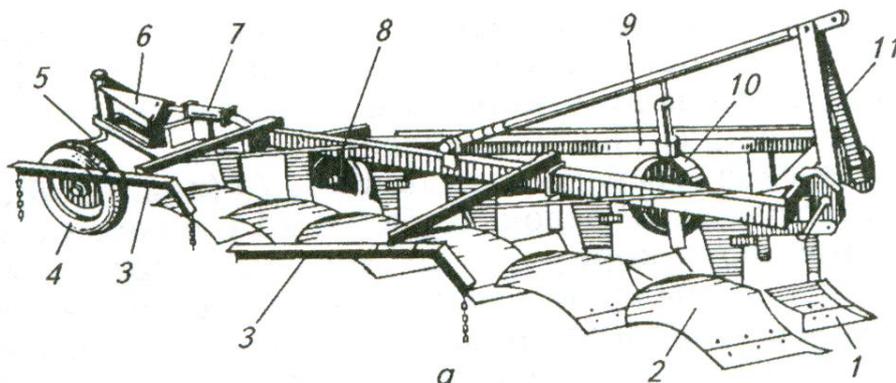
- глубину вспашки всеми корпусами изменяют вращением винта механизма опорного колеса;
- продольный перекося рамы плуга устраняют вращением стяжки центральной тяги навески трактора.
- поперечный перекося рамы плуга устраняют вращением вертикальных раскосов навески трактора.

*Шестикорпусной полунавесной плуг ПЛП – 6 – 35 (рис. 3.13).*

В отличие от навесных плугов, полунавесные плуги в транспортном положении передней частью опираются на навеску трактора, задней - на опорное колесо (рис. 3.13, поз. 4).

Регулировки плуга.

- Глубину вспашки – регулируют вращением винта механизма опорного колеса 10 и болта, расположенного в механизме подъема (опускания) заднего опорного колеса 4.



1 – предплужник; 2 – корпус; 3 – прицепки для борон; 4 – заднее опорное колесо; 5 – коленчатая ось; 6 – водило; 7 – гидроцилиндр; 8 – дисковый нож; 9 – продольная балка; 10 – опорное колесо; 11 – навеска.

Рисунок 3.13 – Вид плуга ПЛП – 6 – 35

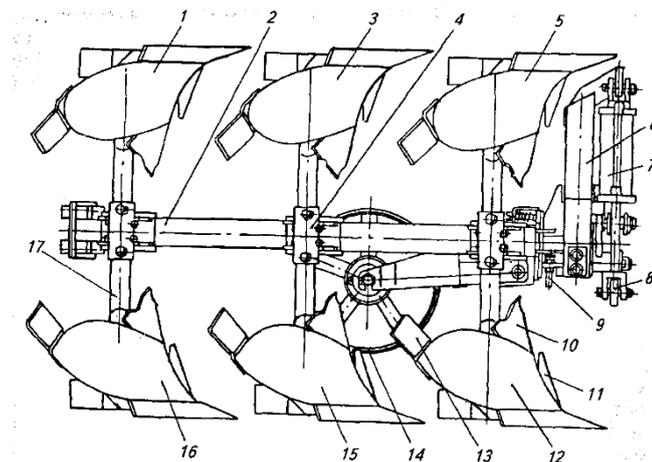
- Продольный перекос рамы плуга – регулируют болтом механизма подъема (опускания) заднего опорного колеса.

- Поперечный перекос рамы плуга – регулируют стяжками вертикальных раскосов механизма навески трактора.

- Равномерность глубины вспашки передних и задних корпусов - регулируют изменением длины догрузателя 12.

*Навесной оборотный плуг ПНО – 3 – 30 (рис. 3.14).*

Плуг предназначен для гладкой вспашки (без свальных гребней и развальных борозд). Вспашку начинают с любого края поля и выполняют челночным способом.

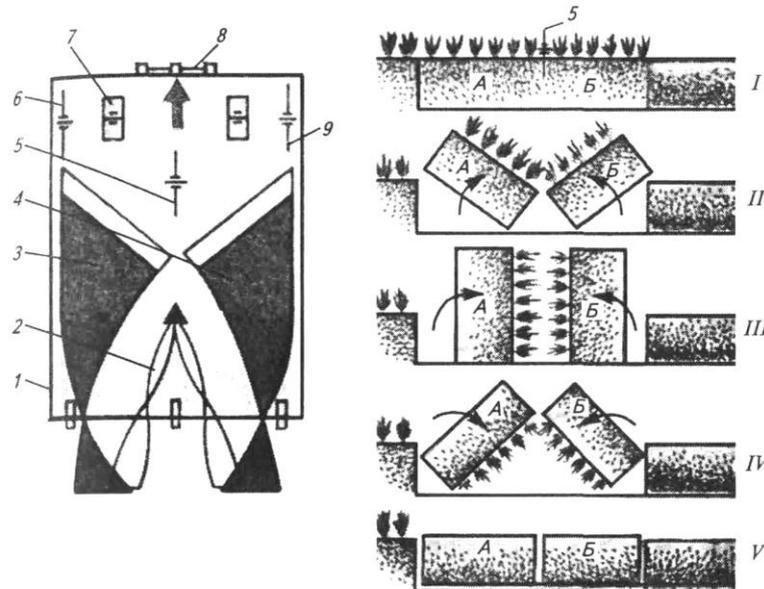


1, 3, 5 – левооборачивающие корпуса; 2 – рама; 4 – накладка; 6 – навеска; 7 – гидроцилиндр; 8 – кулак; 9 – болт; 10 – углосним; 11 – нож; 12, 15, 16 - правооборачивающие корпуса; 17 – стойка.

Рисунок 3.14 – Схема плуга ПНО – 3 – 30

*Фронтальный плуг (рис. 3.15).*

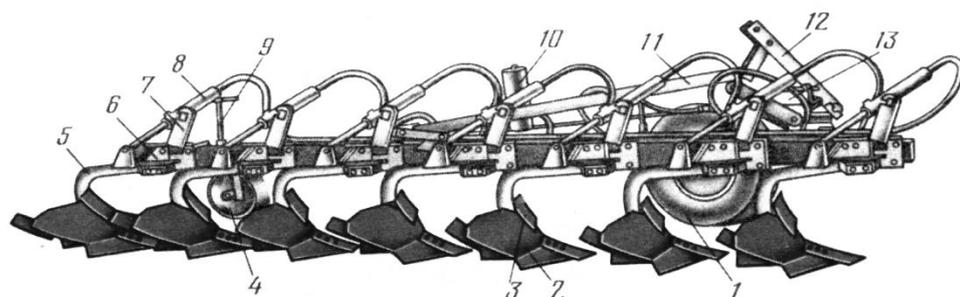
Плуг предназначен для гладкой вспашки задернелых почв с оборотом пласта на  $180^\circ$  и укладкой пластов в собственные борозды.



1 – рама; 2 – заплужник; 3, 4 – основные корпуса; 5, 6, 9 – дисковые ножи, 7 – колесо; 8 – навеска; А и Б – пласты.

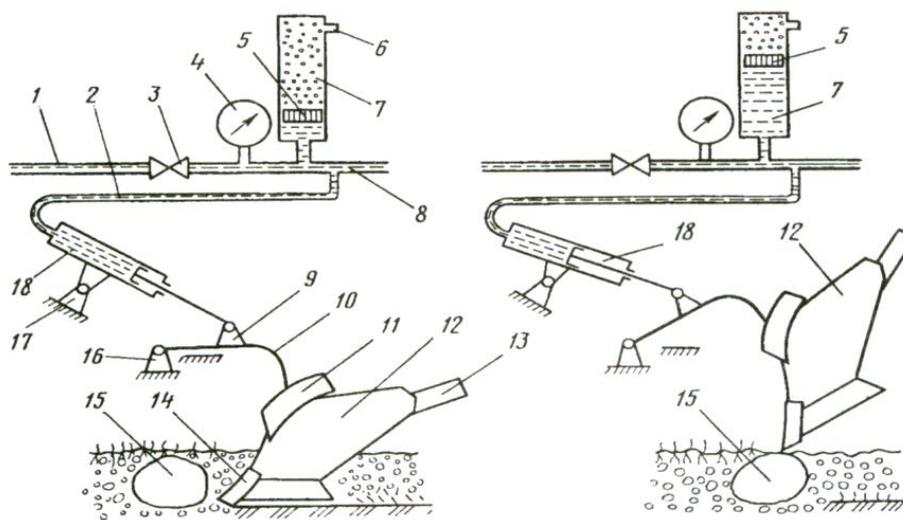
Рисунок 3.15 – Схема плуга ПНО – 3 – 30

*Навесной плуг с гидроневматическим предохранителем ПГП – 7 – 40 (Рис. 3.15 а).*



1 – переднее колесо; 2 – корпус; 3 – углосним; 4 – заднее колесо; 5 - грядиль корпуса; 6 – кронштейн гидромеханизма корпуса; 7 – стойка кронштейна гидромеханизма; 8 – корпус предохранительного механизма; 9 – винтовой механизм заднего колеса; 10 – гидропневмоаккумулятор; 11 – гибкая тяга навески; 12 – навеска; 13 – предохранительный гидроцилиндр переднего колеса.

Рисунок 3.15 а – Общий вид плуга ПГП-7-40



*а* – в рабочем положении; *б* – при обходе корпусом препятствия; 1, 2, 8 - маслопроводы; 3 – запорный кран; 4 – манометр; 5 – поршень; 6 – штуцер; 7 - гидропневмоаккумулятор; 9 – стойка; 10 – грядиль; 11 – углосним; 12 – корпус; 13 – перо отвала; 14 – наклонное долото; 15 – препятствие; 16, 17 – кронштейны рамы; 18 – гидроцилиндр.

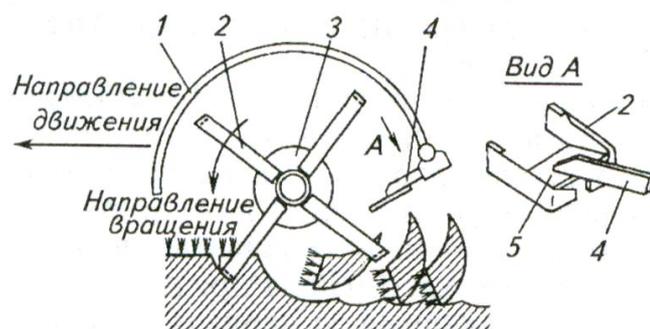
Рисунок 3.16 – Схема гидропневмомеханизма

Плуг предназначен для вспашки почв засоренных камнями.

Корпуса плуга закреплены на грядилях 10, которые крепятся к раме шарнирно.

При встрече с препятствием корпуса выглубляются за счет возникшего сопротивления препятствия, а в последующем при помощи гидропневмоаккумулятора 7 и гидроцилиндра 18 переводятся в первоначальное положение.

### **Ротационный плуг (рис. 3.18) .**



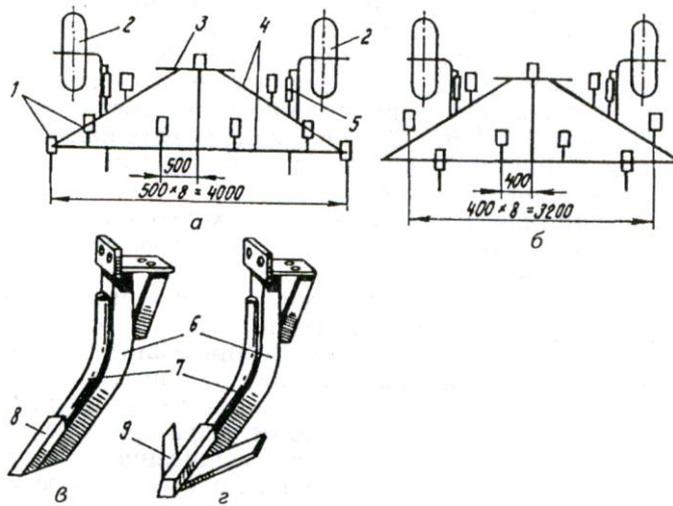
1 – корпус; 2 – нож; 3 – диск; 4 – отражатель; 5 – лопатки.

Рисунок 3.17 – Схема ротационного плуга

Ротационные плуги предназначены для обработки тяжелых и переувлажнённых почв на глубину до 30 см с частичным оборотом и укладкой отрезанных пластов в борозды.

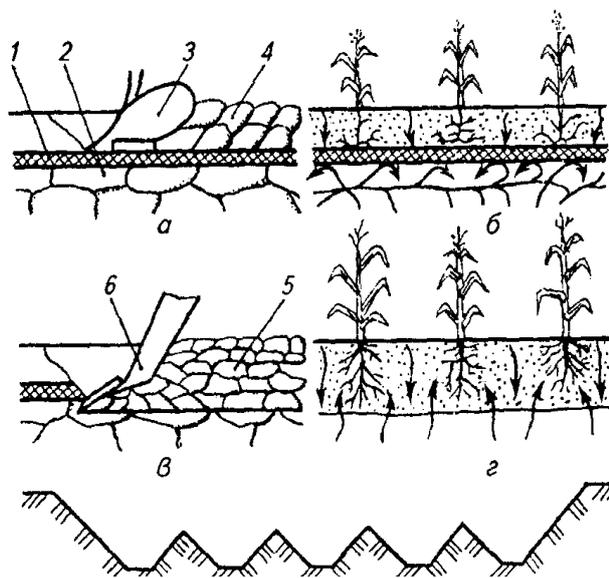
### **Чизельный плуг – глубокорыхлитель ПЧ – 4,5 (рис. 3.19) .**

Чизельные плуги предназначены для глубокого рыхления почвы по отвальным и безотвальным фронтам с углублением пахотного горизонта, безотвальной обработки почвы вместо зяблевой и весенней вспашек, глубокого рыхления почвы на склонах и паровых полях. Глубокое рыхление проводят на глубину до 45 см с целью рыхления плужной подошвы, образовавшейся после многолетней вспашки лемешными плугами.



*а, б* – схема размещения рабочих органов; *в, г* – разновидности рыхлителей; 1 - рыхлители; 2 – опорные колеса; 3 – навеска; 4 – рама; 5 – регулятор глубины; 6 – стойка; 7 – обтекатель; 8 – долото; 9 – стрельчатая лапа.

Рисунок 3.18 – Схема плуга – глубокорыхлителя ПЧ – 4,5



1 – плужная подошва; 2 – нижний слой; 3 – корпус лемешного плуга; 4 – пахотный слой; 5 – разрыхленный слой; 6 - рыхлитель.

*а* - образование плужной подошвы при работе лемешных плугов;

*б* - передвижение воды и поведение корней растений до разрушения плужной подошвы;

*в* - разрушение плужной подошвы при глубоком рыхлении;

*г* - передвижение воды и поведение корней растений после разрушения плужной подошвы;

*д* - профиль дна борозды после рыхления почвы чизельным плугом.

Рисунок 3.19 – Схема разрушения плужной подошвы.

## **Лекция 4. Импортные машины и орудия для основной обработки почвы**

Вопросы:

1 Сведения об основных фирмах-поставщиках зарубежной техники в Россию

2 Основные системы обработки почвы и особенности конструкций плугов зарубежного производства

2.1 Основные системы обработки почвы

2.2 Основные направления совершенствования конструкций плугов зарубежными фирмами

2.3 Устройство отдельных узлов и деталей импортных плугов

### **1. Сведения об основных фирмах-поставщиках зарубежной техники в Россию**

Таблица 4.1 - Основные фирмы-поставщики зарубежной техники в Россию

№ п/п	Страна	Фирма
1	Германия	Lemken, «Claas» «Horsch», «Amazone», «Accord», «Rauch», «Lehner», «Bauer», «Krone»
2	Франция	«Gregoire Besson», «Bonnell», «Agrisem», «Kuhn Huard», «Sulku»
3	Норвегия	«Kverneland»
4	Австрия	«Vogel Noot», «Pottinger»

5	США	«John Deere», «New Holland»
6	Швеция	«Väderstad»
7	Дания	«Kongskilde», «Bogballe», «Samson», «Hardi»
8	Великобритания	«RDS»
9	Нидерланды	«Kverneland Group»
10	Италия	«Agrex S.p.a.», «Laverda»
11	Финляндия	«Sampo Rosenlew»

## **2 Основные системы земледелия и особенности конструкций плугов зарубежного производства**

### **2.1 Основные системы обработки почвы**

В последние годы значительное внимание уделяется инновационному развитию технологий и технических средств обработки почвы.

Различные способы ее обработки с полным или частичным оборотом пласта являются основой экологически безопасных технологий, позволяющих существенно сократить использование химических средств защиты растений и минеральных удобрений.

Зарубежными и отечественными специалистами установлено, что интенсивная обработка почвы приводит к ряду отрицательных последствий. Чрезмерная рыхлость пахотного слоя вызывает ветровую и водную эрозии почвы, усиливает распад гумуса, увеличивает потерю влаги, обуславливает переуплотнение подпахотных слоев.

При использовании систем почвозащитной обработки необходимо учитывать, что на различных операциях используются традиционные, модифицированные и специальные почвообрабатывающие орудия. На характер их работы влияют наличие пожнивных остатков и неровностей почвы, ее различные влажность и плотность. В этих условиях изменяется процесс

взаимодействия рабочих органов с почвой, затрудняется контроль глубины обработки, внесения удобрений и посева семян, ограничиваются рабочие скорости агрегатов. При высокой влажности усиливается налипание почвы на поверхности рабочих органов. Все эти факторы учитываются при разработке новых и совершенствовании существующих орудий.

