

Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет

Н. Е. РУДЕНКО

# МЕХАНИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов  
по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности  
311300 – «Механизация сельского хозяйства»

Ставрополь  
«АГРУС»  
2005

ББК 40.724  
Р 83

***Рецензенты:***

доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины» КБСХА  
*М. Х. Каскулов*

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
директор научно-производственного предприятия «Экозем»  
*Е. И. Рябов*

**Руденко Н. Е.**  
Р 83      Механизация обработки почвы : учебное пособие. — Ставро-  
поль : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. — 112 с.  
ISBN 5-9596-0209-1

В настоящем пособии изложены теоретические положения по механической обработке почвы, описаны технологические свойства почвы и способы воздействия на нее, даны характеристики плугов и машин для поверхностной обработки, представлены технологические и конструктивные схемы комбинированных почвообрабатывающих агрегатов, освещены практические приемы определения качественных показателей обработки почвы.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности «Механизация сельского хозяйства».

**ББК 40.724**

**ISBN 5-9596-0209-1**

© Руденко Н. Е., 2005  
© Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005

## ВВЕДЕНИЕ

Человек начал обрабатывать почву в глубокой древности. Вначале он применял палку и камень. Затем они сменились мотыгой и лопатой. Когда стали использоваться на сельскохозяйственных работах волы, лошади, коровы, появились рало, соха, борона, плуг. Работа пахаря с использованием конной тяги стала в 8...10 раз производительнее ручного труда с мотыгой.

Обработка почвы необходима для создания оптимальных водного, воздушного, теплового, питательного режимов для растений, усиления биологических процессов, уничтожения сорняков и вредителей, заделки удобрений, стерни, растительных остатков, защиты от водной и ветровой эрозии, повышения плодородия, снижения затрат труда и средств на единицу производимой продукции.

Обработка почвы бывает глубокой, мелкой и поверхностной, отвальной и безотвальной, двух- и трехъярусной.

Для каждой технологии обработки почвы используют определенный тип машин и орудий. Только для вспашки применяют оборотные, поворотные, линейные, фронтальные и дисковые плуги. Безотвальную обработку проводят плоскорезами, чизельными орудиями, глубоко-рыхлителями.

Для поверхностной обработки служат зубовые и дисковые бороны, лушпильники, ротационные мотыги, фрезы, катки разных модификаций.

С целью сокращения затрат труда и средств, уменьшения негативного воздействия движителей (колес, гусениц) тракторов и сельскохозяйственных машин применяют комбинированные почвообрабатывающие агрегаты. За один проход агрегата выполняется сразу несколько технологических операций.

Для того чтобы эффективно применять различные способы воздействия на почву, надо знать физико-механические и технологические свойства почвы, ее состояние.

Венцом любой обработки почвы является определение ее качественных показателей, установление соответствия их агротехническим требованиям.

### Немного истории

Первым для механической обработки почвы стали использовать однозубовое бороздящее орудие — *рало*. Зуб располагался под углом, близким к 45°. Усовершенствованным орудием стало двухзубовое рало, получившее название «*соха*», что означает «развилье», рогатина с двумя

ветвями. Затем появилась трехзубовая соха — цапулька, или цапуга. Вынутая из бороздки почва сыпалась по обе стороны от нее, что не позволяло при последующих проходах избежать огрехов. Надо было, чтобы вынутая почва ложилась только в сторону обработанного поля. Это удалось сделать при появлении приспособления, сыгравшего важную роль в истории развития почвообрабатывающей техники, названного «полица», «палица», «присоха», «шабала», «отвал». Отвал имел форму лопаты, его можно было поворачивать влево и вправо, по аналогии с нынешними поворотными плугами. Но плоский отвал плохо оборачивал пласт. Первая попытка определить рациональную форму рабочей поверхности отвала была предпринята английским земледельцем Бейли в 1795 г. Он вырезал в поле задернелый прямоугольный пласт почвы шириной 9" (23 см) высотой 6" (15,2 см) и длиной 54" (137 см), закрутил его концевую часть на угол 135° дерниной вниз и по поверхности обернутого пласта построил рабочую поверхность отвала, которая оказалась близкой к винтовой. Винтовая поверхность была нужна потому, что в это время в Англии шло освоение новых целинных земель со связанными задернелыми почвами, требующими полного оборота пласта с целью заделки растительности и навоза.

Первый завод по производству плугов в России появился в 1854 г. Его открыл в г. Одессе предприниматель Г.И. Ген. В начале XX века в России выпускалось уже 120 тысяч плугов в год.

В своем труде «Земледельческая механика», вышедшем в 1919 г., академик Василий Прохорович Горячкин впервые применил законы механики к анализу технологических процессов, выполняемых сельскохозяйственными машинами.

## Глава 1. ПОЧВА

### 1.1. Физическое состояние

В технологическом процессе обработки почвы участвуют три элемента: источник энергии (трактор), сельскохозяйственное орудие и обрабатываемый материал — почва. Задача процесса — изменение свойств и состояния почвы, уничтожение прорастающих сорных растений, создание благоприятных условий для роста и развития культурных растений.

Почва представляет собой многофазную дисперсную среду. Она состоит из четырех частей: твердой, жидкой, газообразной и живой.

*Твердая часть* включает минеральные и органические вещества. Минеральные вещества — это песок и глина, органические — гумус, корни, стебли растений. Содержание гумуса в почве колеблется от 1 до 12%. Это продукт переработки микроорганизмами органических остатков отмерших растений и животных. Он придает почве темный цвет. В гумусе содержатся все элементы питания растений, которые становятся доступными для них только после разложения, минерализации микроорганизмами.

*Жидкая часть* — это вода и растворы различных веществ, которые обеспечивают питание растений через корни.

*Газообразная часть* — это воздух, пары воды, углекислый газ, который выделяют корни, и другие газы.

*Живая часть* — это грибы, бактерии, черви, моллюски, личинки, куколки насекомых. В 1 г почвы содержатся сотни миллионов микроорганизмов, а на 1 га живая часть достигает 5...7 т. Чем выше окультуренность почвы, тем больше в ней живая часть.

### 1.2. Механический состав

Качество обработки почвы во многом зависит от ее механического состава (табл. 1). Классификация почв по механическому составу осуществляется в зависимости от содержания в ней физической глины, т. е. частиц почвы менее 10 мкм (0,01 мм).

Таблица 1 — Классификация почв по механическому составу

| Почва            | Содержание физической глины*, % |
|------------------|---------------------------------|
| <b>Легкая:</b>   |                                 |
| Песок рыхлый     | 0...5                           |
| связный          | 6...10                          |
| Супесь           | 11...20                         |
| Суглинок легкий  | 21...30                         |
| <b>Средняя:</b>  |                                 |
| Суглинок средний | 31...45                         |
| <b>Тяжелая:</b>  |                                 |
| Суглинок тяжелый | 46...60                         |
| Глина легкая     | 61...75                         |
| средняя          | 76...85                         |
| тяжелая          | > 85                            |

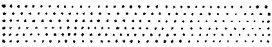
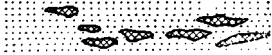
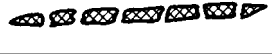

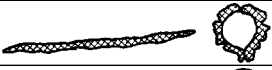
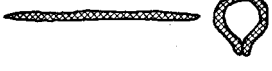
\* Содержание частиц почвы размером менее 0,01 мм

Почвы разделяют на легкие, средние и тяжелые. Песчаные, супесчаные и легкосуглинистые почвы хорошо поддаются механической обработке, отличаются водопроницаемостью и лучшим воздушным режимом. Глинистые почвы — тяжелые. При увлажнении они легко заплывают, липкость их увеличивается, при подсыхании образуется мощная почвенная корка, а при обработке — глыбы, что отрицательно сказывается на росте и развитии культурных растений.