*Нулевая обработка* предусматривает в течение вегетационного периода лишь один контакт почвообрабатывающих орудий с почвой во время посева. Посев проводится, как правило, в узкие бороздки шириной 2,5-7,5 см одновременно с одной или несколькими дополнительными операциями. Для борьбы с сорняками интенсивно используются гербициды. При нулевой системе обработки экономия топлива может достигать 70-80%.

*Гребневая обработка.* В этом случае почва не обрабатывается до посева. Одновременно с посевом примерно 1/3 поверхности почвы обрабатывается стрельчатыми лапами или очистителями рядков, формирующими гребни. Посев производится в гребни, обычно на 10-15 см выше основания гребня. Для борьбы с сорняками применяются гербициды в сочетании с культивацией.

*Полосная обработка.* Как и в случае гребневой обработки, при полосной обрабатывается около 30% поверхности почвы фрезерными, дисковыми рабочими органами или пассивными рыхлителями. Как правило, обработка совмещается с посевом. Сорняки уничтожаются гербицидами в сочетании с культивацией.

*Мульчирующая обработка.* Перед посевом осуществляется рыхление почвы с одновременным измельчением и сохранением на поверхности почвы крупностебельных остатков пропашных предшественников. Глубина почвы при этом способе обработки определяется типом возделываемой культуры.

Ужесточение требований к качеству обработки почвы, необходимость производства экологически чистых продуктов привели к активному внедрению технологий гладкой вспашки. В Западной Европе эти технологии базируются

на применении оборотных конструкций плугов и различных комбинированных агрегатов, которые часто сочетаются с посевной техникой.

Низкое качество изготовления наиболее нагруженных и изнашиваемых деталей отечественных плугов (лемехи, полевые доски, отвалы и т.д.) влияет на технологические показатели обработки почвы. Лабораторно-полевые испытания этих плугов показывают, что низкое качество изготовления, например, отвалов корпусов увеличивает расход топлива на 15-20%, а почвенный пласт плохо обрабатывается из-за нарушения конфигурации рабочей поверхности. Период приработки отвалов на сырых глинистых почвах растягивается на весь пахотный сезон. Для снижения энергоемкости вспашки эффективно применение шлифованных отвалов, изготавливаемых из твердых специальных сталей. Однако подготовка почвы под посев с использованием однооперационных почвообрабатывающих орудий (дисковых и зубовых борон, катков, выравнивателей и специальных волокуш) приводит к затягиванию агротехнических сроков, значительным затратам труда и эксплуатационным издержкам. При этом многократные проходы однооперационных почвообрабатывающих агрегатов по полю, связанные с необходимостью выполнения нескольких операций, неизбежно чрезмерно уплотняют и расплывают почву.

Для устранения этого недостатка к плугам присоединяют дополнительные приспособления, т.е. комплектуют комбинированные агрегаты, совмещающие вспашку с дополнительной обработкой.

За рубежом основными орудиями для отвальной обработки являются многокорпусные оборотные плуги, обеспечивающие гладкую пахоту. Фирмы «Gregoire Besson», «Bonnell» (Франция), «Kverneland» (Норвегия), «Lemken» (Германия) выпускают, как правило, многокорпусные полунавесные плуги, состоящие из двух рам (передней и задней), шарнирно соединенных между собой, что позволяет плавно копировать рельеф поля. Задние опорные колеса имеют механическую или гидравлическую регулировку и прикреплены к раме на шарнире. В плугах предусмотрены возможность автоматического контроля

глубины вспашки и тягового сопротивления, а также различные варианты предохранения от поломок (механические, гидравлические). В транспортном положении поворотная рама плуга с корпусами фиксируется в горизонтальном положении. Плуги могут быть оборудованы различными типами плужных корпусов, отвалов и предплужников, адаптированных ко всем типам почв и растительного покрова.

Фирма «Kverneland» (Норвегия) производит большую гамму навесных, полунавесных и прицепных оборотных плугов для гладкой вспашки с различным числом корпусов (до 14 пар) и серию плугов для загонной вспашки с 2-12 корпусами. Практически на всех моделях плугов, выпускаемых этой фирмой, корпуса снабжены предохранительными устройствами (чаще всего пружинными возвратного действия), что позволяет использовать их на полях, засоренных камнями. Все плуги имеют возможность изменения ширины захвата (ширина захвата одного корпуса может варьировать от 35 до 50 см).

Компания «Vogel Noot» (Австрия) предлагает полунавесной оборотный плуг модели «plus Herkules» оснащенный гидравлически управляемой шарнирной рамой, с помощью которой обеспечиваются удобное управление и копирование рельефа почвы. Может управляться и вручную для того, чтобы максимально запахать край поля при развороте.

Плуг может работать с гусеничными тракторами или тракторами со спаренными задними колесами, при этом переднее опорное колесо плуга идет в борозде и обеспечивает максимальный контроль глубины пахоты.

Компания «Грэндинвест» по лицензии крупнейшего европейского производителя - компании «Kverneland group» на базе Петербургского тракторного завода выпускает широкий спектр почвообрабатывающей техники, в том числе оборотных плугов. Они, как правило, оборудуются амортизаторами («Vibromat»), предохранителями («Auto»), катками («Paskomat»), системой регулирования ширины захвата корпуса плуга «Variomat.»

Для гладкой вспашки без смещения почвенного пласта в сторону применяются фронтальные плуги. По сравнению с обычными, они обеспечивают лучшее копирование микрорельефа поля, повышение производительности труда на 10-15%, применение челночного или загонного способов движения агрегата, исключение клинообразных огрехов в начале и конце гона, снижение удельной энергоемкости на 10%, удельной материалоемкости - в 1,5 раз; а также динамику воздействия плуга на навеску трактора.

Для выполнения ярусно-послойной обработки почвы созданы новые комбинированные орудия: плоскорезы-щелеватели, глубокорыхлители-щелеватели. Как показали испытания, по сравнению со сплошной глубокой обработкой ярусно-послойное рыхление обеспечивает снижение энергозатрат на 27-35%, а также улучшает качество крошения тяжелых почв.

## **2.2 Основные направления совершенствования конструкций плугов зарубежными фирмами**

Следует выделить следующие направления совершенствования конструкций лемешно-отвальных плугов:

- создание модульной конструкции плугов позволяющей собирать их из отдельных блоков или секций;
- широкое применение оборотных плугов;
- увеличение ширины захвата плуга за счет увеличения числа корпусов;
- создание плугов с регулируемой шириной борозды и переменным захватом;
- увеличение числа типоразмеров плужных корпусов, что обеспечивает более точный их подбор для различных почвенно-климатических условий;
- совершенствования вспомогательных рабочих органов, включая дисковые ножи, предплужники и др.;

- применения современных материалов, в том числе полимеров, и передовых технологий их обработки для изготовления рабочих органов;
- применение бортовых компьютеров для оптимизации работы пахотных агрегатов.

Рассмотрим более подробно каждое из этих направлений

### 2.3 Устройство отдельных узлов и деталей импортных плугов

Вид оборотного плуга модульной конструкции представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Вид оборотного плуга модульной конструкции

Модульную конструкцию имеют, как правило, многокорпусные полунавесные плуги. Они состоят из двух рам (передней и задней), шарнирно соединенных между собой, что позволяет плавно копировать рельеф поля. Положение рам может изменяться с помощью гидроуправляемых опорных колёс, как показано на(рис. 4.2).

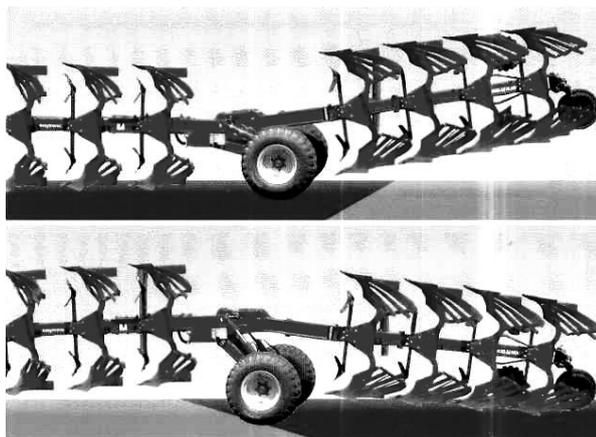


Рисунок 4.2 – Возможные изменения положения рам секционного плуга

К оборотному типу плугов могут относиться плуги с различным числом корпусов, как показано на (рис. 4.3 ... рис. 4.6).



Рисунок 4.3 – Вид трёх и четырёх корпусных оборотных плугов



Рисунок 4.4 – Вид пяти корпусного оборотного плуга



Рисунок 4.5 – Вид восьми корпусного оборотного плуга



Рисунок 4.6 – Вид десятикорпусного оборотного плуга

В транспортном положении поворотная рама плуга с корпусами фиксируется в горизонтальном положении. Шарнирный передок плугов обеспечивает поворот на  $180^\circ$ . Зубчато-реечный механизм оборачивания плуга приводится в действие двумя гидроцилиндрами и обеспечивает работу с постоянным усилием и без рывков в ходе цикла перевода плуга из одного рабочего положения в другое.

На холмистой местности возможна также вспашка вниз по склону.

Современный гидравлический механизм поворота приводится в действие переключающимся гидроцилиндром двойного действия с автоматическим переключающимся клапаном, а также автоматической фиксацией вертикального положения плуга в борозде.



Рисунок 4.7 – Вид механизма оборота плуга

Пружинчатый вал навески воспринимает ударные нагрузки и тем самым предохраняет трактор и орудие.

Поворотный механизм тяжелых серий плугов изготовлен методом объемной штамповки, включает ось поворота, имеющую цапфу, сидящую на коническом роликоподшипнике.

К задней части плугов, как правило, крепится стандартное расширение в виде дополнительного корпуса.

Наличие передней рамы, задней рамы и стандартного расширения позволяет скомпоновать плуг в зависимости от мощности трактора.

Существуют также конструкции необоротных плугов (рис. 4.8, рис. 4.9).

Для улучшения качества основной подготовки почвы, как правило, плуги

оборудуются катками, боронками и т.п. для дополнительного крошения почвы и выравнивания поверхности поля.

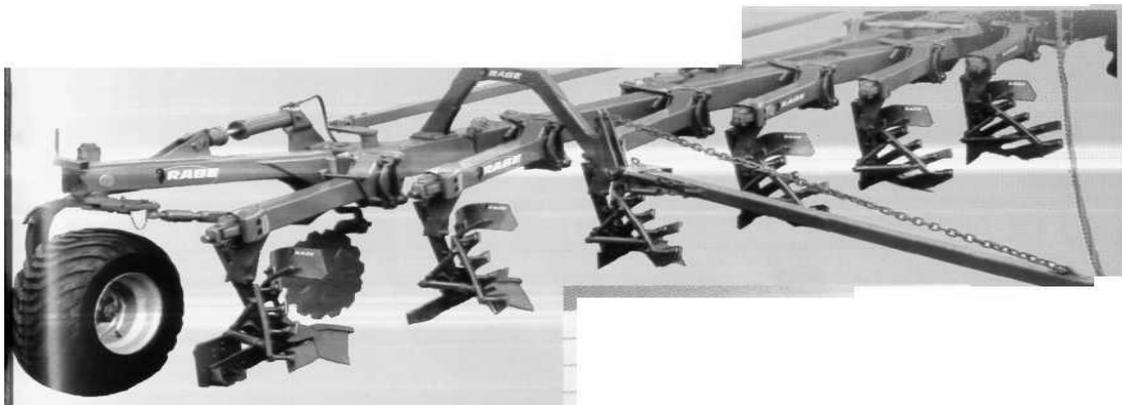


Рисунок 4.8 – Вид необоротного плуга



Рисунок 4.9 – Вид оборотного плуга с катком

#### *Система изменения ширины захвата.*

Почти все зарубежные плуги имеют возможность изменения ширины захвата (ширина захвата одного корпуса может варьировать от 35 до 50 см).

Может быть предусмотрено четырехступенчатое регулирование ширины захвата каждого корпуса: 33, 38, 44 и 50 см. или гидравлическое бесступенчатое регулирование ширины захвата корпуса от 33 до 55 см.

Наивысшим комфортом регулировки ширины захвата плуга с соответствующими регулировками установки рабочих органов считается ее бесступенчатость

Четыре различные ширины захвата между 30 см и 50 см устанавливаются быстро и просто переустановкой двух регулировочных винтов (рис. 4.10).

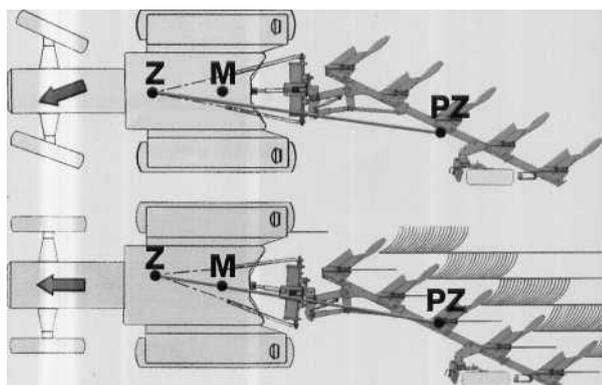


Рисунок 4.10 – Схема переналадки присоединительного устройства плуга с изменяемой шириной захвата для сохранения его устойчивого хода

При изменении ширины захвата плуга, изменяется угол установки несущего бруса к направлению движения агрегата. При этом необходимо осуществить поворот рабочих органов плуга относительно бруса, чтобы их угол установки по отношению к направлению движения оставался прежним.

Для этого стойки корпусов, предплужников и дискового ножа крепятся к раме плуга шарнирно при помощи специальных кронштейнов, показанных на (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Узел поворота корпусов

Пластины рамы, по которым закреплены узлы поворота, не привариваются, а привинчиваются болтами к раме. Благодаря этому повышается точность сборки рамы, ее прочность и устойчивость к динамическим нагрузкам.

Стойка каждого рабочего органа связана тягой с поперечным брусом плуга и имеет винтовую стяжку, как представлено на (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 – Регулировочный механизм поворота рабочих органов плуга

Такое устройство обеспечивает автоматическую установку оптимального положения корпусов плуга, предплужников и дисковых ножей.

Ширина захвата первого корпуса регулируется отдельной винтовой стяжкой, как показано на (рис. 4.13).

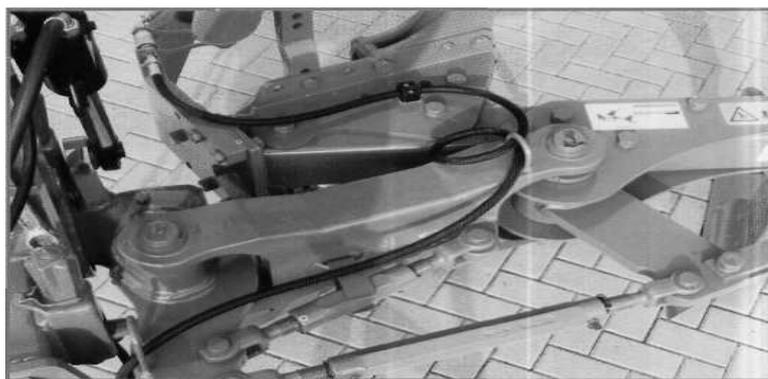


Рисунок 4.13 – Вид механизма регулирования ширины захвата первого корпуса

#### *Цилиндр памяти.*

Для работы с плугами с четырьмя, пятью или более парами корпусов мы рекомендуем применение цилиндра памяти. Кроме установления ширины

захвата при помощи гидравлики данный цилиндр выполняет еще одну важную функцию: Перед разворотом плуга рама сначала автоматически устанавливается на минимальную ширину захвата и таким образом выпрямляется. Тем самым достигается большое свободное пространство между плугом и землей при развороте. Цилиндр памяти обеспечивает автоматическую установку прежней ширины захвата после окончания разворота плуга. Хорошо видная шкала показывает трактористу установленную ширину захвата.

Механизм соединения плуга с трактором позволяет устанавливать режимы вспашки как вне борозды, так и в борозде.

#### *Предохранительная система.*

Для работы на засорённых камнями полях на зарубежных плугах устанавливаются различного типа системы защиты рабочих органов.

Вы можете остановить свой выбор на одной из четырех различных систем защиты от камней:

- *механическая на срезных болтах*

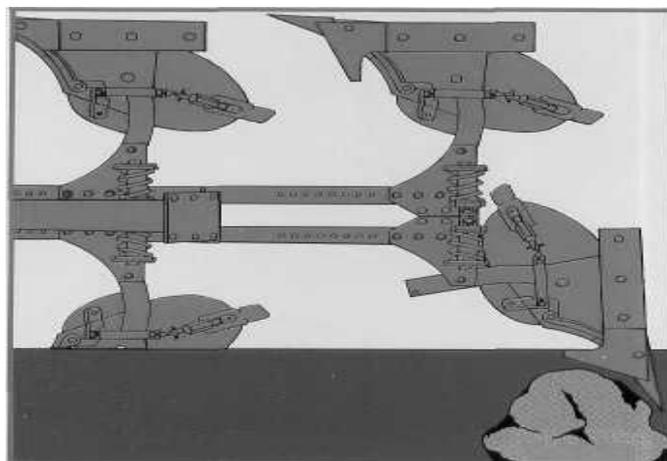


Рисунок 4.14 – Схема срабатывания срезного болта при наезде корпуса на камень

Срезной болт- это проверенное стандартное решение. Под нагрузкой разрушается в нужном месте срезной болт и корпус плуга отклоняется. Теперь нужно только приподнять плуг, установить новый срезной болт.

*- полуавтоматическая пружинная.*

Здесь отклонение корпуса осуществляется за счет преодоления сильного давления двух спиральных пружин. Это решение реализуется чрезвычайно практично, поскольку корпус плуга снова занимает изначальное положение за счет приподнятия или короткого хода назад. Давление пружины без труда приспособляется к различным почвенным условиям для создания оптимальных пусковых характеристик. По сравнению со срезным болтом данная система предохранения несколько тяжелее, однако она не требует каких-либо значительных временных затрат и усилий на возобновление процесса.

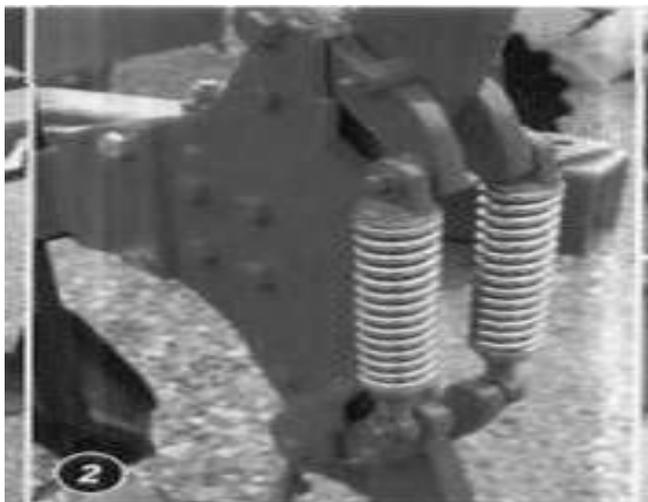


Рисунок 4.15 – Вид пружинного предохранительного механизма

*- автоматическая рессорная.*

Данная система являет собой поистине удобное решение, после прохождения препятствия корпус плуга автоматически возвращается в исходное положение без перерыва в работе. Решение, отличающееся особенно широким отклонением, даже в сторону. Полностью автоматическая система непрерывного действия на основе рессорного механизма дает возможность настроиться на желаемое расчетное усилие срабатывания за счет регулировки числа листов рессоры. Защита от перегрузок на основе листовых рессор всегда себя оправдывает за счет простой конструкции и надежности пользуется особой популярностью на средне и сильно засоренных камнями полях.

*- автоматическая гидравлическая.*

Если почвы имеют различные удельные сопротивления при вспашке, механические предохранители должны регулироваться для достижения необходимого усилия срабатывания. Применение автоматических предохранителей с использованием гидропневмоаккумуляторов со сжатым инертным газом вместо пружин или рессор позволяет бесступенчато из кабины трактора обеспечить величайшую точность и удобство настройки плуга на идеальную работу. При наезде корпуса плуга на препятствие соединенный с ним гидродомкрат поворачивается, и через гидроцилиндр инертный газ выдавливается в гидропневмоаккумулятор. После преодоления препятствия корпус под давлением сжатого газа автоматически возвращается в исходное (рабочее) положение.

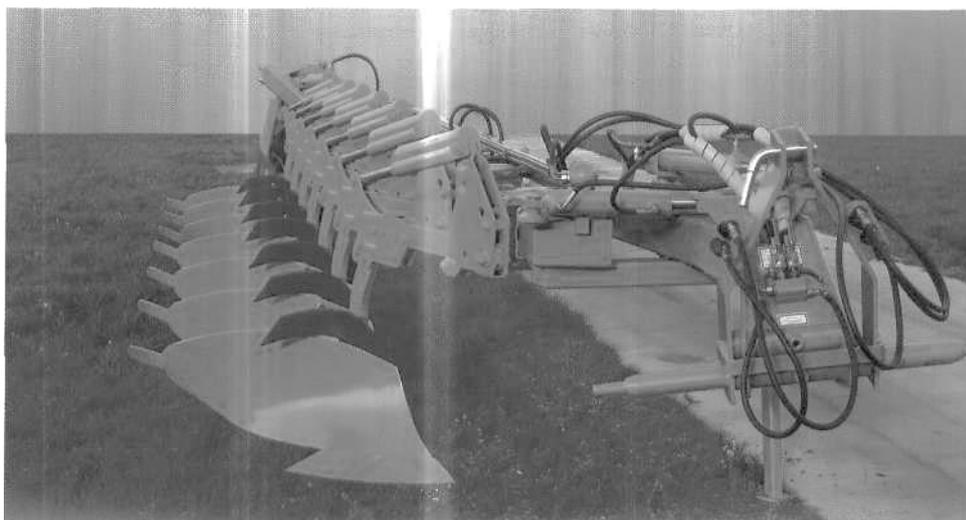


Рисунок 4.16 – Вид пневмо-гидравлического предохранительного механизма

Также важное преимущество гидравлической защиты заключается в удобной плавной регулировке из кабины трактора момента срабатывания предохранителей при работе плуга в различных почвенных условиях.

В дополнение гидродомкраты рабочих органов могут быть изготовлены из высококачественной пружинной улучшенной стали, как показано на (рис.4.17).



Рисунок 4.17 – Вид плуга со стойками из пружинной стали

При встрече с препятствием упругие, изготовленные из высококачественной пружинной улучшенной стали стойки корпусов из пружинной стали могут значительно отклоняться в сторону.

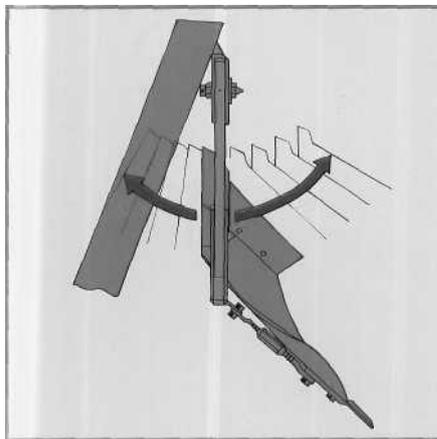


Рисунок 4.18 – Схема отклонения корпуса с упругой стойкой при обходе препятствия

### **2.3 Устройство отдельных узлов и деталей импортных плугов**

*Предплужники универсальные* для широкого применения от целины до кукурузной стерни.

*Предплужники целинные* для вспашки целинных земель. Специально для запашки целины.

*Предплужники специальные.*

Оптимальная работа при чрезвычайно больших растительных остатках.

Указанные выше рабочие органы могут быть поставлены также с плавной регулировкой угла атаки.

*Угловимы.*

Выгодная альтернатива для замешивания растительных остатков.

*Нож полевой доски.*

Дешевый вариант, снижает износ рабочих органов плуга.

*Дисковый нож.*

Для вертикального разрезания пласта и получения ровного обреза борозды, диаметр 500 и 600 мм.

*Почвоуглубитель.*

Удовлетворяет тенденции поверхностной вспашки и глубокого рыхления. Возможна установка глубины рыхления в 3 положениях, изнашивающиеся детали легко заменяемы.

*WY 400.*

Сильно изогнутый для универсального применения на средних и тяжелых почвах, целинных участках и склонах. Особенно легко работает по чистой борозде.

*WL 430.*

Сильно изогнутый винтовой удлиненный, отличная выборка борозды при работе с ширококолесными тракторами, наилучшая запашка растительных остатков (стерни).

*WX 400.*

Новый для особо тяжелых почв. Малый угол изгиба, легко протягиваемый в особо тяжелых почвах.

*WXL 430.*

Для тяжелых почв, легко протягиваемый за счет остроконечной формы .  
Превосходная зачистка ' выборка ) борозды и заделка растительных остатков,  
очень хорош также и на откосах.

*WST 430 полосовой отвал.*

Для особо липких почв, хорошее измельчение и выборка борозды -  
каждая пластина отдельно заменяема. Хорошая заделка растительных остатков.

*Лемеха.*

Все плуги серии ©plus оснащены новыми лемехами. Новая форма лемеха  
снижает сопротивление и обеспечивает спокойный ход плуга.  
Самозатачивающийся участок лемеха утолщен, срок службы значительно  
увеличен.

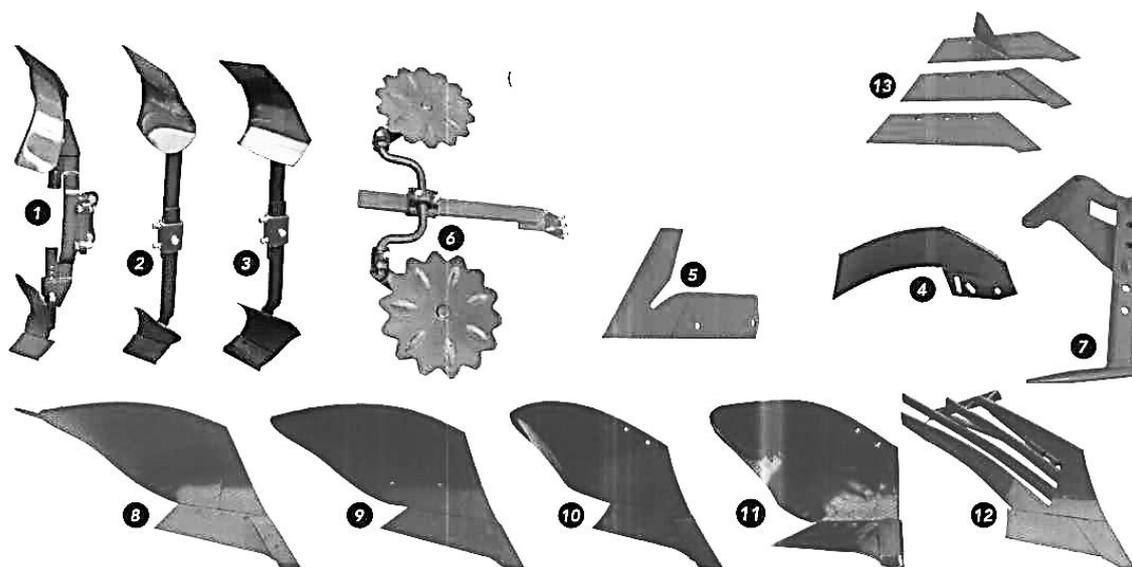


Рисунок 4.19 – Вид рабочих органов плуга

*Корпуса*

Плуги могут быть оборудованы различными типами плужных корпусов,  
11 типами отвалов и 6 типами предплужников, адаптированных ко всем типам  
почв и растительного покрова.

На них используются классические плужные корпуса и оригинальные  
ромбовидные, на которых установлены оборотные полевые доски,

обеспечивающие длительный срок службы. Для повышения долговечности плужные корпуса изготавливают составными со сменными быстроизнашивающимися частями, а отвалы - из трехслойной стали с мягкой сердцевиной и твердыми наружными слоями.



Рисунок 4.20 – Корпус типа ДУРАЛ

Башмак корпуса упрочняется за счет термообработки и поэтому очень устойчив. Угол атаки корпусов плуга регулируется при необходимости индивидуально. Благодаря этому обеспечивается всегда хорошее вхождение плуга в почву. Благодаря мягкому переходу от лемеха к отвалу тяговое сопротивление снижается до минимума.

Отвалам, изготавливаемым из закаленной специальной стали, придается износоустойчивая форма, без винтов в области основного износа. Особенно изнашиваемая кромка отвала отдельно заменяется без больших затрат.

Полосы полосового корпуса плуга изготовлены из толстой, полностью закаленной специальной высококачественной стали. Они легко заменяются независимо друг от друга. Соединительные винты крепятся глубоко, за счет чего обеспечивается прочная посадка полос и длительный срок службы. Полосы можно без проблем заменять нормальными отвалами благодаря одинаковым башмакам корпусов.

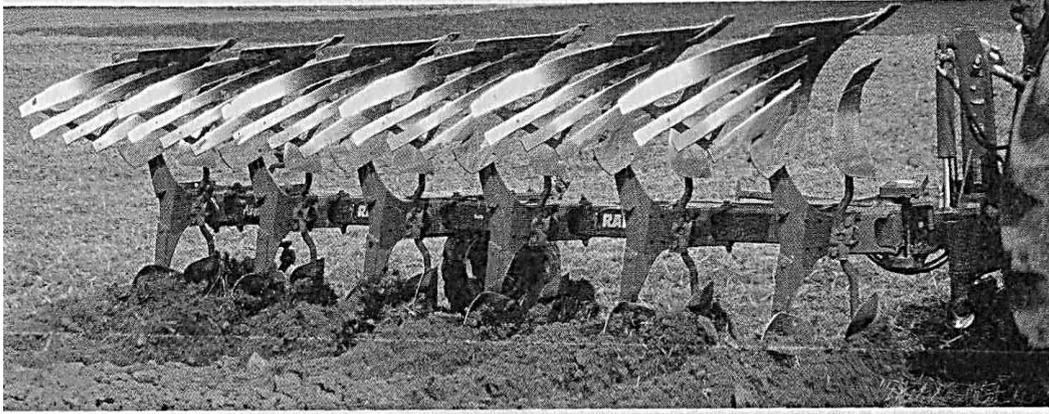


Рисунок 4.21 – Плуг с полосовыми корпусами

Лемеха разделены и изготовлены из микросплавной борной стали. Наложение внахлестку препятствует прилипанию корней и проволоки. Большое уплотнение и упрочнение материала обеспечивают наивысшую изломостойкость и меньший износ.

Преимуществом полосового отвала можно считать:

- может работать без налипания на скорости меньше 6 км/ч;
- экономия топлива на 6-7%;
- наряду со вспашкой производится одновременная культивация: почва обогащается воздухом;
- увеличенный ресурс - 400-600 га/отвал (обычный отвал - 1300-500 га/отвал);

5. срок службы 4-5 лет.

*Углосьним* расположен непосредственно над отвалом плуга и регулируется многогранно. Он гарантирует работу без забивания и чистое внесение растительных остатков в борозду.

Гладкий дисковый нож диаметром 500 мм имеет боковые канавки по линии радиуса. Таким образом обеспечивается его постоянный привод даже при наличии большого количества органической массы на поле.

Установление рабочей глубины работы производится вертикальным поворотом стойки дискового ножа, которая крепится винтом и фиксируется зубчатым профилем.

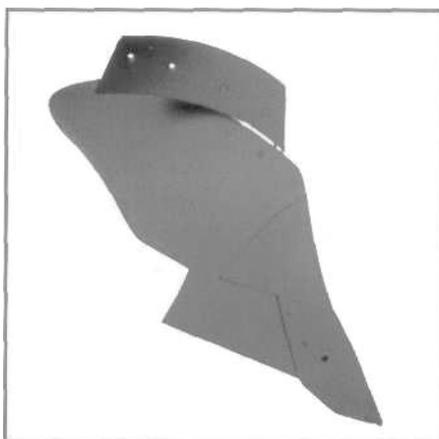


Рисунок 4.22 – Корпус с углоснимом

Подшипник диска имеет двойную герметизацию против загрязнений. Подшипниковый узел - гладкий и не выступает в сторону свежевспаханой земли.

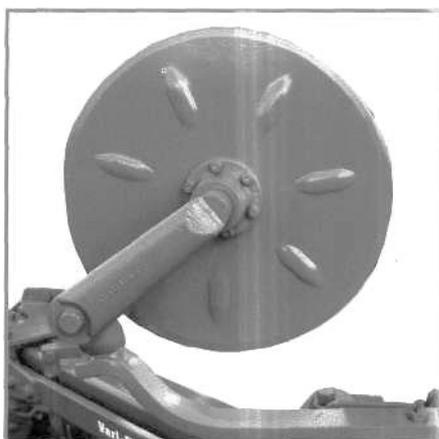


Рисунок 4.23 – Вид дискового ножа

За каждым корпусом может устанавливаться почвоуглубитель или подпочвенный рыхлитель, как показано на (рис. 4.24).

Благодаря его специальной форме достигается оптимальный эффект рыхления. Регулировка рабочей глубины подпочвенного рыхлителя осуществляется без использования дополнительных инструментов. Его можно также просто демонтировать. Все изнашивающиеся детали в отдельности легко заменяются. От износа стойка рыхлителя предохраняется защитным щитом.

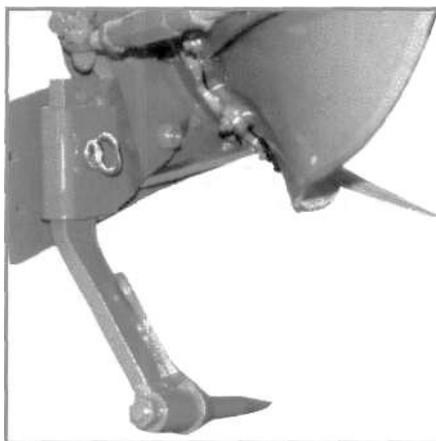


Рисунок 4.24 – Вид подпочвенного рыхлителя

### *Предплужники.*

Специальные предплужники обеспечивают чистую вспашку даже при большом количестве органической массы. Рабочая глубина устанавливается быстро и просто при помощи забивного штифта.

Стойка с отверстиями для установления забивного штифта гарантирует быстрое и одинаковое установление всех предплужников по высоте без использования инструментов. При желании предплужники D1 и M2 оснащаются специальными полосами отвала.

Благодаря специальной конструкции плоской стойки корпуса исключается скручивание предплужника. Все виды лемехов и отвалов можно легко заменить, так как башмак всех типов предплужников одинаков.



Рисунок 4.25 – Крепление предплужника по высоте

Для вспашки без предплужника стойки можно легко снять, отвинчивая всего лишь два винта.

Регулировка угла бросания органической массы.



Рисунок 4.26 – Регулировка угла бросания у предплужника

При помощи такой перестановки угла бросания обеспечивается оптимальная запашка органической массы.