Существует довольно простой способ определения механического состава почвы в полевых условиях: берут небольшой комочек почвы, увлажняют его, тщательно перемешивают и раскатывают на ладони в шнур толщиной около 3 мм, после чего свертывают в кольцо диаметром до 30 мм. В зависимости от механического состава почвы шнур при раскатывании и свертывании в кольцо принимает различный вид (табл. 2).

В агрономическом отношении наиболее ценная часть — агрегаты размером 0,25...10 мм. Более крупные почвенные отдельности считаются глыбистой частью, более мелкие относятся к распыленной фракции. Наиболее водопрочными являются агрегаты размером 1,0...3,0 мм.

Таблица 2 – Способ определения механического состава почвы в полевых условиях

| Вид образца почвы при раскатывании в шнур и свертывании в кольцо                  | Состояние образца                                   | Механический состав |
|---|---|---------------------|
|  | Шнур не образуется                                  | Песок               |
|  | Зачатки шнур  | Супесь              |
|  | Шнур ломается при раскатывании                      | Легкий суглинок     |
|  | Шнур сплошной, распадается при свертывании в кольцо | Средний суглинок    |
|  | Шнур сплошной, кольцо с трещинами                   | Тяжелый суглинок    |
|  | Шнур сплошной, кольцо хорошо выполненное, стойкое   | Глина               |

Типы почв в зависимости от размера агрегатов, мм

*Глыбистая*

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| Крупноглыбистая | Более 100,0  |
| Глыбистая       | 50,1...100,0 |
| Мелкоглыбистая  | 10,1...50,0  |

*Комковая*

|                |            |
|----------------|------------|
| Крупнокомковая | 7,1...10,0 |
| Комковая       | 5,1...7,0  |
| Мелкокомковая  | 3,1...5,0  |

*Зернистая*

|                |            |
|----------------|------------|
| Зернистая      | 1,1...3,0  |
| Мелкозернистая | 0,25...1,0 |
| Пылеватая      | Менее 0,25 |

Если в верхнем слое почвы 0...50 мм частиц почвы размером до 0,25 мм более 25%, то такая почва при отсутствии стерни и растительности подвергается ветровой эрозии.

Наиболее ценными являются агрегаты, которые длительное время не распадаются в воде. Они, как правило, состоят из микроагрегатов, соединенных друг с другом в результате коагуляции коллоидов, склеивания. Способность противостоять действию воды называется *водопрочностью* структуры.

**Макроагрегатный состав почвы** оценивается тремя коэффициентами:

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

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

$$\text{Коэффициент глыбистости } G = \frac{m_{(>10)}}{m},$$

где  $m$  — общая масса взятой для анализа почвы, кг;

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

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

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

Желательно, чтобы коэффициент  $C$  был наибольшим, а  $P$  и  $G$  — наименьшими.

К наиболее эффективным приемам восстановления структурных свойств почв относятся агротехнические: обработка в спелом состоянии, возделывание многолетних трав, применение органических удобрений, сидератов, известкование кислых почв, мелование и гипсование солонцов.

### 1.3. Сквозность (порозность)

Сквозность, или порозность, характеризуется долей пустот, находящихся в общем объеме почвы, и выражается в процентах:

$$C_{\Pi} = \frac{V_{\Pi\Pi}}{V_{\Pi}} \cdot 100, \%, \quad (1)$$

где  $V_{\Pi\Pi}$  — объем пустот, мм<sup>3</sup>;

$V_{\Pi}$  — общий объем почвы, мм<sup>3</sup>.

Оптимальная порозность почвы находится в пределах 40...60%. Поры диаметром менее 10 мкм (0,01 мм) непроходимы даже для тонких корней растений, а диаметром менее 3 мкм (0,003 мм) — для большинства почвенных микроорганизмов. Порозность имеет существенное значение для создания благоприятного водного, воздушного, теплового и пищевого режимов.



## 1.4. Плотность

*Плотность почвы* — это отношение массы почвы  $m_{\Pi}$  к ее объему  $V_{\Pi}$  в естественном состоянии:

$$P = \frac{m_{\Pi}}{V_{\Pi}}, \text{ г/см}^3. \quad (2)$$

Она изменяется от 0,7 до 1,8 г/см<sup>3</sup>.

Оптимальной считается плотность 1,0...1,3 г/см<sup>3</sup>. При плотности более 1,4 г/см<sup>3</sup> корни плохо проникают в почву. Комки почвы с такой плотностью практически не участвуют в процессе повышения ее плодородия. 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%. Плотность почвы уменьшают рыхлением, а повышают уплотнением.

*Рыхление* — увеличение расстояния между комочками почвы с частичным уменьшением их размеров. Эта операция улучшает водо- и воздухопроницаемость почвы и аэрацию.

*Уплотнение* — технологическая операция, приводящая к уменьшению расстояния между комочками почвы, то есть обратная рыхлению. Она увеличивает плотность, способствует подтягиванию влаги, улучшает прогревание почвы.

## 1.5. Влажность

*Влажность почвы* — отношение массы содержащейся в ней воды к массе сухой почвы, выраженное в процентах. Это абсолютная влажность почвы:

$$W_a = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100, \%, \quad (3)$$

где  $m_b$  — масса образца влажной почвы, г;

$m_c$  — масса образца сухой почвы, г.

*Сухая почва* — такая почва, у которой масса образца при дальнейшем высушивании в сушильном шкафу (при температуре 105 °С), практически не изменяется.

Для оценки степени увлажнения различных по механическому составу почв используют показатель  $W_n$  — наименьшая влагоемкость почвы.

*Наименьшая влагоемкость* — количество влаги, прочно удерживающейся в почве после перемещения части ее в нижележащие слои под действием гравитационных сил, выраженное в процентах от массы абсолютно сухой почвы.

Оптимальной в течение вегетационного периода является влажность почвы не ниже 80% от  $W_{\pi}$ .

Наименьшая влагоемкость изменяется в зависимости от механического состава почв: супесь — 18...20%, легкий суглинок — 24...26%, средний суглинок — 28...30%, тяжелый суглинок — 31...33%. Зная эти данные, можно определить подачу воды для конкретных условий возделывания пропашной культуры по формуле А.Н. Костякова:

$$H_{\pi} = 10 \cdot p \cdot h \cdot (W_{\pi} - W_a), \quad (4)$$

где  $H_{\pi}$  — подача воды, мм слоя воды на 1 га;

$h$  — расчетный слой увлажнения почвы, м;

$p$  — плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

$W_a$  — абсолютная влажность почвы перед поливом, %;

$W_{\pi}$  — наименьшая влагоемкость данного типа почвы, %.

Например: *определить подачу воды при следующих исходных данных:  $W_a = 21\%$ ,  $h = 0,4$  м, механический состав почвы — средний суглинок, для него  $p = 1,2$  г/см<sup>3</sup>,  $W_{\pi} = 28\%$ .*

*Получим:  $H_{\pi} = 10 \cdot p \cdot h \cdot (W_{\pi} - W_a) = 10 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 7 = 33,6$  мм/га = 336 м<sup>3</sup>/га.*

В полевых условиях влажность почвы можно оценить так: если пылит, теплая на ощупь, значит сухая; не пылит, холодная на ощупь — свежая; легко формируется в комочек — влажная; тестообразного состояния, но вода при сжатии не выделяется — сырая; текучая, с самопроизвольным выделением воды — мокрая.