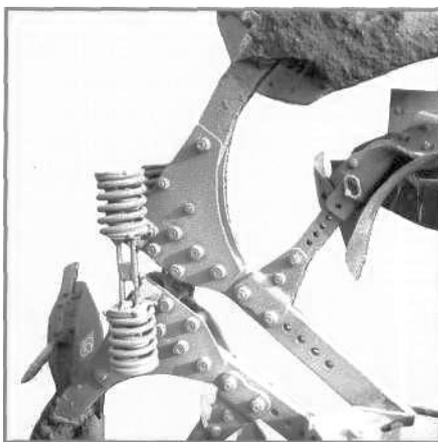


Рисунок 4.27 – Защита предплужника и корпуса от перегрузок

Предплужники для ЕврОпал и ВариОпал, оснащенные предохранителем от перегрузок, легко переставляются на грядилях. Так изменяется их расстояние от основных корпусов. Глубина работы предплужников устанавливается без применения инструментов при помощи забивного штифта. Для установления угла бросания органической массы в борозду предлагается

круглая стойка, благодаря которой позиции предплужников фиксируется  
ВИНТОМ

*Колёса.*

*Гидравлическая установка колеса.*



Рисунок 4.28 – Вид регулировочного механизма колеса

Опорное колесо крепится на раме таким образом, что в зависимости от количества борозд и установленной рабочей ширины, возможна распашка до самого края канав, заборов и вспашка у межи.

Изменение рабочей глубины плуга осуществляется быстро и оперативно путем перестановки забивного штифта.

Часто используется конструкция, когда при изменении рабочей ширины плуга изменяется соответственно положение опорного колеса

С помощью гидравлического устройства управления двойного действия возможна оптимальная установка опорного колеса. Водитель может контролировать рабочую глубину плуга по хорошо видимой шкале. Цилиндр регулировки интегрирован в профильную раму опорного колеса и таким образом хорошо защищен от загрязнения или повреждения. Блокировочный блок гарантирует, что даже при утечке в гидравлической системе будет соблюдаться установленная рабочая глубина. Серийно устанавливаемый чистик предотвращает налипание земли и растительных остатков на опорное колесо.

### *Рама.*

Прочная и толстостенная рама, выполненная из профиля прямоугольного сечения, изготовленная из специального мелкозернистого стального микросплава, обеспечивает высокую стабильность новой конструкции рамы.

Австрийская фирма «Vodel & Noot» для изготовления наиболее нагруженных и ответственных деталей плуга применяет специальную сталь Permanit. Ее использование (на примере отвала корпуса плуга) обеспечивает наивысшую твердость передней плоскости отвала, что гарантирует максимальную износостойкость. При этом задняя плоскость остаётся сравнительно мягкой и обладает высокой вязкостью и ударопрочностью. Результаты производственных испытаний плужных корпусов этой фирмы показали, что их износ уменьшился на 50%.

Упругие, изготовленные из высококачественной пружинной улучшенной стали стойки корпусов и грядилы из пружинной стали

Рабочие органы отвалов (лемеха, долота) выполнены из термообработанных кованных сталей и обладают высокой износоустойчивостью,

Отвалы плугов – закалённая 8 миллиметровая бурильная сталь или пружинная сталь.

Шлифовка поверхности отвалов позволяет снизить тяговое сопротивление рабочих органов плуга до 10, а перспективное направление - применение полимерных отвалов типа фторопласт - на 30%.

### *Электронное управление плугом.*

Растущее количество всевозможных регулировок для оптимального использования современных навесных оборотных плугов требует большого внимания пользователя.

Для упрощения управления навесным оборотным плугом тракторист может регулировать и координировать все параметры плуга при помощи терминала управления с кабины трактора.

Необходимые датчики и гидравлические блоки управления находятся в цилиндрах разворота и изменения ширины захвата плуга и являются их неотъемлемой частью.

Датчики постоянно указывают текущую позицию соответствующих цилиндров. Таким образом, гарантируется постоянный контроль за позицией плуга.



Рисунок 4.29 – Блок электронного управления плугом



Рисунок 4.30– Блок электронного управления плугом

Навесные и полунавесные модели агрегатируются с тракторами, оснащенными САР, поэтому часто навесные плуги не имеют опорных колес, а на полунавесных устанавливается только одно заднее бороздное или полевое колесо, что снижает массу плуга.

## Лекция 5. Орудия для поверхностной обработки почвы

Вопросы:

- 1 Бороны.
- 2 Луцильники.
- 3 Культиваторы.
- 4 Фрезы.
- 5 Катки.
- 6 Комбинированные орудия.

### 1 Бороны

Бороны предназначены для поверхностной обработки почвы с целью: выравнивания поверхности; разрушения почвенной корки; крошения комков, глыб; уничтожения сорняков; заделки семян и удобрений.

#### *Классификация борон.*

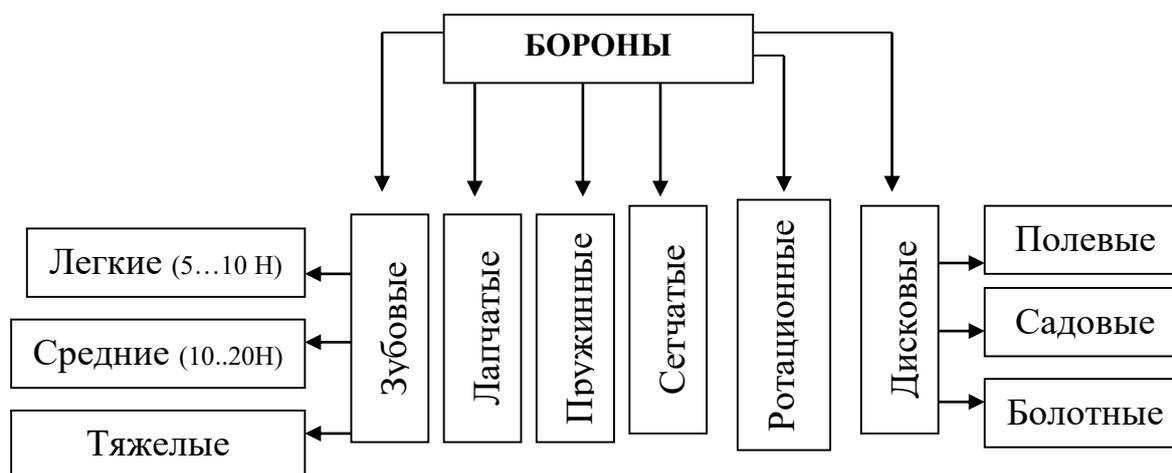


Рисунок 5.1 – Схема классификации борон

*Зубовые бороны.*

Зубовыми боронами обрабатывают почву на глубину 3...10см. Диаметр

комков почвы после обработки должен быть не более 5см., глубина борозд – 3...4 см.

Рабочим органом зубовых борон является зуб.

По конструкции зубья бывают:

- прямые; лапчатые; изогнутые с пружинной стойкой.

По форме сечения зубья различают:

а) *квадратного сечения с косым срезом внизу* (рис. 5.2).

Б

А

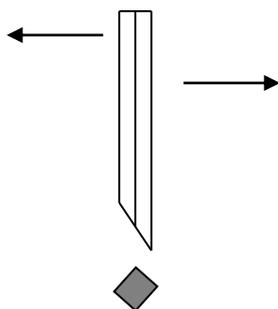


Рисунок 5.2 – Схема зуба квадратного сечения с косым срезом внизу

При движении таких зубьев в направлении «А» глубина обработки почвы увеличивается, а при движении в направлении «Б» - уменьшается.

Такие зубья устанавливаются на тяжелых и средних боронах типа “зигзаг”.

Зубья на таких боронах расположены таким образом, чтобы каждый зуб проделывал свою борозду на расстоянии 20...50мм.

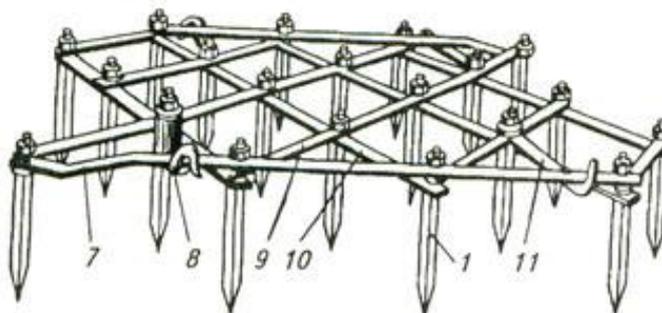


Рисунок 5.3 – Схема бороны типа “зигзаг”

БЗТС-1,0 (20.....30 Н/зуб) – применяют для дробления глыб и рыхления пластов после вспашки, вычесывания сорняков, обработки лугов и пастбищ.

БЗСС-1,0 (10.....20 Н/зуб) – предназначена для рыхления и выравнивания поверхности поля, уничтожения сорняков, разбивания комков, заделки удобрений, боронования всходов зерновых и технических культур.

б) *заостренные зубья круглого и овального сечения* (рис. 5.4).

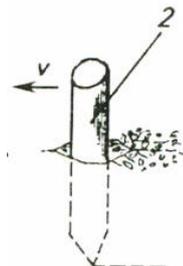


Рисунок 5.4 – Схема зуба квадратного сечения

Зубья овального сечения располагают по направлению к движению меньшим радиусом.

Зубья круглого и овального сечения устанавливаются на легких посевных боронах.

ЗПБ-0,6; ЗОР-0,7 (5.....10 Н/зуб) – служат для боронования посевов, разрушения почвенной корки, заделки семян и минеральных удобрений при посеве, выравнивания поверхности поля перед посевом.

в) *зубья круглого, квадратного и прямоугольного сечения с завитком вверху* (рис. 5.5).

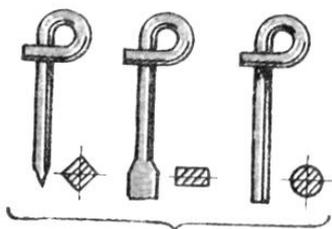


Рисунок 5.5 – Схема зубьев с завитком вверху

Такие зубья устанавливаются на сетчатых боронах. Зубья на таких боронах располагают друг за другом.

БСО-4 – служит для рыхления верхнего слоя почвы и уничтожения сорняков на посевах в период появления всходов, для боронования гребневых посадок картофеля, а также для прореживания посевов свеклы.

г) *Игольчатые диски с изогнутыми зубьями.* (рис. 5.6).

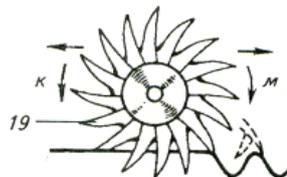


Рисунок 5.6 – Схема игольчатого диска

Такие рабочие органы устанавливаются на ротационных мотыгах.

МВН-2,8 – служит для весеннего рыхления почвы на озимых посевах и предпосевной обработки с целью уничтожения почвенной корки и сорной растительности.

д) *Ножевидные зубья* (рис. 5.7).

Такие зубья устанавливаются на луговых боронах.

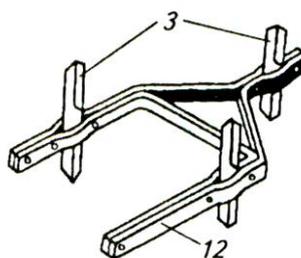


Рисунок 5.7 – Схема ножевидного зуба

е) *Лопчатые зубья* (рис. 5.8).

Такие зубья не только рыхлят почву, но и подрезают сорняки.

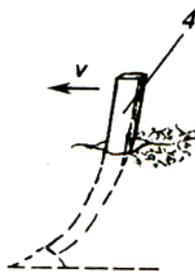


Рисунок 5.8 – Схема Лапчатого зуба

ж) Пружинные зубья (рис. 5.9 а).

Такие зубья лучше самоочищаются от сорняков.

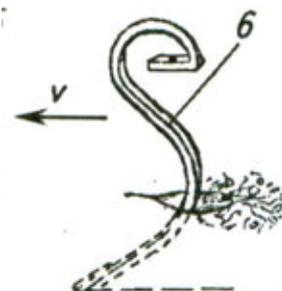


Рисунок 5.9 а – Схема пружинного зуба

*Регулировки глубины обработки.*

Зубовые бороны типа «зигзаг» могут работать как отдельно в широкозахватных сцепках, так и присоединяться к другим агрегатам как дополнительное орудие (рис. 5.9 б).

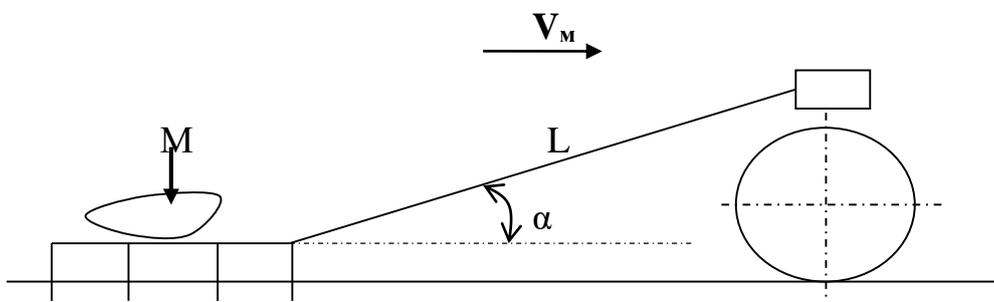


Рисунок 5.9 б – Схема присоединения зубовой бороны

На глубину обработки влияет:

- расположение косо́го среза по отношению к направлению движения;
- длина соединительных поводков  $L$  (рис. 5.9 б);
- масса балласта положенного на звено бороны  $L$  (рис. 5.9 б).

Ротационные бороны (рис. 5.10)

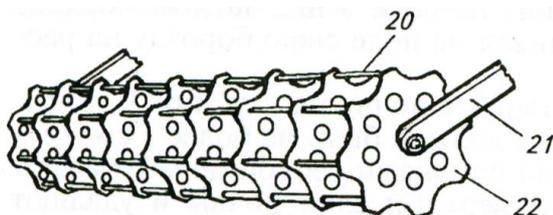


Рисунок 5.10 – Схема ротационной бороны

Имеют вращающийся барабан, снабженный прутками, зубьями или планками.

При работе барабан прутками воздействует на верхний слой почвы: рыхлит, вырывает и выбрасывает сорняки на поверхность. Такие бороны устанавливают на культиваторах и комбинированных машинах.

*Дисковые бороны.*

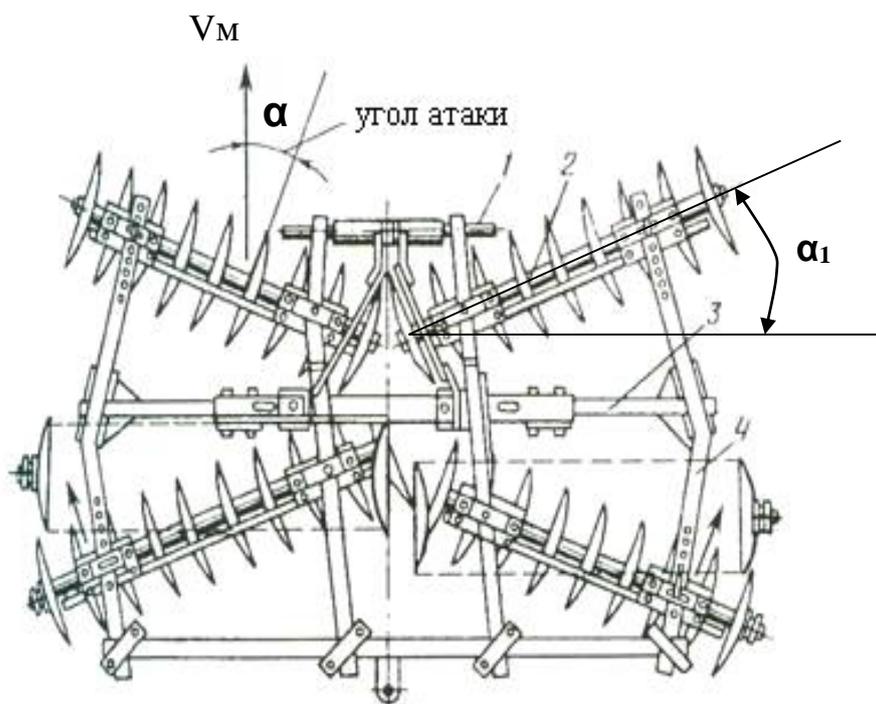


Рисунок 5.11 – Схема дисковой бороны

Рабочий орган дисковой бороны – стальной заостренный сферический диск со сплошной ( $\varnothing$  450....510 мм) или вырезной ( $\varnothing$  650....700 мм) режущей кромкой.

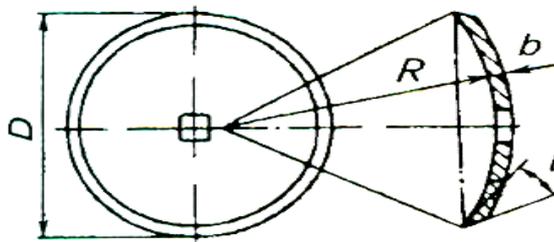


Рисунок 5.12 – Схема диска бороны со сплошной режущей кромкой

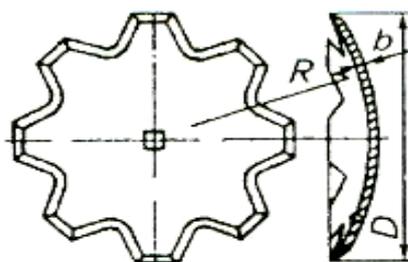


Рисунок 5.13 – Схема диска бороны с вырезной режущей кромкой

Диски монтируются на оси квадратного сечения, образуя батарею.

Сплошные диски устанавливаются на легких боронах, а вырезные на тяжелых.

Батареи дисков полевых борон располагаются в два ряда, симметрично относительно осевой линии трактора. Диски переднего ряда обрабатывают почву в развал, а заднего в свал. На задней левой батарее устанавливается на один диск больше, чем на остальных. Он располагается по осевой линии бороны и предназначен для рыхления необработанной почвы оставшейся после прохода передних батарей.

Угол  $\alpha$  - между плоскостью вращения диска и линией направления движения бороны называют углом атаки.

Углом атаки так же можно назвать угла  $\alpha_1$ , образованный между осью батареи, и перпендикуляром к осевой линии бороны.

У дисковых борон угол атаки изменяют в пределах от 10 до 25 °. С увеличением угла атаки диски глубже погружаются в почву, крошение ее возрастает.

Глубину обработку дисковых борон регулируют, изменяя угол атаки  $\alpha$  (перемещая наружный край батареи), и изменяя массу балласта.

В отличие от дисковых полевых борон, садовые бороны имеют несимметричное расположение батарей относительно осевой линии трактора, а также оборудуются полукруглым прицепным сектором с прицепной вагой. Перемещая вагу по сектору можно изменять смещение бороны относительно осевой линии трактора. Это позволяет проводить обработку под кроной деревьев в садах.

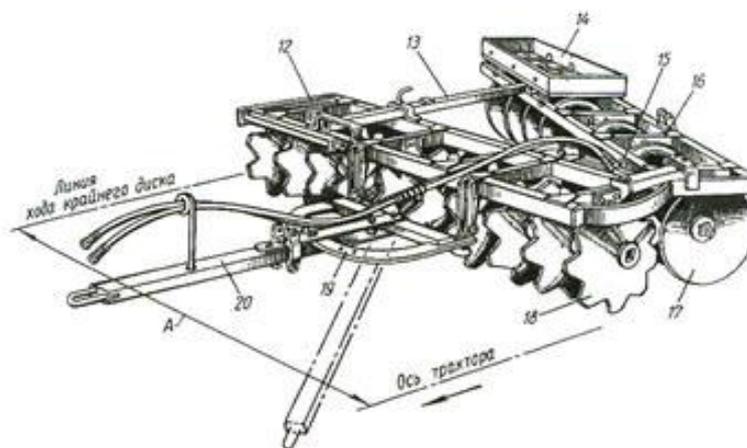


Рисунок 5.14 – Вид дисковой садовой бороны

БДН-3 легкая полевая борона.

БДТ-3; 7; 10 тяжелые бороны.

БДСТ-2,5; БДС-3,5; БДН-1,3 дисковые садовые бороны.

## 2 Луцильники

*Луциние* – обработка почвы на небольшую глубину, предшествующая вспашке.

Лушение проводят с целью рыхления почвы, заделки пожнивных остатков, вредителей и возбудителей болезней культурных растений, семян сорняков и провокации их к прорастанию. После прорастания сорняков проводят глубокую вспашку, заделывая их на большую глубину, где они погибают. (Метод удушения сорняков).

По типу рабочих органов луцильники бывают:

- дисковые;
- лемешные.

*Дисковые луцильники*, как и дисковые бороны, имеют рабочие органы - сферические заостренные диски. Применяются для лушения стерни на полях засоренных преимущественно корневищными сорняками. Угол атаки для дисковых луцильников находится в пределах  $30...35^{\circ}$ . Батареи дисков расположены в один ряд, симметрично осевой линии трактора. Каждая батарея дисков подпружинена и шарнирно крепится к секции. Наружные края секций опираются на колеса, внутренние шарнирно крепятся к раме.

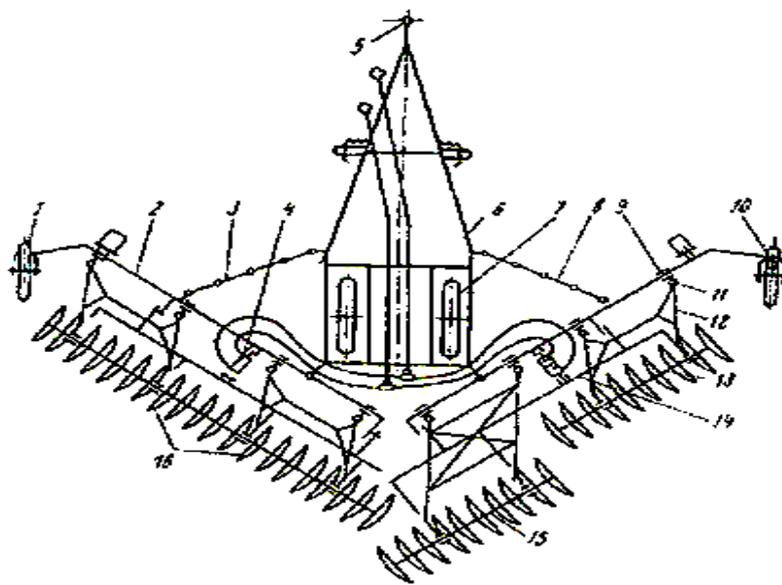


Рисунок 5.15 – Вид дискового луцильника

*Глубину обработки (4...10 см) регулируют:*

- изменением угла атаки дисков;
- изменением сжатия пружин нажимных штанг;

- изменением положения понизителей.

*ЛДГ-5А; ЛДГ-10А; ЛДГ-15А; ЛДГ-20* – ширина захвата 5; 10; 15 и 20м соответственно.

При использовании дисковых луцильников в качестве односледной дисковой бороны угол атаки уменьшают до 15...25°.

*Полунавесной лемешный плуг-луцильник ППЛ-10-25*(рис. 5.16) по устройству аналогичен лемешному отвальному плугу.

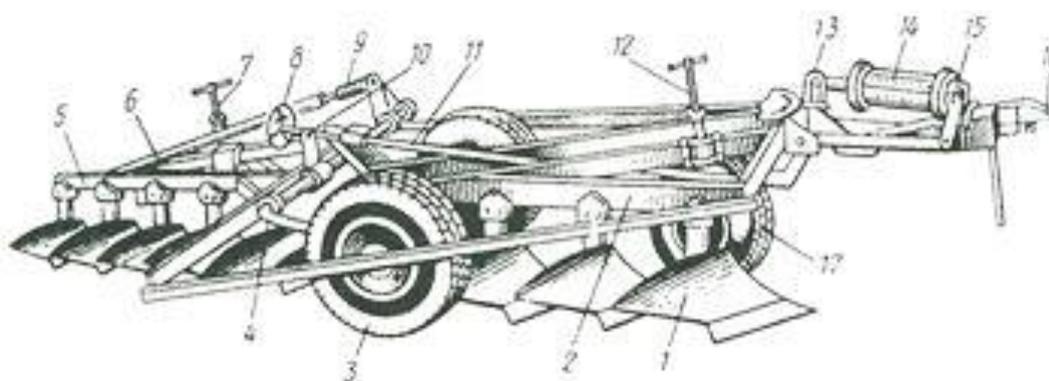


Рисунок 5.16 – Вид полунавесного лемешного плуга-луцильника ППЛ-10-25

Предназначен для лущения стерни на глубину до 12...18 см на полях засоренных преимущественно корнеотпрысковыми сорняками. Глубину обработки регулируют перемещением опорных колес по высоте.

### **3 Культиваторы**

Сплошную культивацию проводят для уничтожения сорняков и рыхления почвы без оборота при уходе за парами и подготовке почвы к посеву.

Предпосевную культивацию проводят на глубину заделки семян.

Неравномерность глубины обработки -  $\pm 1$ см.

Высота гребней – не более 3...4см.

Сплошную культивацию проводят поперек предыдущей обработки или под углом к ней на скорости 9...12 км/ч.

*Рабочие органы:*

- универсально-стрельчатые лапы (270 и 330 см).

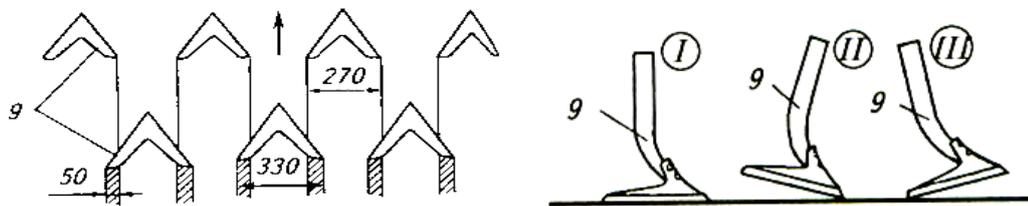


Рисунок 5.17 – Схема расстановки культиваторных лап

Глубина обработки – до 12 см.

- рыхлительные лапы:

- на пружинных С – образных стойках (рис. 5.18).

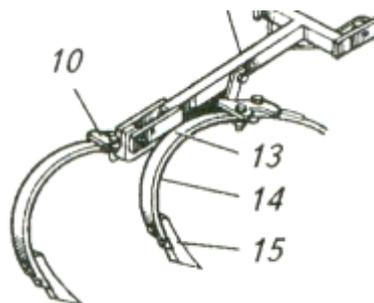


Рисунок 5.18 – Схема рыхлительных лап на пружинных С – образных стойках

- на пружинных S – образных стойках(20...50мм) (рис. 5.19).

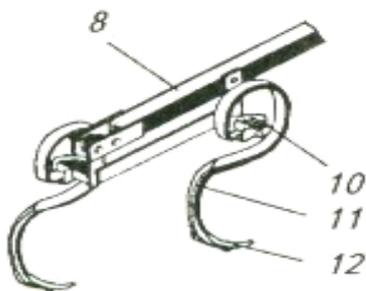


Рисунок 5.19 – Схема культиваторных лап на пружинных S – образных стойках

Глубина обработки – до 16 см.

Лапы на пружинных стойках при работе вибрируют и самоочищаются от растительных остатков.

Лапы на С – образных стойках применяют на всех почвах, кроме засоренных камнями;

Лапы на S – образных стойках можно использовать так же и на почвах засоренных камнями.

- *Рыхлительные лапы на жёстких стойках (35.....65мм) (рис. 5.20).*

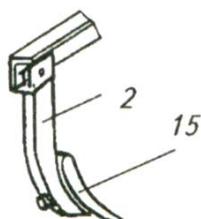


Рисунок 5.20 – Схема культиваторных лап на жёстких стойках

Глубина обработки – до 25см.

Применяются для обработки почвы в садах, виноградниках и на полях под хлопчатник.

Двухсторонние наральники можно поворачивать на 180°.

*Марки культиваторов:*

- КПС-4Г – культиватор паровой скоростной (4м);
- КШУ-12; 8 – культиватор широкозахватный универсальный (12 и 8м);
- КПК-4; 8 – культиватор паровой комбинированный (4 и 8м).

#### **4 Фрезы**

Применяются для интенсивного крошения почвы, уничтожения сорняков, измельчения растительных остатков, перемешивания слоев почвы, заделки удобрений и выравнивания поверхности.

Фрезерование – очень энергоемкий процесс. Применяется на тяжелых почвах. Легкие почвы фрезеровать не рекомендуется во избежание ее распыливания.

Г – образные ножи фрезы могут крепиться на:

- горизонтально вращающихся барабанах (рис. 5. 21);

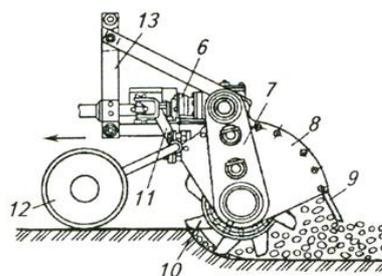


Рисунок 5.21 – Схема почвофрезы с горизонтальной осью вращения

- вертикально вращающихся барабанах;

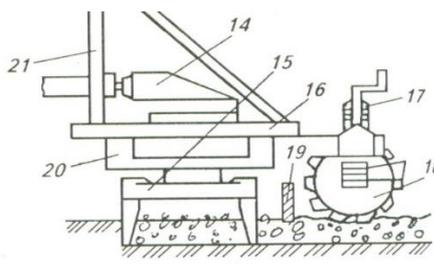


Рисунок 5.22 – Схема почвофрезы с вертикальной осью вращения

*По назначению фрезы классифицируются:*

- болотные (ФБН-1,5; ФБН-2);
- полевые (ФП-2; КФГ-3,6; КВФ-2,8);
- садовые (ФСН-0,9Г);
- пропашные (КФ-5,4; КГФ-2,8; КФН- 2,8).

## **5 Катки**

Прикатывание почвы катками проводят до посева и после.

До посева почву прикатывают с целью:

- выравнивания поверхности;
- разрушения глыб;

- уплотнения не осевшей, поздно обработанной почвы.

После посева почву прикатывают с целью:

- улучшения контакта семян почвой;

- создания капиллярности для увеличения притока влаги из нижних слоев

почвы;

- выравнивания поверхности поля;

- раздавливания комков почвы.

По конструкции катки классифицируются:

- кольчато-шпоровые (ЗКШ-6);

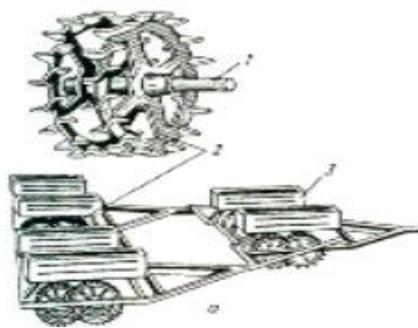


Рисунок 5.23 – Вид кольчато-шпорового катка ЗКШ-6

- кольчато-зубчатые (ККН-2,8; КЗК-10);

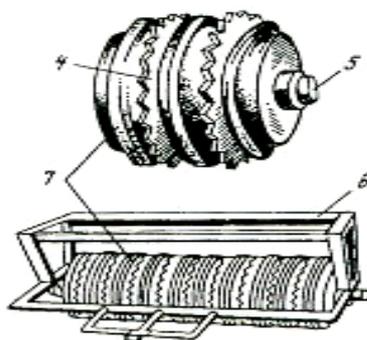


Рисунок 5.24 – Вид кольчато-зубчатого катка

- борончатые (КБН-3);

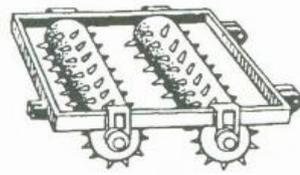


Рисунок 5.25 – Вид кольчато-зубчатого катка

- гладкие водоналивные (ЗКВГ-1,4);

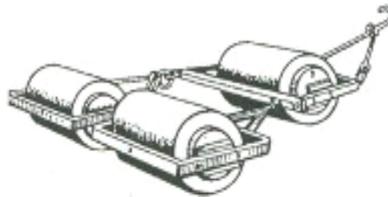


Рисунок 5.26 – Вид гладкого водоналивного катка

- легкие планчатые;

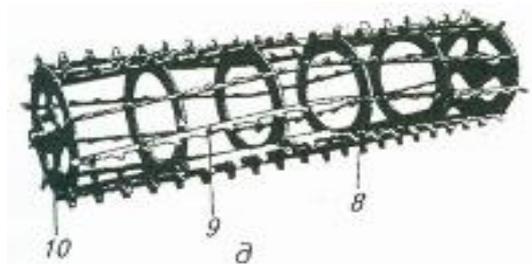


Рисунок 5.27 – Вид лёгкого планчатого катка

- комбинированные (ПВР-2,3; ПВР-3,5);

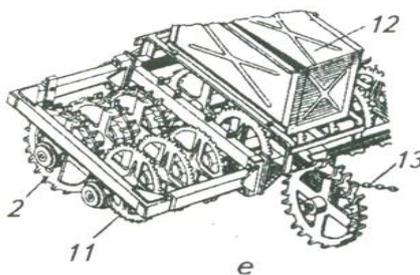


Рисунок 5.28 – Вид комбинированного катка

Удельное давление катков на почву регулируют, изменяя массу балласта.

## **Лекция 6. Особенности конструкций импортных орудий для поверхностной обработки почвы**

Содержание:

- 1 Особенности конструкций импортных дисковых борон.
- 2 Особенности конструкций импортных зубовых борон.
- 3 Особенности конструкций импортных лемешных луцильников.
- 4 Особенности конструкций импортных паровых культиваторов.
- 5 Особенности конструкций импортных катков.
- 6 Особенности конструкций импортных почвенных фрез.
- 7 Особенности конструкций импортных комбинированных агрегатов.
- 8 Особенности конструкций импортных глубокорыхлителей.

### **1 Особенности конструкций импортных дисковых борон**

Импортные дисковые бороны применяются как в виде самостоятельных, так и в составе комбинированных почвообрабатывающих агрегатов. В их конструкциях следует отметить следующие особенности.

Каждый диск установлен на индивидуальной стойке и имеет наклон от вертикальной оси.

Диск при этом исполняет роль лемеха и отвала, что способствует лучшему обороту отрезаемого пласта, его крошению, а также снижению требуемого тягового усилия трактора. Отсутствие в конструкции дисковых батарей с единой осью позволяет работать в условиях повышенной влажности почвы (до 40%) на полях со значительным количеством пожнивных остатков, а также на участках с любым количеством сорной растительности, при этом исключается наматывание на ось диска и забивание рядов дисков.

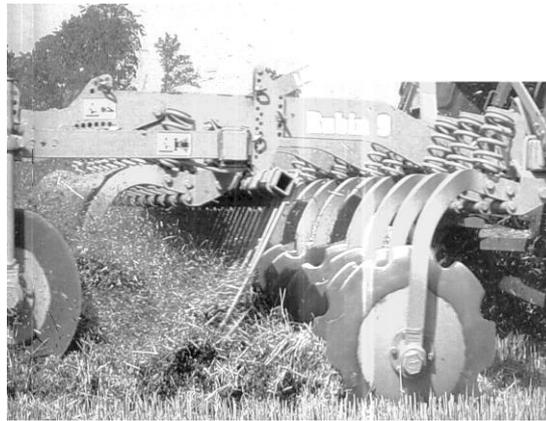


Рисунок 6.1 – Вид дисковой бороны с индивидуальными стойками дисков и пружинными предохранительно-нажимными устройствами

Стойки дисков имеют предохранительные механизмы.