Оптимальное состояние почвы соответствует зонам  $З_1$  и  $З_2$  (рис. 1). Влажность и механический состав в этих зонах таковы, что почва под действием обрабатывающих орудий крошится без образования глыб. В зоне 2 почва соответствует тестообразной пластичной массе и излишне налипает на рабочие органы. Почва зоны  $З_3$  имеет повышенную твердость. При ее обработке образуются крупные комки и глыбы, требующие дополнительной разделки. Почва влажностью выше 22% при обработке интенсивно прилипает к металлическим поверхностям орудий, что отрицательно сказывается на производительности агрегатов и качестве работ. В зоне 1 почва представляет собой суспензию и практически не поддается обработке.

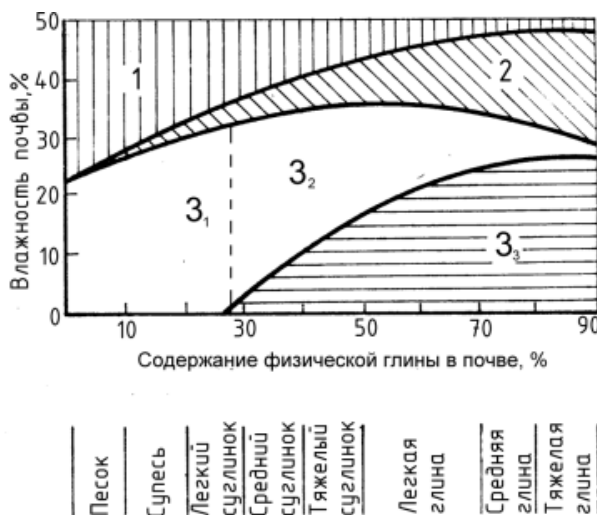


Рисунок 1 – Диаграмма состояния почвы (по Г. Д. Петрову)  
в зависимости от ее механического состава и влажности:

1 – текучее; 2 – пластичное; 3<sub>1</sub> – рыхлое; 3<sub>2</sub> – с легко разрушающимися комками; 3<sub>3</sub> – глыбистое

Повышают влажность почвы поливами и прикатыванием (подтягивание воды с нижних слоев), а снижают – рыхлением. В рыхлой почве при фракциях свыше 10...15 мм усиливается проветривание, происходит потеря влаги диффузным путем.

## 1.6. Технологические свойства

### 1.6.1. Твердость

*Твердость* – свойство почвы в естественном состоянии сопротивляться проникновению в нее какого-либо тела (деформатора). Это сопротивление сжатию и расклиниванию.

Твердость почвы выражается в Па (Н/м<sup>2</sup>) и измеряется с помощью приборов, называемых твердомерами.

По данным Н.А. Качинского, почвы по твердости разделяют на следующие категории:

- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| > 10,0 МПа – слитная ;      | 5,1...10,0 МПа – весьма твердая; |
| 3,1...5,0 МПа – твердая ;   | 2,1...3,0 МПа – твердоватая;     |
| 1,0...2,0 МПа – рыхловатая; | < 1,0 МПа – рыхлая.              |

Твердость связана с несущей способностью почвы. Несущая способность почвы определяется удельным давлением на почву, при котором поверхность почвы под движителем уплотняется, но не приводит к образованию колеи. Допустимое удельное давление на почву при оптимальной влажности не должно превышать 150...300 Па, а при избыточном увлажнении — 100...120 Па.

### 1.6.2. Пластичность

*Пластичность* — это способность почвы менять форму без образования трещин под воздействием нагрузки и сохранять ее после снятия нагрузки. Она зависит от механического состава, влажности почвы, содержания в ней органического вещества. Сухие и переувлажненные почвы не обладают пластичностью. По числу пластичности почвы классифицируют на четыре категории: непластичные — песок, слабопластичные — супесь, пластичные — суглинок, высокопластичные — глина.

### 1.6.3. Трение

В процессе работы почвообрабатывающих машин возникают силы сопротивления, вызванные трением. Различают внутреннее трение, или трение почвы о почву, и внешнее трение — трение почвы о поверхности рабочих органов.

Знание величины коэффициентов трения позволяет правильно подойти к выбору рабочих органов почвообрабатывающих машин, которые бы позволили выполнять наиболее качественно технологический процесс при возможно меньшей затрате энергии.

*Коэффициент внутреннего трения* определяют на установке, схема которой представлена на рисунке 2.

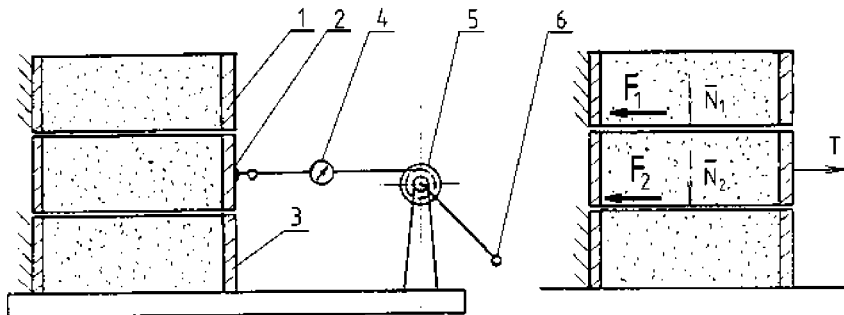


Рисунок 2 — Схема установки для определения коэффициента внутреннего трения почв:

1, 3 — неподвижные обоймы; 2 — подвижная обойма; 4 — динамометр; 5 — лебедка; 6 — рукоятка

Установка состоит из трех обойм, двух неподвижных 1 и 3 и одной подвижной 2, динамометра 4, лебедки 5, рукоятки 6 и набора грузов (10, 20, 30, 40, 50 Н).

Обоймы 1, 2 и 3 заполняют почвой, по возможности сохраняя ее монолитность. Затем, поворачивая рукоятку лебедки 5, перемещают подвижную обойму 2 относительно неподвижных 1 и 3. Динамометр 4 определит усилие  $T$ , необходимое для перемещения обоймы 2.

Сила  $T$  по величине равна и противоположно направлена силе трения  $F$ :

$$T = F = F_1 + F_2, \quad (5)$$

где  $F_1$  – сила трения, возникающая при смещении обоймы 2 относительно обоймы 1;

$F_2$  – сила трения, возникающая при смещении обоймы 2 относительно обоймы 3.

Численные значения  $F_1$  и  $F_2$  равны:

$$F_1 = f_{BH} \cdot N_1, \quad (6)$$

$$F_2 = f_{BH} \cdot (N_1 + N_2), \quad (7)$$

где  $N_1$  – сила тяжести обоймы 1;

$N_2$  – сила тяжести обоймы 2;

$f_{BH}$  – коэффициент внутреннего трения почвы.

Тогда:

$$T = f_{BH} \cdot N_1 + f_{BH} \cdot (N_1 + N_2). \quad (8)$$

Отсюда:

$$f_{BH} = \frac{T}{2N_1 + N_2} = \frac{T}{2m_1 \cdot g + m_2 \cdot g} = \frac{T}{g(2m_1 + m_2)}, \quad (9)$$

где  $m_1, m_2$  – масса обоймы 1 и 2.