Рисунок 6.2 – Вид предохранительного устройства из эластичных элементов



Рисунок 6.3 – Копирование рельефа и обход препятствия дисками с эластичными предохранительными элементами

Давление пружины можно изменять в зависимости от типа почвы. Стойки могут иметь также пружинную защиту по 3 направлениям.



Рисунок 6.4 – Вид предохранительного устройства с нажимной пружиной



Рисунок 6.5 – Вид предохранительного устройства со спиральной пружиной

Сравнение с другими способами навешивания наглядно показывает, что пружинные элементы обеспечивают постоянное оптимальное давление на диски и, тем самым, делают возможной оптимальную интенсивность работы. Это является значительным преимуществом, особенно на твердых и тяжелых почвах, по сравнению с более мягкими резиновыми демпферами. Таким образом, исключается образование огрехов в обработке.

При контакте с препятствиями, такими как камни, полусферические диски независимо друг от друга могут отклоняться вверх. Спиральные пружины служат для того, чтобы, после преодоления препятствия, полусферические диски быстро возвращались в рабочее положение. Одновременно с этим, предварительно натянутые стабильные спиральные пружины, даже на твердых почвах, обеспечивают более точное выдерживание

рабочей глубины, чем это возможно с более мягкими, резиновыми элементами. Срок службы спиральных пружин также значительно выше, чем у резиновых демпферов.

*Возможность изменять угол атаки секций на ходу из кабины трактора.*

*Удобное складывание секций в транспортное положение.*

За рубежом основными производителями дисковых борон являются фирмы «Kverneland», «Rasol», «John Deer», «Guivogne», «Agrisem», «Gregoire Besson» и др. Каждая фирма производит бороны различных типоразмеров с дисками разных диаметров, разной шириной захвата для тракторов различной мощности.

Преобладают модели, у которых при переводе агрегата в транспортное положение боковые секции поворачиваются в горизонтальной плоскости и размещаются впереди и сзади транспортных колес. При этом в широкозахватных конструкциях применяют двойное складывание батарей с размещением их боковых секций над центральными вдоль продольной оси орудия, а складывание с поворотом секций в поперечно-вертикальной плоскости (традиционный вариант) - в боронах относительно небольшой ширины захвата. При этом есть бороны, у которых поворот в поперечно-вертикальной плоскости предусмотрен только для боковых секций при сохранении горизонтального положения центральной секции. Есть бороны, у которых все батареи поворачиваются в вертикальное положение и размещаются с обеих сторон от продольной оси орудия.

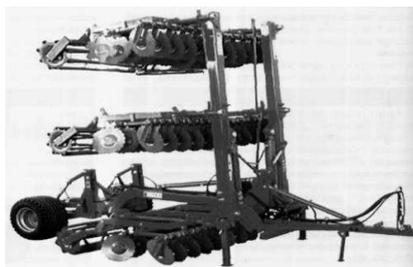


Рисунок 6.6 – Складывание дисковой бороны в двух плоскостях

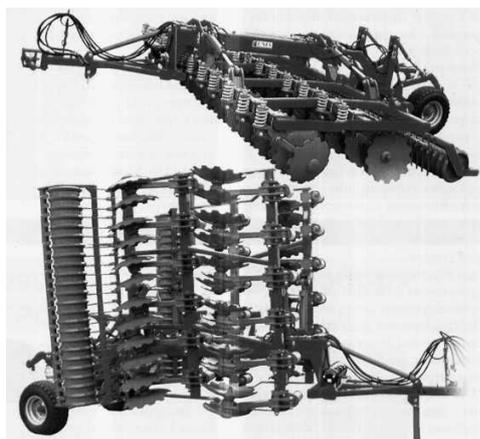


Рисунок 6.7 – Складывание дисковой бороны в вертикальной плоскости



Рисунок 6.8 – Складывание дисковой бороны в вертикальной и горизонтальной плоскостях

*Высокое удельное давление на диск.*

Вертикальная нагрузка на диск — 93-134 кг.

Наличие следорыхлящих приспособлений



Рисунок 6.9 – Вид следорыхлящих приспособлений из 4<sup>х</sup> стрельчатых лап

*Наличие катков и других рабочих органов (комбинирование).*

В дисколаповых конструкциях между передним и задним рядами батарей расположены рамки с двумя рядами лап, снабженные предохранительными устройствами, а сзади батарей - на навесной складывающейся рамке - трубчатые или кольчатые катки или пружинные бороны.

Как правило, сзади каждого ряда дисков установлены пружинные грабельки, а орудия снабжены одно- и двухрядными полыми трубчатыми или спиральными катками, изменением высоты крепления которых регулируют глубину обработки.



Рисунок 6.10 – Вид дисколаповой бороны модели DXRV фирмы «Gregoire Besson»

Новейшая разработка «UNIA» основана на объединении 2-х дисков разных диаметров (610 и 660 мм), установленных на одной стойке по обе стороны мощного подшипника.

*Наличие дисков различной формы.*



Рисунок 6.11 – Вид Выпуклых дисков

Бороны оснащены дисками (зубчатыми, лопастными и с круговым контуром), изготовленными из боросодержащих марганцовистых сталей и поэтому имеют высокую износостойкость.

Диаметр дисков 460; 510; 560; 610 и 710 мм и толщиной 6 и 7 мм.



Рисунок 6.12 – Вид лопастных дисков



Рисунок 6.13 – Установка гладких и зубчатых дисков на одной бороне

*Возможность фронтального агрегатирования.*



Рисунок 6.14 – Вид фронтальной дисковой бороны

*Сдвоенные опорные колёса.*



Рисунок 6.15 – Вид сдвоенных опорно-транспортных колёс



Рисунок 6.16 — Вид сдвоенных транспортных колёс

*Возможность работать в составе почвообрабатывающее-посевных агрегатов*

*Увеличенное расстояние между дисками против забивания.*



Рисунок 6.17 – Установка дисков бороны со смещением

Диски Рубина фирмы ЛЕМКЕН расположены в ряду на расстоянии 250 мм. Это обеспечивает работу без забиваний, Поскольку задний ряд дисков расположен со смещением по отношению к переднему, образуется шаг следа шириной 125 мм.

Наличие прочных легко регулируемых и быстросъёмных чистиков.



Рисунок 6.18 – Вид чистиков

*Гидравлическая регулировка глубины обработки.*

Предельная глубина обработки почвы в диапазоне легко регулируется с помощью клипсов, которые ограничивают ход гидравлического цилиндра. Дополнительные зажимы хранятся возле гидравлического цилиндра. Только в машине CaseIH модели 1225 глубина регулируется электрической системой без зажимов.



Рисунок 6.19 – Вид механизма регулирования глубины обработки

## 2 Особенности конструкций импортных зубовых борон

*Большая толщина и длина зубьев.*

Толщина зубьев 1,43 см. Оснащается зубьями длиной до 66 см.

Гидравлическая регулировка угла установки позволяет изменять угол атаки зуба в зависимости от условий поля



Рисунок 6.20 – Вид 4<sup>х</sup> рядной зубовой бороны

Четырёхрядная зубчатая борона для обработки почвы с большим количеством пожнивных остатков оборудована 1,91 х 40,64 см зубьями закругленной формы, которые расположены в шахматном порядке на расстоянии 762 см друг от друга. Такая форма рабочих органов, их длина и расположение, по сравнению с обычными зубьями, обеспечивают равномерное прохождение, а затем, - и распределение по поверхности поля растительных остатков. Индивидуальное размещение зубьев в сочетании с гибкостью независимых брусьев делает эту борону наиболее эффективным дополнительным оборудованием для обработки почвы при наличии большого количества пожнивных остатков.

*Пятирядная зубчатая борона* является наиболее непритязательным в плане технического обслуживания оборудованием для предпосевной обработки почвы при небольшом количестве пожнивных остатков.



Рисунок 6.21 – Вид пятирядной зубовой бороны

Благодаря оснащению зубьями 1,91 х 27,94 см, конструкции с независимыми брусьями и своему весу данная борона может справиться с обработкой даже самого твердого грунта на поле с неровным рельефом. Расстояние между зубьями составляет 4,45 см, что обеспечивает качественную подготовку семенного ложа посредством измельчения комков грунта, прикатывания обработанной почвы и выравнивания поверхности поля.



Рисунок 6.22 – Вид шестирядной зубовой бороны

*Шести рядная зубчатая борона для обработки почвы с большим количеством пожнивных остатков.*

На ней устанавливаются закругленные зубья 1,91х40,64 см. Такая форма рабочих органов и их длина, по сравнению с обычными зубьями, обеспечивают равномерное прохождение, а затем, - и распределение по поверхности поля

растительных остатков. Индивидуальное размещение зубьев, в сочетании с гибкостью независимых брусьев, делает эту борону наиболее эффективным дополнительным оборудованием для обработки почвы при наличии большого количества пожнивных остатков.

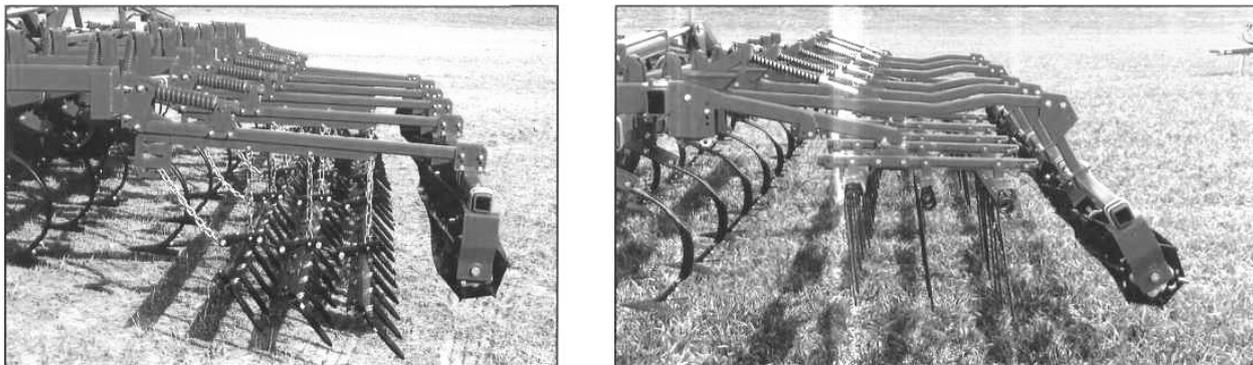


Рисунок 6.23 – Вид трёхрядной зубовой бороны в сочетании с катком

*Комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы, состоящий из трёхрядной пружинной бороны и катков.* Это приспособление имеет ряд регулировок: - глубина обработки, угол наклона и прижимное усилие, которые можно изменять в зависимости от условий работы. Благодаря небольшому диаметру, катки вращаются с высокой скоростью, что обеспечивает более агрессивное рыхление грунта и способствует заделке пожнивных остатков для качественной подготовки семенного ложа. Катки диаметром 26 см состоят из шести спиральных лезвий с карбоновым покрытием. В процессе эксплуатации катки работают независимо от бороны, и даже могут быть сложены или сняты, если не используются.

Рабочие органы трёхрядной пружинной бороны изготовлены в виде зубьев диаметром 9,5 мм, длиной 40,6 см и установлены на расстоянии 19,1 см друг от друга. Расстояние между рядами составляет 38,1 см, а смещение зубьев в рядах - 3,81 см. Уникальность регулировки угла наклона рабочих органов заключается в стопорном механизме, который предотвращает износ тяг и стержней. Каждый зуб может быть заменен отдельно, а конструкция всего узла позволяет рабочим органам отклоняться вперед, защищая их при движении агрегата задним ходом.

Все секции оснащены полностью регулируемыми пружинами натяжения, которые позволяют достигать необходимого прижимного усилия. Агрегируется с культиваторами серий: 5035, 5135, 5055.

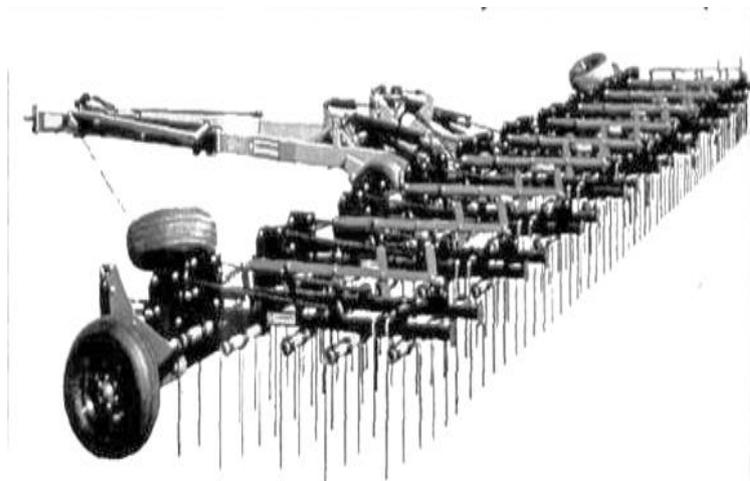


Рисунок 6.24 – Вид тяжёлой зубовой бороны SUPERHARROW PLUS



Рисунок 6.25 – Вид бороны-скребницы

### 3 Особенности конструкций импортных лемешных луцильников

Лемешные луцильники предназначены для проведения лушения после уборки урожая всех культур на полях засорённых корневищными сорняками.

Они могут проводить заделывание измельчённой соломы и других растительных отходов. Эти машины подходят и для обработки почвы без вспашки.

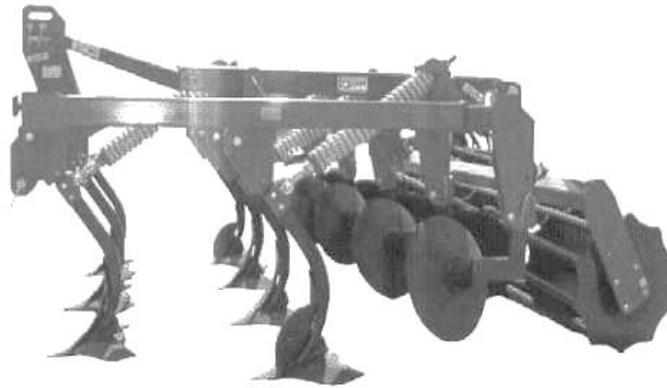


Рисунок 6.26– Вид лемешного луцильника

Машина состоит из рамы, на которой в два ряда размещены стрельчатые лапы. Луцильники класса G имеют лапы, защищенные с помощью срезного болта, GX имеют пружинную защиту, подходящую для каменистых почв.

На задней перегородке рамы помещён ряд дисков, обеспечивающих выравнивание поверхности почвы.

Сзади помещён трубчатый каток, выполняющий две функции:

- проводит выравнивание поверхности почвы и дробление комьев;
- регулированием ограничителей на раме устанавливается необходимая глубина обработки почвы.

В передней части глубина обработки регулируется удлинением или укорочением тяги третьей точки гидравлики.

#### **4 Особенности конструкций импортных паровых культиваторов**

*Удобное складывание в транспортное положение.*



Рисунок 6.27 – Вид культиватора в транспортном положении

*Различного типа рабочие органы.*



Рисунок 6.28 – Типы рабочих органов паровых культиваторов

Долота шириной 50, 80 или 120 мм. На 80 или 120 мм могут быть установлены стрельчатые крылья шириной 300 мм для неглубокого рыхления.



Рисунок 6.29 – Особенности геометрической формы лап культиваторов

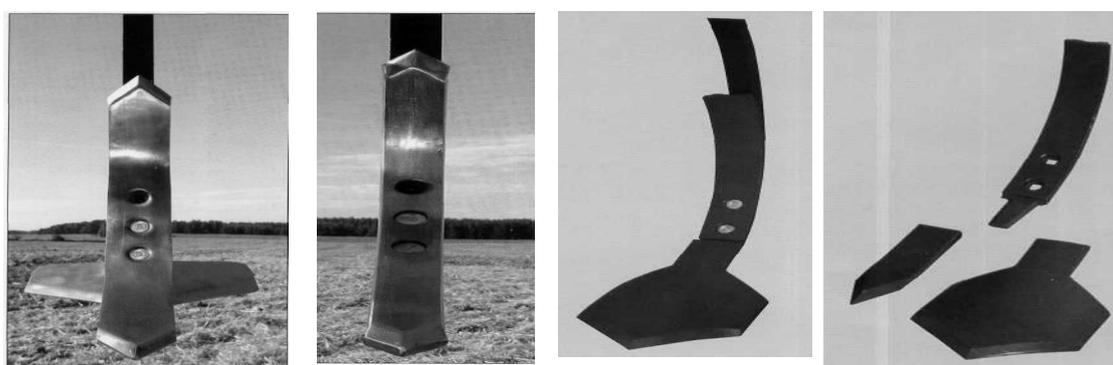


Рисунок 6.30 – Вид рабочих органов культиваторов

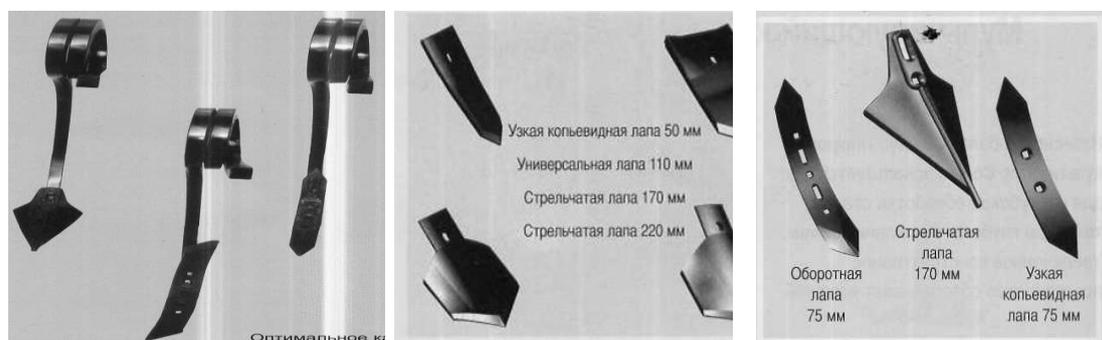


Рисунок 6. 31– Вид рабочих органов культиваторов

При экстремально поверхностной обработке жнивья очень хорошее смешивание большого количества соломы достигается благодаря широко работающей лапе для обработки стерни шириной 170 мм. Для глубокого рыхления – 50 мм.