*Коэффициент внутреннего трения* изменяется в зависимости от типа почвы и ее влажности.

Например, для чернозема тяжелосуглинистого при изменении влажности от 6 до 30% он уменьшается от 0,9...1,1 до 0,3...0,5.

**Коэффициент трения покоя  $f_n$  и коэффициент трения скольжения  $f_{ск}$**  почвы по поверхности рабочего органа определяют на установке «наклонная плоскость».

Установка состоит из плоскости 1 (рис. 3), на которую крепится один из испытуемых материалов (стальная полоса), тягового реле с упором 2, датчика 3, секундомера 4, включателя с кнопкой 5, транспортера 6 и рамы 7.

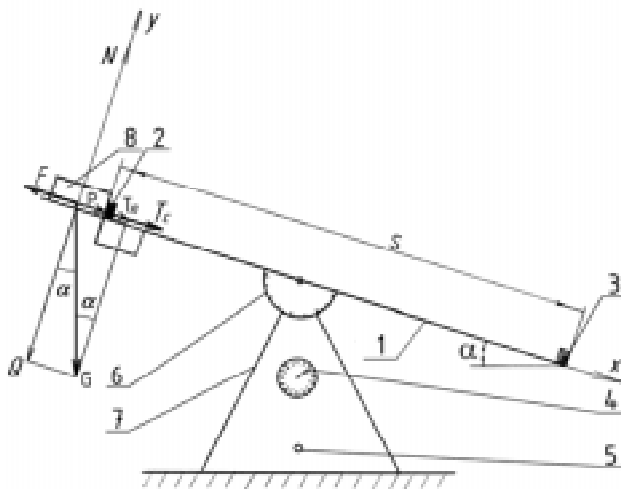


Рисунок 3 – Схема наклонной плоскости для определения коэффициентов трения покоя и трения скольжения:

1 – плоскость; 2 – упор; 3 – датчик; 4 – секундомер; 5 – включатель с кнопкой; 6 – транспортер; 7 – рама; 8 – почвенный образец

**Коэффициент трения покоя (статического трения)** определяют следующим образом (рис. 3): почвенный образец 8 помещают на плоскость 1, установленную горизонтально. Затем плавно наклоняют плоскость до момента начала движения образца. В этот момент с помощью транспортера фиксируется угол  $\alpha$  наклона плоскости.

Обозначим через  $N$  нормальную реакцию плоскости,  $F$  – силу трения и  $G$  – силу тяжести образца почвы.  $G$  имеет две составляющие:  $T_n$  и  $Q$ . Проецируем все силы, действующие на образец почвы, на оси  $X$  и  $Y$ .

При равновесии системы будем иметь:

$$F - T_n = 0; N - Q = 0.$$

$$\text{Из треугольников находим: } T_n = G \cdot \sin \alpha; Q = G \cdot \cos \alpha.$$

$$\text{Тогда } F - G \cdot \sin \alpha = 0; N - G \cdot \cos \alpha = 0.$$

$$\text{Отсюда } F = G \cdot \sin \alpha; N = G \cdot \cos \alpha.$$

Разделим  $F$  на  $N$ :

$$\frac{F}{N} = \frac{G \cdot \sin \alpha}{G \cdot \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (10)$$

Максимальный угол  $\alpha$ , при котором образец еще остается в покое, равен углу трения  $\phi_{mp}$ , т. е.  $\alpha \leq \phi_{mp}$ .

$$\text{Тогда } \operatorname{tg} \alpha \leq \phi_{mp} = f_n.$$

Тангенс максимального угла  $\alpha$  равен коэффициенту трения покоя  $f_n$ . Образец почвы остается в равновесии до тех пор, пока угол наклона плоскости не превысит угла трения.

Из формулы (10):

$$F = N \cdot \operatorname{tg} \alpha = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_{mp} = N \cdot f_n.$$

*Сила трения  $F$  пропорциональна нормальному давлению  $N$ .*

**Коэффициент трения скольжения** при относительном перемещении почвы по поверхности со скоростью, близкой к рабочей, определяется из дифференциального уравнения движения тела по наклонной плоскости:

$$m \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} = mg \cdot \sin \alpha - f_{CK} \cdot mg \cdot \cos \alpha. \quad (11)$$

После интегрирования уравнения получим:

$$f_{CK} = \operatorname{tg} \alpha - \frac{2S}{gt^2 \cos \alpha}, \quad (12)$$

где  $\alpha$  — угол наклона плоскости при движении образца почвы;

$S$  — путь, пройденный почвенным образцом за время опыта, м;

$t$  — время, за которое почвенный образец прошел путь  $S$ , с;

$f_{CK}$  — коэффициент трения скольжения.

Коэффициент трения скольжения почвы по стали для черноземов средне- и тяжелосуглинистых изменяется в пределах от 0,4 до 0,8. При этом зависимость его от влажности имеет параболический характер. Это выпуклая парабола, до влажности 25...30% коэффициент возрастает, а затем начинает уменьшаться. Общее сопротивление скольжению складывается из сопротивления скольжению от трения и сопротивления скольжению от прилипания. Уменьшение коэффициента трения скольжения при влажности более 30% объясняется появлением и утолщением водных пленок между почвой и поверхностью рабочего органа.

#### 1.6.4. Липкость

Прилипание почвы является неотъемлемым явлением в процессе работы почвообрабатывающих рабочих органов.

*Липкость* — это способность почвы прилипнуть к соприкасающимся с ней предметам. Она измеряется усилием, которое необходимо для отрыва от почвы прилипшего к ней предмета:

$$T_{пп} = P \cdot S, \quad (13)$$

где  $T_{\text{пр}}$  — сила прилипания, Н;  
 $P$  — удельная сила прилипания, Н/м<sup>2</sup> (Па);  
 $S$  — площадь контакта, м<sup>2</sup>.

Чрезмерная липкость увеличивает тяговое сопротивление машин, а в отдельных случаях липкость почвы не позволяет осуществлять технологический процесс ее обработки. Прилипание происходит за счет пленок воды и естественных «прилипателей» почвы: гумуса, минеральных коллоидов и т. п. Максимальное усилие прилипания наблюдается при влажности почвы от 25 до 45%. При влажности менее 25 и более 45% липкость существенно уменьшается.

По удельной силе прилипания почвы разделяют на следующие категории:

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

Следует отметить, что законы трения и прилипания различаются, хотя и проявляются одинаково — в виде сопротивления скольжению. *Сила трения  $F$  не зависит от площади контакта и при  $N = 0$  отсутствует. Тогда как сила прилипания  $T_{\text{пр}}$  зависит от площади контакта и проявляется даже при отсутствии нормального давления ( $N = 0$ ).*

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

#### **1.6.5. Абразивность**

Это свойство почвы снимать поверхностный слой материала почвообрабатывающих рабочих органов. Процесс осуществляется движущимися почвенными частицами. Критерием абразивности почвы является содержание в ней физического песка (частиц размером > 0,01 мм) и каменистых включений. С увеличением их количества износ возрастает.

Кроме того, износ зависит от материала рабочего органа, механического состава почвы, ее влажности. С уменьшением влажности абразивность суглинистых и глинистых почв увеличивается, а песчаных — уменьшается. Это объясняется тем, что частицы сухого песка не только скользят и тем самым истирают поверхность рабочего органа, но и перекатываются, не воздействуя на нее. При влажности почвы 14...18% наблюдается наименьший износ на суглинистых и глинистых почвах и наибольший — на супесчаных и песчаных.



Например, износ лемеха плуга при вспашке 1 га составляет, в среднем:

- на глинистых и суглинистых почвах — 16 г;
- на супесчаных и песчаных с небольшим количеством камней — 65 г;
- на песчаных с большим количеством камней — 275 г.

Износ почвообрабатывающих рабочих органов растет с увеличением плотности и ухудшением структуры почвы.

Следует отметить, что при работе на песчаных почвах режущая кромка лезвия остается острой, происходит самозатачивание, тогда как на плотных суглинистых и глинистых почвах и на песчаных с пониженной влажностью она становится овальной, что приводит к увеличению тягового сопротивления и выталкиванию рабочего органа.

## Глава 2. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

### 2.1. Способы воздействия на почву

Помимо механического воздействия, на почву оказываются физическое, химическое, биологическое воздействие (рис. 4).

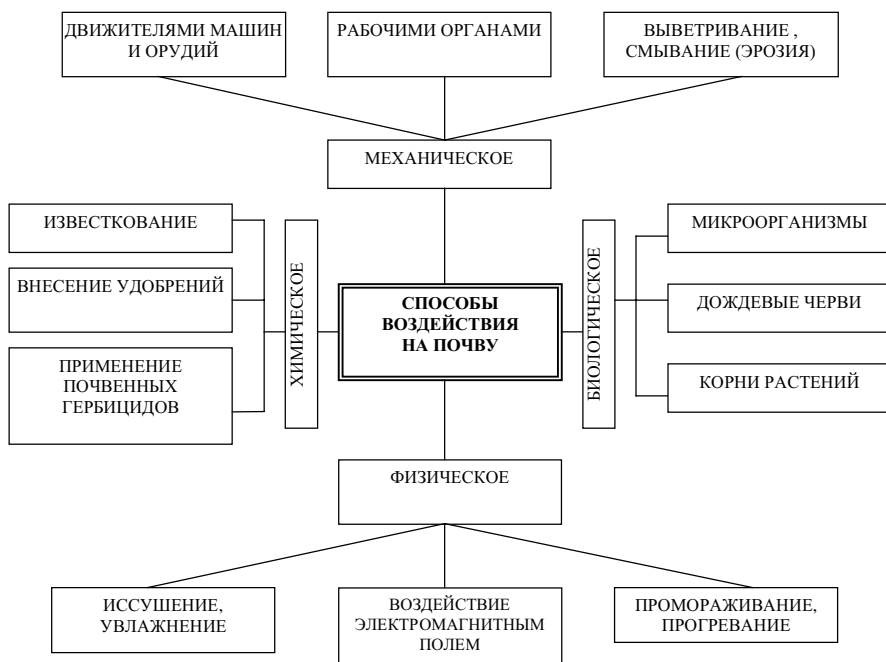


Рисунок 4 – Способы воздействия на почву

При механической обработке почвы выполняются следующие технологические операции: *крошение, оборачивание, рыхление, перемешивание, уплотнение, выравнивание, уничтожение сорняков и вредителей (куколок, личинок), создание гребней, гряд, нарезка борозд, щелей.*

**Цель обработок** — изменение в почве одного или нескольких основных факторов роста и развития растений: *влажности, температуры, освещенности, аэрации, содержания элементов питания*. Обработка почвы активизирует жизнедеятельность полезных микроорганизмов, переводящих питательные вещества в форму, доступную для растений. Каждую технологическую операцию надо оценивать с точки зрения влияния ее на эти факторы.

## 2.2. Механическая обработка почвы

Механическая обработка почвы необходима для оптимизации технологических и физико-механических свойств, влагосбережения, повышения биологической активности, уничтожения сорняков, вредителей и возбудителей болезней возделываемых культур, заделки удобрений и растительных остатков, защиты от ветровой и водной эрозии, повышения плодородия, создания условий для получения высоких и стабильных урожаев при минимальных издержках.

Технологии механической обработки зависят от конкретных почвенно-климатических условий, биологических особенностей возделываемых культур, их размещения в севообороте, влагообеспеченности возделываемых культур, засоренности и эродированности почвы, ее плодородия (рис. 5).

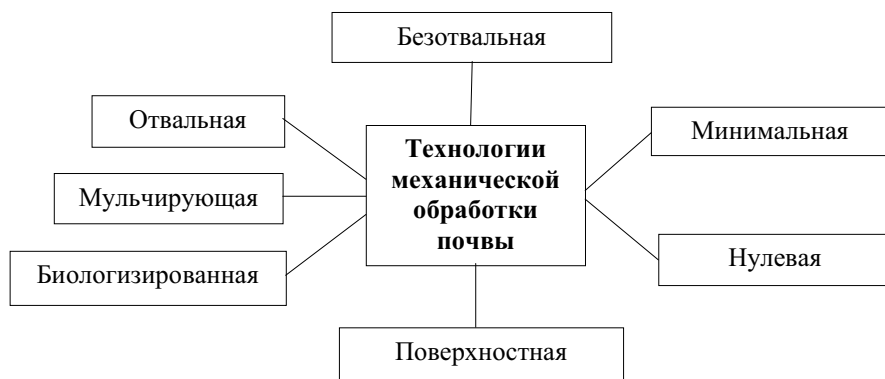


Рисунок 5 — Технологии механической обработки почвы

Технологии обработки почвы весьма разнообразны: отвальная (вспашка), безотвальная, поверхностная, мульчирующая, биологизированная, минимальная, нулевая.

**Нулевая.** Обработка почвы не ведется. Механическому воздействию подвергается до 25% посевной площади сошниками сеялок прямого посева, не считая воздействия движителей тракторов и сельскохозяйственных машин. Экономится до 40...50% горючего и энергозатрат. Однако имеются и недостатки: в два-три раза требуется больше гербицидов; из-за азотной недостаточности в первые годы перехода на нулевую обработку требуется повышенное количество азотных удобрений; необходима специальная посевная техника.

**Мульчирующая.** Это механическая обработка почвы на глубину 120...150 мм с насыщением этого слоя измельченными растительными остатками. Осуществляется путем дискования стерни, разбрасывания измельченной соломы при уборке комбайном или зеленой массы сидеральных культур.

**Минимальная.** При этой технологии существенно уменьшается число и глубина обработок. Часто она осуществляется одним комбинированным почвообрабатывающим агрегатом.

**Биологизированная.** Она предусматривает исключение применения гербицидов и синтетических минеральных удобрений. Рассчитана на производство экологически чистой продукции. Баланс питания веществ поддерживается за счет органических удобрений в виде сидератов, пожнивных остатков, перепревшего и полуперепревшего навоза.

**Поверхностная.** Это обработка почвы различными орудиями на глубину не более 80...100 мм. К поверхностной относятся такие виды обработок, как боронование, дискование, лущение, культивация, прикатывание, выравнивание, профилирование поверхности (рис. 6).

**Безотвальная.** Выполняется с целью сохранения на поверхности поля большей части пожнивных остатков. Видами безотвальной обработки являются плоскорезная и чизельная, а также щелевание. Применяется на почвах, подверженных ветровой и водной эрозии.

**Отвальная (вспашка).** Отвальная обработка, или вспашка, ведется с полным или частичным оборотом ее слоев (пластов).

**Вспашка с полным оборотом пласта** применяется при обработке целинных и залежных земель. Оборачивание пласта до 180° (рис. 7, а) применяют для прекращения жизнедеятельности растительного покрова. Для полного оборота пласта используют рабочие органы с винтовыми поверхностями. При этом должно соблюдаться условие:

толщина пласта  $a$  должна быть меньше половины его ширины  $b$ , т. е.  $a \leq b/2$ .