*Наличие системы быстрой замены рабочих органов.*

Чтобы облегчить замену лап, необходимых для различных условий эксплуатации, фирмой AMAZONE была разработана система для быстрой замены Vario-Clip. С ее помощью можно монтировать и демонтировать различные лапы без откручивания и раскручивания резьбовых соединений, а только при помощи удара молотка. Простая переоснастка со стандартной системы лап на новую Vario-Clip возможна для всех Centaur с любой шириной захвата.



Рисунок 6.32– Вид системы быстрой замены лап культиваторов

*Возможность составления почвообрабатывающее-посевных агрегатов.*



Рисунок 6.33– Вид почвообрабатывающе-посевного агрегата

Лемеха и долота изготавливаются из износостойкой борсодержащей стали с нормативной наработкой на отказ на суглинистых почвах не менее 40

га. Рыхлящие лапы защищены от перегрузок пружинными механизмами или срезными болтами.



Рисунок 6.34– Вид предохранительных механизмов механизма

## 5 Особенности конструкций импортных катков

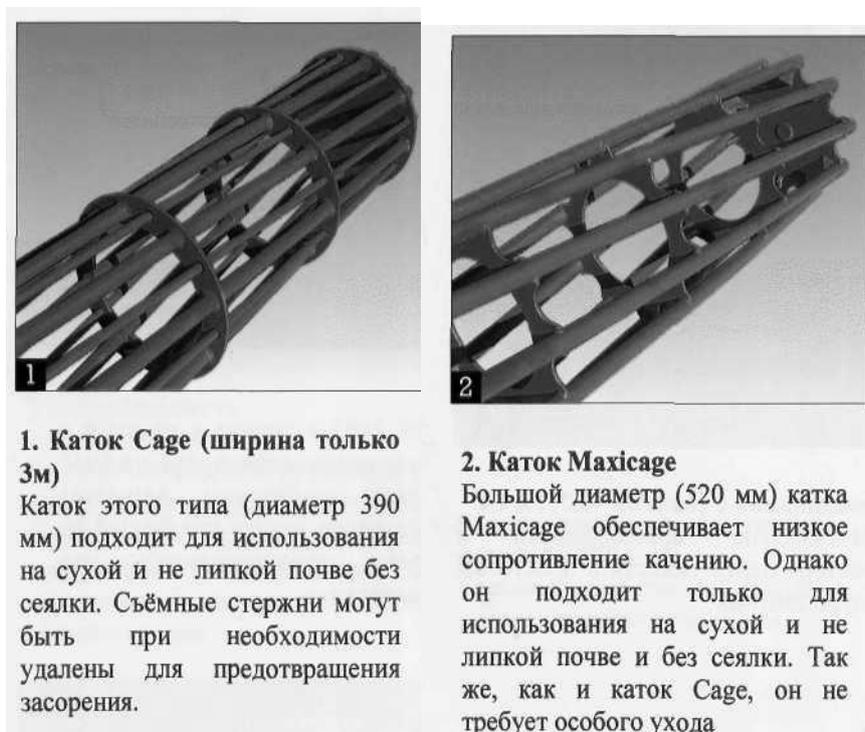


Рисунок 6.35– Вид трубчатых катков различного диаметра



Рисунок 6.36– Вид кольчато-шпорового катка



Рисунок 6.37– Вид кольчато-зубового катка

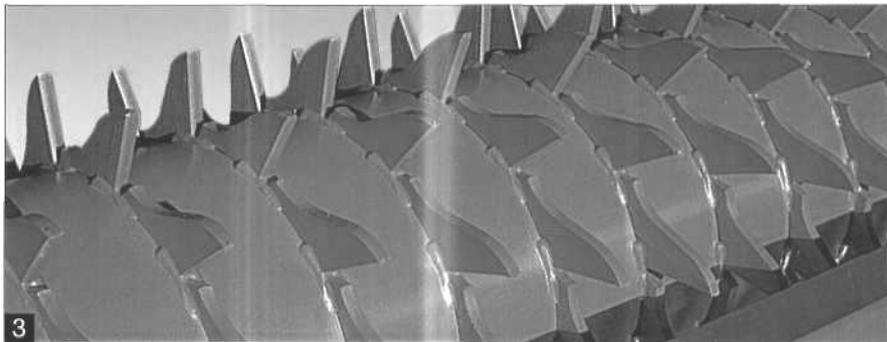


Рисунок 6.38 – Вид кольчато-дискового катка



Уникальный уплотняющий каток с клинообразными дисками обеспечивает уплотнение полосами. Семена укладываются в полосы. Подходит для любой погоды и любой почвы.



Рисунок 6.39 – Вид прорезиненных трапецидальных катков-бороздорезов

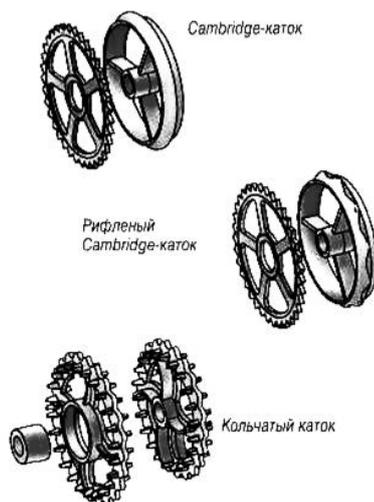


Рисунок 6.40– Вид рабочих органов дисково-зубчатого и кольчатого катков



Рисунок 6.41 – Вид планчато-зубчатого катка

Зубчатый полевой каток работает без забивания, даже при липком грунте и при большом количестве соломы. Низко установленные чистики обеспечивают ровную поверхность.



Рисунок 6.42 – Вид зубчатого катка

## 6 Особенности конструкций импортных почвенных фрез



Рисунок 6.43 – Вид вертикальной фрезы KUHN жёсткой конструкции

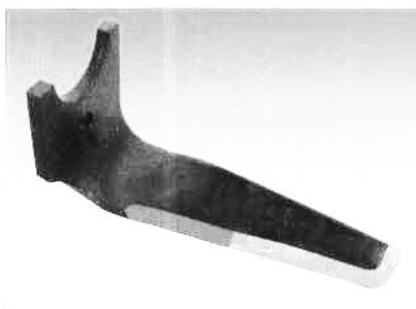


Рисунок 6.44 – Вид ножа вертикальной фрезы

Складывающиеся  
вертикальные фрезы

**HR**

для тракторов до  
206 кВт/280 л.с.

Центр тяжести вблизи трактора - двойные шарниры / плавающее рабочее положение - жёсткое / плавающее рабочее положение - особо прочная конструкция зубчатой передачи привода - зубья изогнутой или "атакующей" формы ОПТИМIX® (на HR 1003 DR) - система быстрого крепления зубьев FAST-FIT® серийно - выбор из нескольких типов катков - различные комбинации с сеялками - транспортная ширина менее 2,55 м.



Рисунок 6.45 – Вид складывающейся вертикальной фрезы

Используется после вспахивания, для измельчения почвы для полевых, овощных, виноградных культур и в теплицах.

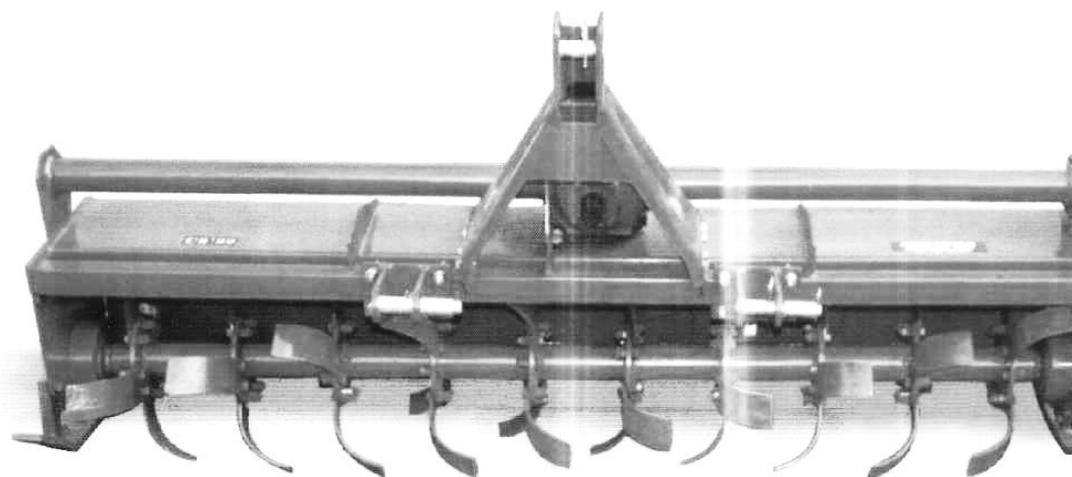


Рисунок 6.46 – Вид горизонтальной фрезы

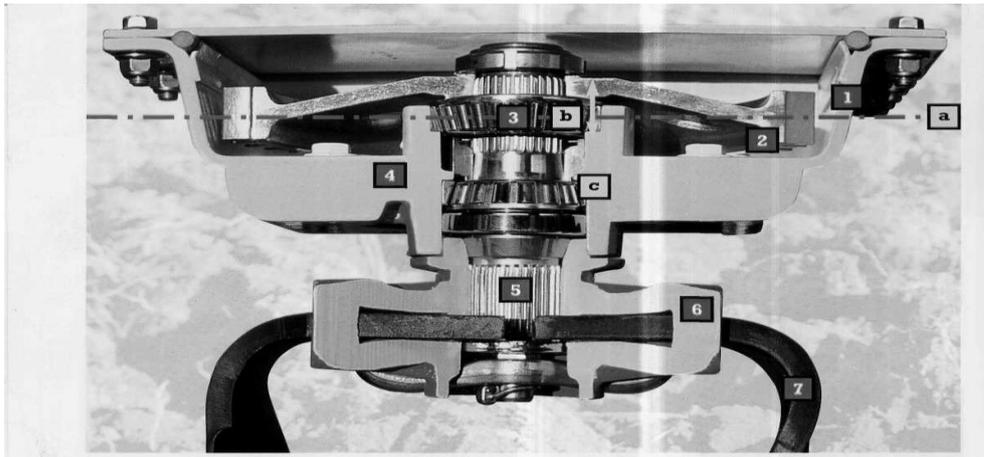


Рисунок 6.47 – Разрез рабочего органа вертикальной фрезы

**FAST-FIT: быстрая, простая и надежная фиксация рабочих органов**

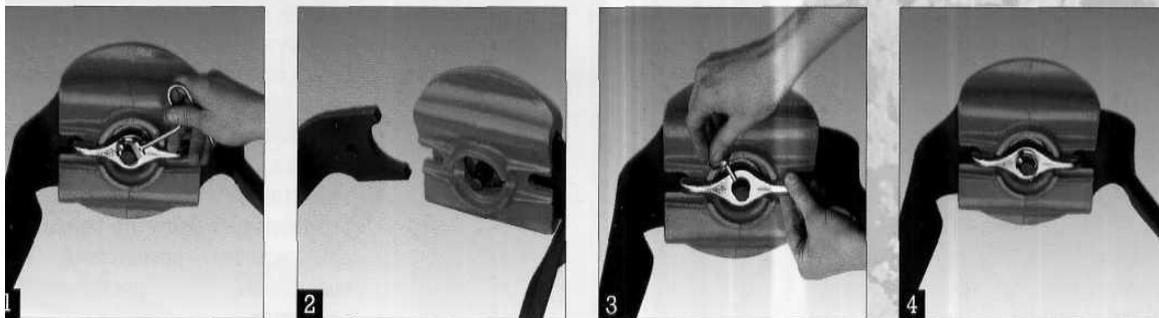


Рисунок 6.48 – Вид механизма быстросъемного крепления ножей



Быстросменное приспособление для зубьев:  
Зубья просто задвигаются в гнезда  
держателя и крепятся при помощи пальца  
со шплинтом. Более простой и быстрой  
замены не бывает.

Рисунок 6.49 – Вид механизма быстросъемного крепления ножей



Рисунок 6.50 – Вид редуктора почвофрезы



Рисунок 6.51 – Вид предохранительного механизма

*Дополнительное оборудование, чтобы приспособить вертикальную фрезу к вашим условиям.*



**Передняя выравнивающая штанга**

Передняя выравнивающая штанга используется для разбивания крупных комьев после вспашки. Эта легко съемная и регулируемая по высоте штанга не ограничивает глубину обработки.

Рисунок 6.52 – Вид механизма передней выравнивающей штанги



**Задняя выравнивающая штанга**

Для получения хорошо подготовленного посевного ложа выравнивающая штанга может устанавливаться сзади, между рабочими органами и прикатывающим катком. Для удобства на фрезе 3003/3503/4003 и 4503 положение выравнивающей штанги регулируется с помощью винта. Для надежности она закрепляется при помощи стального пальца и шплинтуется.

Рисунок 6.53 – Вид механизма задней выравнивающей штанги



**Следорыхлители**  
Разрыхляют следы от колес трактора. Эти устройства с регулируемым расстоянием и высотой могут быть оборудованы предохранителями

двух типов: болтовым или пружинным. В случае работы с трактором со сдвоенными колесами на машины шириной 4 м и 4,50 м можно установить два комплекта следорыхлителей.

Рисунок 6.54 – Вид следорыхлителя почвофрезы

## Горизонтальные фрезы

**EL**

для тракторов до 81 кВт/110 л.с.

Привод шестернями большого диаметра, расположенными в прочном толстостенном корпусе из термообработанной ковanej стали - большой диаметр ротора - несколько скоростей ротора - наличие различных типов роторов и катков для всех типов почв - быстрая фиксация EASY FIT® для прямых лезвий CULTILABOUR (EL 102) и быстрая фиксация FAST FIT® для искривленных лезвий CULTITILLER (EL 102) - задний кожух разделен на 2 части и регулируется рукояткой (EL 102).

6  
7



Быстрая фиксация FAST-FIT® для CULTITILLER

Техническая характеристика	EL 82 (односкоростная)	EL 92 (Duplex)	EL 102
Рабочая ширина (см)	130-155-180-205	180-205-230	230-250-300
Максимальная мощность трактора (кВт/л.с.)	63/85	63/95	81/110
Теоретическая минимальная требуемая мощность от ВОМ (кВт/л.с.)	от 24/33 до 38/51	от 33/45 до 43/58	от 44/60 до 55/75
Скорость ротора при 540 об/мин ВОМ (об/мин)	212	178/252	187-243-291
Скорость ротора при 1000 об/мин ВОМ (об/мин)	-	-	173-207-269-347
Диаметр ротора (мм)	525		525-550
Тип ножей	геликоидальные ножи		геликоидальные, прямые или наклонные ножи
Рабочая глубина (мин/макс) (см)	5/23		8/23
Орган регулировки глубины	полозья, колёса или катки (начиная с 205 см)		
Вес с колёсами (кг)	от 395 до 510	от 525 до 605	от 940 до 1080

Рис 6.54 а – Вид почвофрезы серии EL

## 7 Особенности конструкций импортных комбинированных агрегатов

Выполняемая комбинированными машинами и агрегатами предпосевная обработка почвы включает в себя рыхление почвы на необходимую глубину, уничтожение сорняков, измельчение растительных остатков, создание оптимальной объемной массы разрыхленного слоя и уплотненного ложа для семян, выравнивание поверхности поля с измельчением глыб и комьев. Для этого используют в различных комбинациях культиваторные лапы, рыхлители, диски, катки, зубья, роторы, выравниватели, бороны и боронки.

Зарубежные производители сельскохозяйственной техники предлагают широкую гамму комбинированных многофункциональных орудий, позволяющих за один проход выполнять несколько технологических операций.

Конструкции этих почвообрабатывающих машин различаются набором рабочих органов, их комбинациями и основными параметрами, шириной захвата, массой, элементами управления и обслуживания.

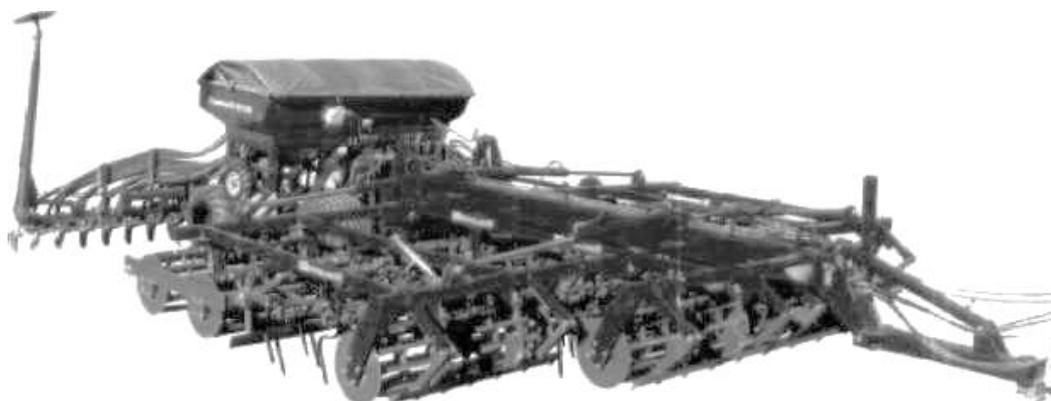


Рисунок 6.55 – Агрегат комбинированный для предпосевной обработки почвы VN Sapak Profi

Назначение: для предпосевной подготовки почвы.