**Взмет пласта** — вспашка с оборачиванием пласта до  $135^\circ$ . Пласт укладывается под углом, близким к  $45^\circ$  к горизонтальной плоскости ( $b$ ).

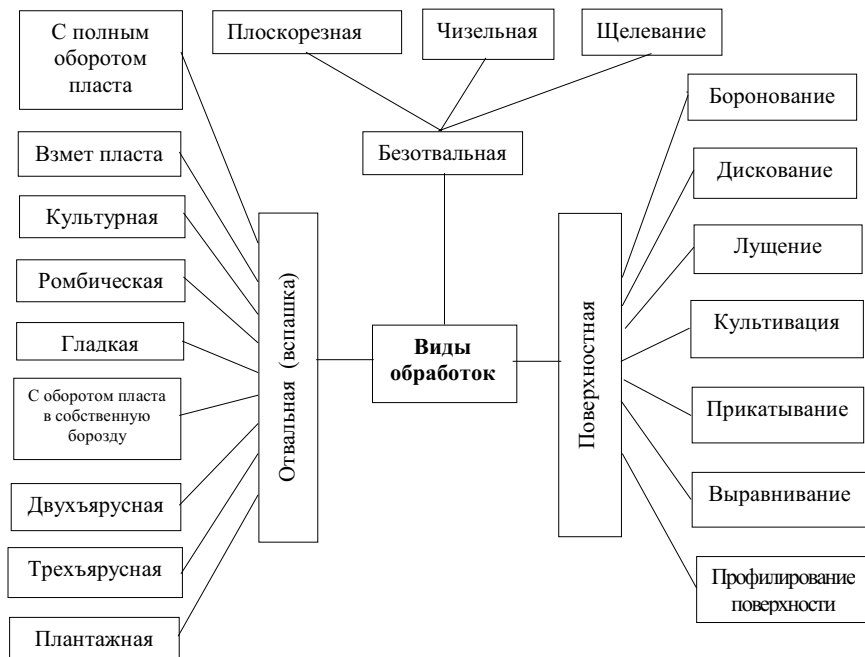


Рисунок 6 — Виды обработок

Это делают с целью ускорения процесса минерализации, так как обеспечивается максимальное воздействие на почву воздуха, тепла и света. Но получаемая наибольшая поверхность способствует испарению почвенной влаги. Пашня получается гребнистой, не полностью заделывается растительный покров.

**Культурная вспашка.** Угловым ( $\theta$ ) или предплужником ( $\varepsilon$ ) отрезают угловую часть почвенного пласта и сбрасывают ее на дно борозды. Основной пласт, освобожденный от дернины, интенсивнее крошится, заполняет пустоты, полнее заделывая растительные остатки. Это затрудняет отрастание ее и прорастание сброшенных с поверхности семян сорняков. Поверхность пашни более выровнена.

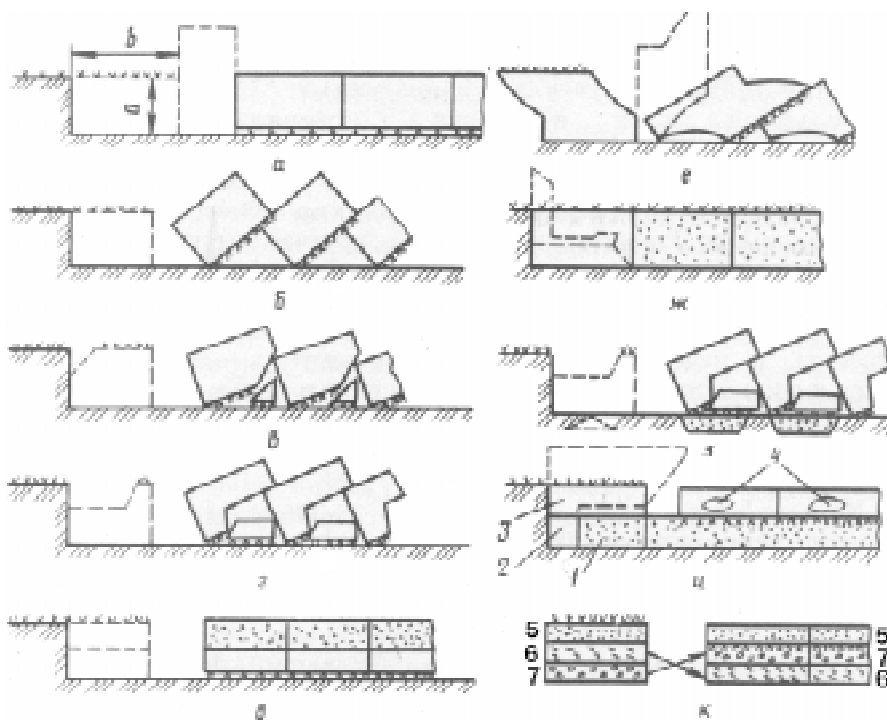


Рисунок 7 – Виды вспашки:

*a* – с полным оборотом пласта; *b* – со взметом пласта; *в* – с помощью углоснима; *з* – культурная; *d* – двухъярусная; *e* – ромбическая; *ж* – безотвальная; *з* – культурная с почвоуглубителем;

*и* – плугом с вырезными корпусами; *к* – трехъярусная;

1 – часть подзолистого слоя; 2 – то же, смешиваемая с окультуренным;

3 – окультуренный слой до вспашки; 4 – включения подзолистого слоя;

5 – верхний окультуренный слой; 6 – средний оподзоленный слой; 7 – нижний иллювиальный слой

**Ромбическая вспашка.** Она получила название благодаря ромбовидному сечению пласта (*e*), который образуется в результате подрезания его двумя лемехами как со стороны дна, так и со стороны стенки борозды. Последний выполнен в виде части сферического диска. Получается широкая открытая борозда, обеспечивающая свободное перекачивание в ней правых колес трактора. Плужные корпуса при этом можно сблизить до 500 мм, вместо 800 мм, уменьшив габариты плуга, что весьма важно для навесных плугов.

**Гладкая вспашка.** Если начинают обработку с краев загона, то получается вспашка *вразвал*, а если с середины загона – *всвал*. И в том, и в другом случае получаются свальные гребни и развальные борозды.

Для уменьшения их числа на поле чередуют вспашки всвал и вразвал и применяют гладкую вспашку.

Гладкая вспашка осуществляется при отвале пласта в одну сторону. Для этого применяют специальные оборотные и поворотные плуги, обеспечивающие движение пахотного агрегата челночным способом. Однако и при этой вспашке гребнистость поверхности сохраняется.

***Двухъярусная, трехъярусная вспашки.*** Это послойная обработка почвы с перемещением слоев в вертикальной плоскости.

Двухъярусная вспашка может выполняться в двух вариантах: оборачивание верхнего слоя с одновременным рыхлением нижнего и взаимное перемещение верхнего и нижнего слоев (*д*). Ее применяют для обработки солонцовых почв и с целью более глубокой обработки под такие культуры, как сахарная свекла, хлопчатник.

В солонцовых и подзолистых почвах нередко выделяются три горизонта, среди которых средний слой солонцовый или оподзоленный. При трехъярусной обработке верхний плодородный слой 5 (*к*) оборачивается и рыхлится, оставаясь на месте, средний 6 бесплодный перемещается вниз, а его место занимает нижний 7 карбонатный или иллювиальный слой.

***Плантажная вспашка*** ведется на глубину до 500...700 мм специальными плугами. Ее применяют при улучшении солонцовых почв, а также под лесопосадки.

***Вспашка с оборотом пласта в собственную борозду.*** У лемешно-отвальных плугов каждый корпус оборачивает и укладывает пласт в борозду, подготовленную впереди расположенным корпусом, то есть не в собственную борозду. Если пласт оборачивать и укладывать в собственную борозду, получается действительно гладкая, выровненная пашня. Для такой вспашки применяют специальные плуги.

## Глава 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

### 3.1. Лемешно-отвальные плуги

#### 3.1.1. Взаимодействие клина с почвой

Действие рабочих органов почвообрабатывающих машин можно представить как действие клиньев.

Простой клин имеет две рабочие грани, расположенные под углом друг к другу. Действие клина основано на том, что боковое давление граней клина значительно больше силы, действующей на клин. В зависимости от расположения и направления движения двухгранный клин может поднимать пласт (рис. 8, *а*), сдвигать его в сторону (*б*) и оборачивать (*в*).

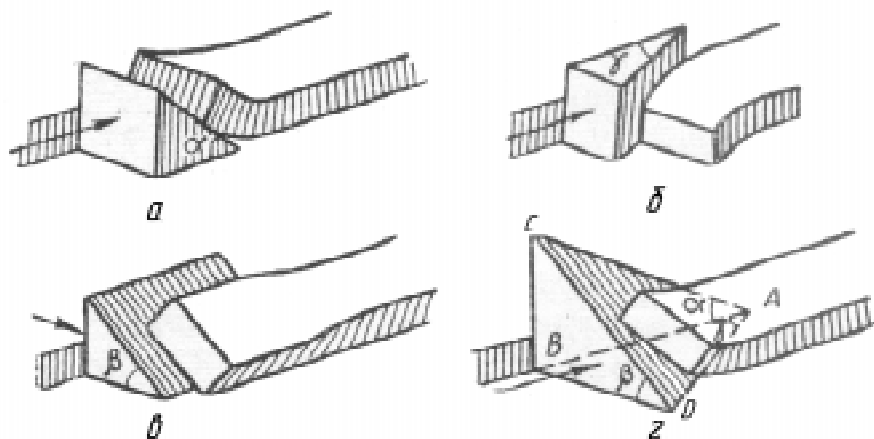


Рисунок 8 – Действие двухгранного и трехгранного клина на почву:  
*а* – с углом крошения  $\alpha$ ; *б* – с углом сдвига  $\gamma$ ; *в* – с углом оборота  $\beta$ ; *г* – трехгранный клин

Чем больше угол  $\alpha$ , тем выше крошащая способность клина, поэтому этот угол, расположенный в продольно-вертикальной плоскости, называется *угол крошения*.



Клин с углом  $\gamma$  сдвигает пласт в сторону, поэтому он получил название *угол сдвига*.

Воздействие двух клиньев с углами  $\alpha$  и  $\gamma$  обеспечивает рыхление пласта в двух разных плоскостях — вертикальной и горизонтальной.

Чем больше угол  $\beta$ , тем сильнее поворот пласта в поперечно-вертикальной плоскости. Угол  $\beta$ , расположенный в поперечно-вертикальной плоскости, характеризует оборачивающую способность клина, поэтому получил название *угол оборота пласта*.

Для полного оборота пласта должен быть набор последовательно расположенных клиньев с постепенно возрастающим углом  $\beta$ .

Клин, который одновременно может выполнять три технологических функции, В.П. Горячкин назвал косым трехгранным клином. Положение в пространстве его рабочей грани  $ACD$  ( $\alpha$ ) характеризуется углами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . Такой клин может одновременно поднимать, крошить, сдвигать и наклонять пласт почвы. При этом  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  взаимосвязаны:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \gamma}. \quad (14)$$

Характер деформации почвы изменяется в зависимости от ее механического состава и состояния (рис. 9).

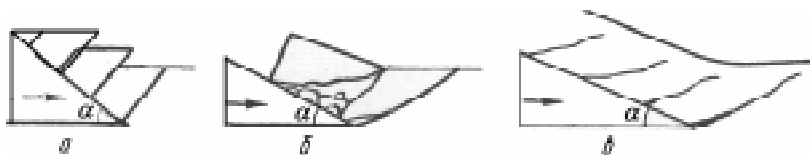


Рисунок 9 — Виды деформации почвы:  
а — легкая пластичная; б — тяжелая сухая; в — влажная

Легкие пластичные почвы сразу же распадаются на элементарные частицы и сруживаются перед клином. Это объясняется тем, что силы трения почвы о поверхность клина больше, чем силы сцепления между частицами почвы.

При воздействии клина на пластичную почву происходит сжатие почвы, а затем скалывание кусков трапецеидальной формы (*а*). Эти куски могут быть связаны друг с другом или отрываться один от другого.

Подрезанный пласт тяжелой сухой почвы раскалывается на глыбы произвольной формы. Дно борозды неровное, с осыпавшимися мелкими кусочками почвы (*б*).

Пласт влажной почвы имеет вид сплошной ленты с трещинами (в). Изгиб пласта происходит без остаточных деформаций, что объясняется свойствами упругости данной почвы.

### 3.1.2. Корпус плуга

#### 3.1.2.1. Состав корпуса

**Лемешно-отвальный корпус** — основной рабочий орган плуга (рис. 10).

Он состоит из рабочих элементов (лемех, отвал); вспомогательных (полевая доска, углосним, перо отвала); несущих (стойка, башмак).

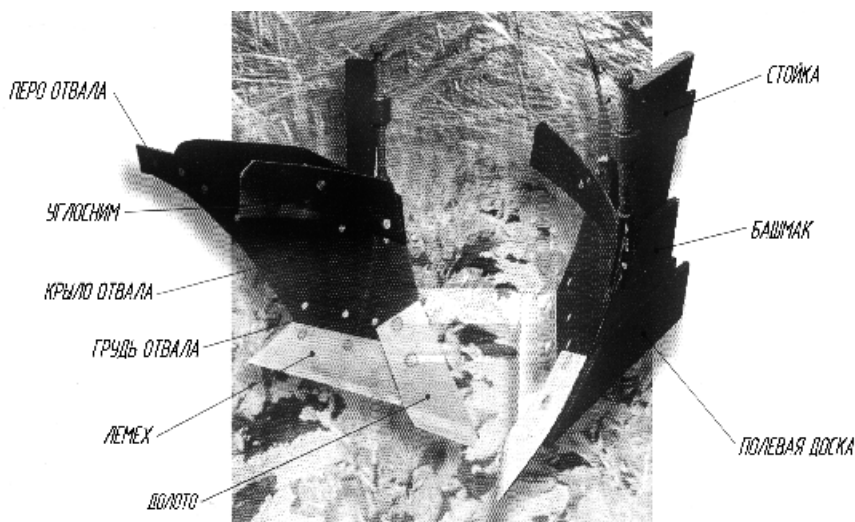


Рисунок 10 — Лемешно-отвальный корпус плуга

**Лемех** подрезает пласт и подает его на отвал. Виды лемехов: трапецидальные (рис. 11, а), долотовидные (б), зубчатые (в) и с выдвижным (г) или сменным долотом.

**Трапецидальный лемех** — прост по конструкции, образует ровное дно, но хуже заглубляется. Имеющийся у него запас металла на тыльной стороне в виде так называемого магазина 4 (а) используется для оттяжки лемеха после изнашивания.