Технология обработки: Передняя планировочная балка ровняет почву, зубья бороны выполняют операцию предварительного измельчения. Крупные комки разбиваются измельчительным уголковым катком. Затем производится

рыхление и дополнительное измельчение с помощью 3-х рядной секции S-образных лап. Вторая планировочная балка (опция), равномерно разравнивает почву. Последующая балка измельчает и уплотняет почву. Окончательная подготовка производится секцией с пружинными зубьями, которая обеспечивает оптимальную структуру почвы и, тем самым, создает наилучшие условия для прорастания семян. Агрегат может поставляться в комплексе с сеялкой.

### *Культиватор VN Terra Cult.*

Назначение: Благодаря различным возможностям применения культиватор ТЕРРАКУЛЬТ воплощает в себе множество преимуществ в одном орудии, что делает его незаменимым помощником для заделки пожнивных остатков и обработки почвы перед посевом. Область применения культиватора распространяется не только на стерню, он также служит в качестве базового рыхлителя, позволяя производить рыхление почвы на глубину до 25 см.

По заказу культиватор ТЕРРАКУЛЬТ может быть оснащен катком ТЕРРАПАК с клиновыми кольцами или незабывающимся катком ТЕРРАКЛИН (каток с поперечными плоскими планками диаметром 500 мм с находящимся внутри чистиком), который хорошо уплотняет почву.

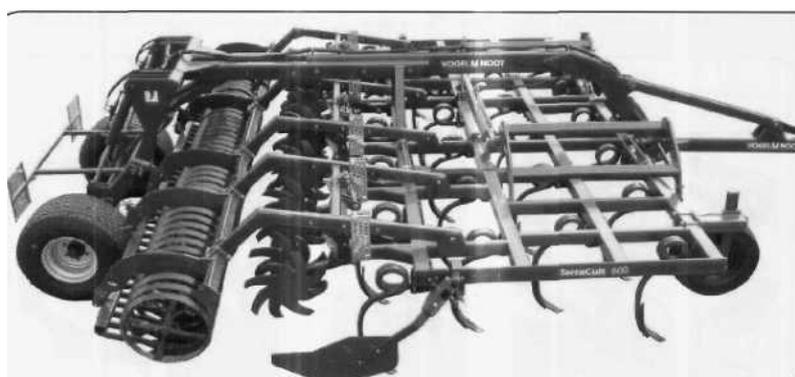


Рисунок 6.56– Агрегат комбинированный для предпосевной обработки почвы ТЕРРАКУЛЬТ

Чрезвычайно гибкая система стоек наральников с обратным сердцевидным острием (серийное оснащение) или обратным носком 100 мм -

оба также с оптимальным крыльчатим лемехом - вплоть до быстрозаменяемых «гусиных лапок» (система Multi Quick).

## 9 Особенности конструкций импортных глубокорыхлителей

### Глубокорыхлители Digger

Глубокорыхлитель с глубиной обработки до 45 см. с гидравлической защитой рабочих органов, в качестве рабочих органов применены глубокорыхлительные лапы с долотообразной формой в один или два ряда. Серийно с уплотнительным катком для обратного уплотнения почвы.



Digger	
глубина захвата (см)	65
ширина захвата (см)	250 - 500
кол-во зубцов (шт)	5 - 11
вес (кг)	1400 - 2550
мощность трактора (п.с.)	130 - 350

Рисунок 6.57 – Вид глубокорыхлителя Digger

Для рыхления почвы на глубину до 45 см без оборота пласта фирма предлагает глубокорыхлители DC 401 с широкими или узкими лапами и прикатывающим катком.

Современные чизельные плуги в основном производятся навесными с одним или двумя! рядами рабочих органов с междурядьями от 30 до 50 см. Часто они применяются в комбинации с дисками или другими рабочими органами.

Современные чизельные орудия типа; (chisel-plow) и орудия типа диск-чизель! (conser-till, soil saver, mulch-tiller) подразделяются на три основных типа: для обработки на глубину до 20-25 см, до 45 и свыше 45 см.

Характерной особенностью чизельных культиваторов является

подпружиненная или упругая стойка, на которой крепятся рабочие органы. Такая конструкция стойки обеспечивает колебание рабочего органа в почве, что повышает степень рыхления и самоочистку рабочего органа.

В комбинированных орудиях (чизельных культиваторах) в качестве приспособлений, улучшающих качество обработки почвы, также устанавливают под небольшими углами атаки два ряда дисковых батарей или соосно располагают ряд батарей и трубчатый каток.

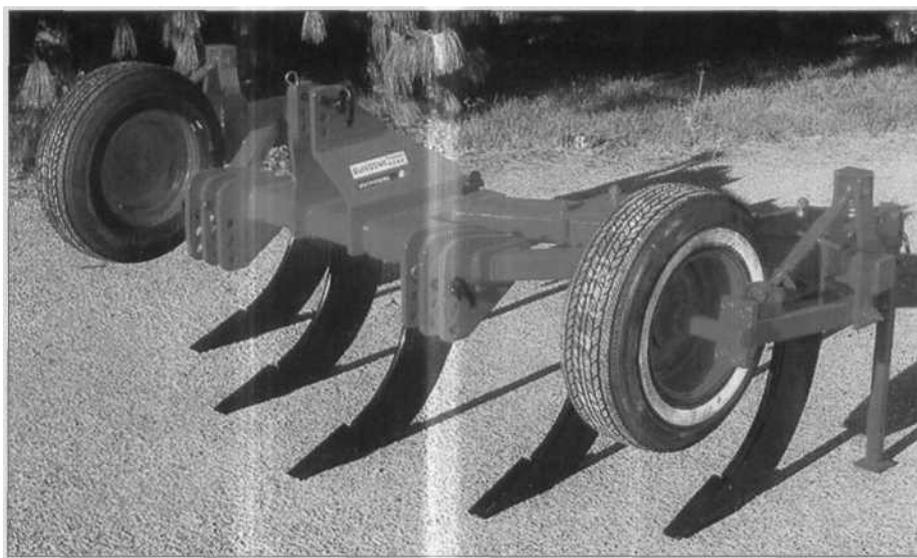


Рисунок 6.58 – Вид глубокорыхлителя с долотообразными рабочими органами

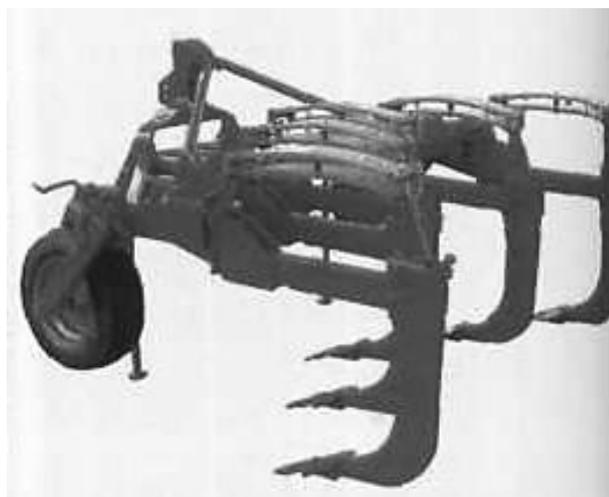


Рисунок 6.59 – Вид предохранительного механизма рессорного типа

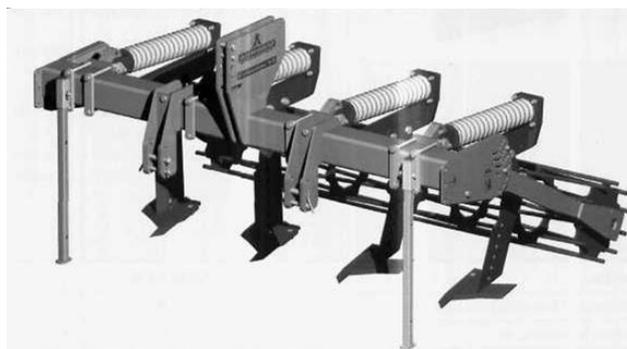


Рисунок 6.60 – Вид предохранительного механизма пружинного типа

Система защиты болтом-предохранителем, рессорной типа "Нон-стоп". Предназначена для основной безотвальной обработки почвы различного механического состава на глубину до 50 см. Имеет оригинальную изогнутую рабочую стойку, позволяющую повисить рыхление почвы при меньших нагрузках.

Зубья рыхлителей почвы оснащены крыльчатыми сошниками. Версия В выпо, няется в версиях с 3, 5 и 7 зубьями, версия S с 3, 5 и 7 зубьями. Рыхлители почвы 3В и 5В выполняются по стандарту с металлическими колес; ми, 7В и S - с резиновыми колесами.

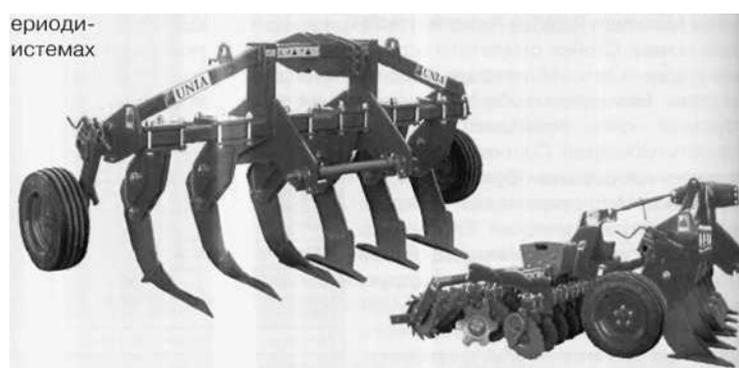


Рисунок 6.61 – Вид глубокорыхлителя с изогнутыми стойками и крыльчатыми сошниками

*Чизельные орудия.* Современные чизельные плуги в основном производятся навесными с одним или двумя рядами рабочих органов с междурядьями от 30 до 50 см. Часто они применяются в комбинации с дисками

или другими рабочими органами. Примером может служить чизельный плуг в комбинации с дисками фирмы «Brillion» (Франция).

Современные чизельные орудия типа (chisel-plow) и орудия типа диск-чизель (conser-till, soil saver, mulch-tiller) подразделяются на три основных типа: для обработки на глубину до 20-25 см, до 45 и свыше 45 см.

Характерной особенностью чизельных культиваторов является подпружиненная или упругая стойка, на которой крепятся рабочие органы. Такая конструкция стойки обеспечивает колебание рабочего органа в почве, что повышает степень рыхления и самоочистку рабочего органа.

В комбинированных орудиях (чизельных культиваторах) в качестве приспособлений, улучшающих качество обработки почвы, также устанавливают под небольшими углами атаки два ряда дисковых батарей или соосно располагают ряд батарей и трубчатый каток.

Новый комбинированный агрегат «Air Seeder» фирмы «Kverneland», состоящий из культиватора, разбрасывателя минеральных удобрений и сеялки для высева зерновых

Культиватор-глубокорыхлитель оснащен изогнутыми рыхлительными стойками типа «рага-plou», что позволяет качественно проводить разуплотнение почвы, сохраняя при этом 90% пожнивных остатков.

*Особенности:* культивирующие лапы со смещенным режущим элементом перемещают слой почвы в вертикальном направлении, создавая эффект «волны», что позволяет сэкономить около 30% мощности по сравнению с лапами расположенными под прямым углом или изогнутыми лапами. После прохождения «волны» почва растрескивается в вертикальном направлении, что способствует проникновению корневой системы растений в более глубокие слои почвы для гарантированного обеспечения влагой, а так же задержании влаги в период выпадения осадков. Защита «Non-Stop» позволяет работать в наисложнейших условиях. Защита настраивается на 2 возможных уровня срабатывания (1200 и 1700 кг), что позволяет лапе полностью отклониться при встрече с препятствием.

## Список литературы

1. Комбинированные агрегаты для обработки почвы фирмы "Kverniland". [www.kverniland.com](http://www.kverniland.com)
2. Кормо-зерноуборочная техника фирмы "KLAAS" 2006г. [www.claas.kom](http://www.claas.kom).
3. Корпорация "BEHA" Итальянская фирма "SFODGGIA". [www.sfoggia.com](http://www.sfoggia.com)
4. Красноярский завод комбайнов. [www.krasnojarsk.kom](http://www.krasnojarsk.kom)
5. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1989. 672 с.
6. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины: методические указания для самостоятельного изучения дисциплины. Для бакалавров вузов по направлению 110800.62 Агроинженерия. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. 30 с.
7. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник тестовых заданий для контроля знаний по дисциплине: методическое пособие. Ч. II. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 137с.
8. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник тестовых заданий для контроля знаний по дисциплине: методическое пособие. Ч. III. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 83 с.
9. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник тестовых заданий для контроля знаний по дисциплине: методическое пособие. Ч. I. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 123 с.
10. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник задач и тестов: учебное пособие. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. 100 с.
11. Кузнецов В.В. Учебное пособие к практическим занятиям по сельскохозяйственным машинам. Ч. 1. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 73 с.
12. Кузнецов В.В. Учебное пособие к практическим занятиям по сельскохозяйственным машинам. Ч. 2. Брянск.: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 99 с.

13. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зотов и др. М.: Колос, 1986. 688 с.
14. Новые агротехнологии. Каталог продукции KUHN. М.: KUHN, 2006. 177 с.
15. Ожерельев В.Н., Ожерельева М.Н. Машины для уборки зерна: учебно-методическое пособие по дисциплине сельскохозяйственные машины: диск. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010.
16. Опрыскиватели ООО "КАЗАНЬСЕЛЬМАШ" [www.kazansm.ru](http://www.kazansm.ru)
17. Оптимальное сочетание: техника, технологии, финансирование. М.: ЛБР групп, 2008. 138 с.
18. Оптимальные технологии заготовки кормов фирмы "KRONE". [www.krone-rus.ru](http://www.krone-rus.ru)
19. Почвообрабатывающая техника фирмы "KOCKERLING" [www.kockerling.de](http://www.kockerling.de)
20. Практикум по сельскохозяйственным машинам / А.И. Любимов, З.И. Воцкий, В.В. Бледных и др. М.: Колос, 1997. 191 с.
21. Пресс-подборщик рулонный ППР-120 «Pelikan»: руководство по эксплуатации, каталог деталей и сборочных единиц. Ростов н/Д., 2012. 157 с.
22. Пресс-подборщик тюковый ППТ-041 «Tukan»: руководство по эксплуатации и каталог запасных частей. Ростов н/Д., 2011. 138 с.
23. Программа продукции DEUTZ FAHR. М.: ЕвроАгроставка, 43 с.
24. Программа техники фирмы "KRONE на 2013-2014 г. [www.krone-rus.ru](http://www.krone-rus.ru)
25. Сельскохозяйственная техника из Европы. Выборочный каталог. М.: «ЭкоНива-Техника», 2008. 68 с.
26. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учеб. пособие для вузов. М.: Колос, 1994. 751 с.
27. Сельскохозяйственные машины. Практикум / М.Д. Адиньяев, В.Е. Бердышев, И.В. Бумбар и др.; под ред. А.П. Тарасенко. М.: Колос, 2000. 240 с.
28. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах [Техника для растениеводства] : учебное пособие для

студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям: 110301 "Механизация сельского хозяйства" и 110304 "Технология обслуживания и ремонта машин в АПК" / М.А. Новиков, В.А. Смелик, И.З. Теплинский и др.; под ред. М.А. Новикова. СПб.: Проспект Науки, 2011. 207 с.

29. Сельскохозяйственные машины: практикум / М.Д. Адиянов, В.Е. Бердышев, В.А. Головатюк и др.; под ред. А.П. Тарасенко. М.: Колос, 2000. 240 с.

30. Современная техника для сельского хозяйства России. Орёл, 2007. 92 с.

31. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: учеб. пособие. М.: Росинформагротех, 2003. 340 с.

32. Тенденции развития сельскохозяйственной техники. Научный аналитический обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 164 с.

33. Техника выпускаемая заводом "ROSTSELMASH".

[www.rostselmash.com](http://www.rostselmash.com)

34. Техника выпускаемая фирмой "AMAZONE" [www.amazone.de](http://www.amazone.de)

35. Техника торгового центра ЛБР-ГРУПП "CASE" "MORRIS" "KUHN" "UNIA" [www.lbr.ru](http://www.lbr.ru)

36. Техника фирмы "KOLNAG". [www.kolnag.ru](http://www.kolnag.ru).

37. Техника фирмы "LEMKEN" [www.lemken.com](http://www.lemken.com).

38. Техника фирмы "VADERSTAD" [www.vaderstad.com](http://www.vaderstad.com).

39. Учебные фильмы по технике выпускаемой ПО "Гомсельмаш" [www.gomselmash.by](http://www.gomselmash.by).

40. Халанский В.М., Горбачёв И.В. Сельскохозяйственные машины: учебник для высших учебных заведений. СПб.: ООО "Квадро", 2014. 624 с.

Учебное издание

**Кузнецов Владимир Васильевич**

# **Сельскохозяйственные машины**

**Сборник лекций по дисциплине**

*Часть 1*

Методическое пособие для студентов вузов очного и заочного обучения  
по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия,  
профили образовательной программы «Технические системы  
в агробизнесе», «Технический сервис в АПК»

Редактор Павлютина И.П.

---

Подписано к печати 03.04.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 8,42. Тираж 25 экз. Изд. № 5672.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