**Долотовидный лемех** — имеет удлиненный носок, который отогнут вниз на 10 мм, что улучшает процесс заглубления. Он также имеет магазин 4 (б). Но чтобы исключить процесс оттяжки долота, его делают выдвижным (г) или съемным (рис. 10). Такие лемеха удобны в применении, позволяют более длительное время эксплуатировать их без замены.

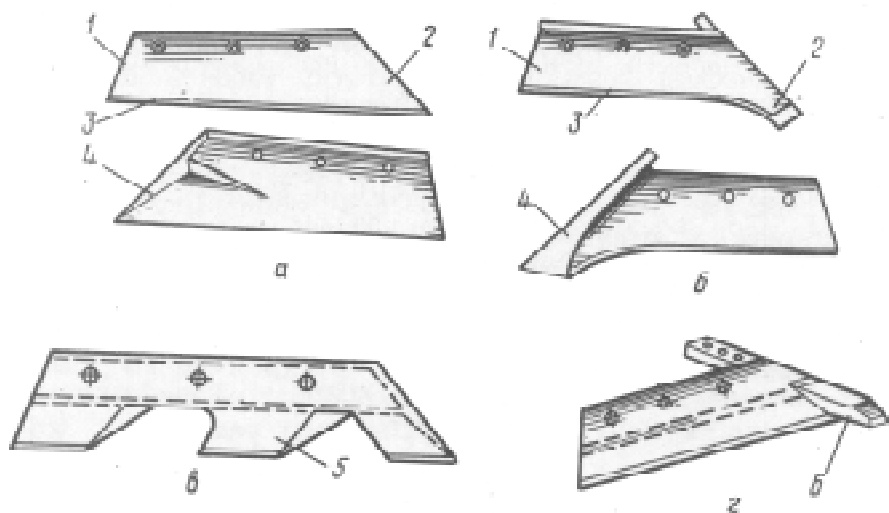


Рисунок 11 — Виды лемехов:

*а* — трапецидальный; *б* — долотовидный; *в* — зубчатый; *г* — с выдвижным долотом;  
1 — пятка; 2 — носок; 3 — лезвие; 4 — магазин; 5 — зуб; 6 — долото

**Зубчатый лемех** — менее энергоемок, так как он осуществляет и подрезание пласта почвы, и отрыв его частей. А известно, что сопротивление почвы растяжению (отрыву) меньше, чем резанию (смятию).

#### **Корпус с тремя лемехами (вырезной).**

Для вспашки подзолистых почв с небольшим пахотным горизонтом используют корпус с тремя лемехами, так называемый вырезной корпус (рис. 12).

Лемеха 1 и 3 разделяют пласт на две части. Нижняя подзолистая часть пласта подрезается лемехом 1 и направляется в щель, которую образует боковой лемех 2. Верхняя окультуренная часть пласта, подрезанная лемехом 3, подается на отвал 4, который ее крошит, оборачивает и укладывает на прошедшую в щель часть пласта.

**Отвал** — это основной рабочий элемент лемешно-отвального корпуса. Отвал осуществляет крошение и оборот пласта. Его изготавливают из марганцовистой стали толщиной до 8 мм, подвергают термообработке, что повышает его износостойкость. Грудь отвала (рис. 10) изнашивается быстрее, чем крыло, поэтому ее делают сменной.

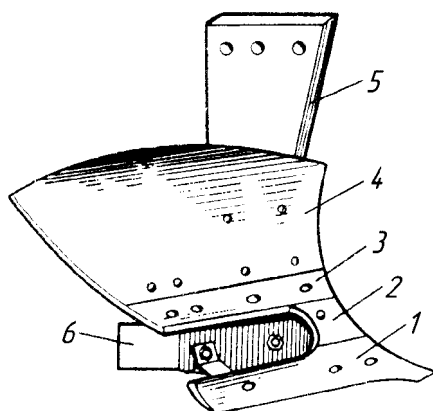


Рисунок 12 – Вид корпуса с тремя лемехами (вырезной):  
1, 2, 3 – нижний, боковой и верхний лемеха; 4 – отвал; 5 – стойка; 6 – полевая доска

**Полевые доски** препятствуют смещению плуга в горизонтальной плоскости. Реакция почвы от стенки борозды уравнивает боковое давление корпуса, вызванное его несимметричностью. Полевую доску крепят под углом  $2...3^\circ$  к дну и стенке борозды. При износе ее оборачивают на  $180^\circ$ .

**Углосьним** – небольшой отвал, прикрепленный к груди отвала в ее верхней части или к стойке. Передняя часть плотно прилегает к груди отвала. Он срезает угол пласта, обеспечивает увеличение угла оборота пласта и улучшение заделки дернины. Применение углосьнимов вместо предплужников позволяет уменьшить расстояние между корпусами, а значит и металлоемкость плуга.

**Перо отвала** улучшает оборот пласта, особенно при работе плуга на повышенных скоростях, повышает устойчивость плуга.

### 3.1.2.2. Форма рабочей поверхности

Корпуса плуга по форме рабочей поверхности подразделяют на цилиндрический (рис. 13, а), культурный (б), полувинтовой (в) и винтовой (г).

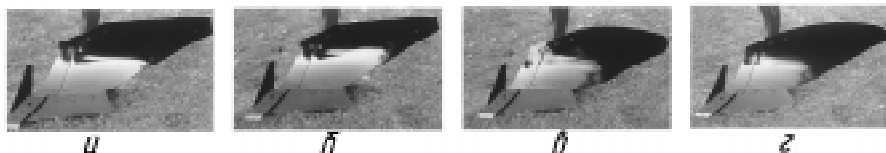


Рисунок 13 – Разновидности корпусов плуга с поверхностью:  
а – цилиндрической; б – культурной; в – полувинтовой; г – винтовой

Цилиндрическую, культурную и полувинтовую поверхности относят к цилиндрическим рабочим поверхностям.

Форма рабочей поверхности отвала определяется степенью изменения углов крошения  $\alpha$ , сдвига  $\gamma$  и оборота пласта  $\beta$ . Отличительной характеристикой рабочей поверхности является диапазон изменения угла  $\gamma$  от начального и до конечного значения ( $\Delta\gamma = \gamma_{\max} - \gamma_0$ ). Для цилиндрической поверхности  $\Delta\gamma = 0$ ; для культурной  $\Delta\gamma = 2...7^\circ$ ; для полувинтовой  $\Delta\gamma = 8...15^\circ$ ; для винтовой  $\Delta\gamma > 15^\circ$ . Для определения  $\Delta\gamma$  можно использовать следующий способ.

Корпус устанавливают на ровную площадку. Мелом отмечают лезвие лемеха. С помощью горизонтальной линейки с двумя отвесами, приложенной к верхнему обрезу отвала, на площадке отмечают две проекции, соединяют их линией. Угол между лезвием лемеха и проекцией верхней образующей отвала представляет собой  $\Delta\gamma$ , по значению которого и определяют вид рабочей поверхности.

Чтобы сдвигать почву в соседнюю борозду со скольжением, должно соблюдаться условие:

$$\gamma < (90^\circ - \varphi), \quad (15)$$

где  $\varphi$  — угол трения почвы по рабочей поверхности отвала.

Исходя из этого,  $\gamma_0 = 30...35^\circ$ , а  $\gamma_{\max} = 45...50^\circ$ .

Начальное значение угла крошения  $\alpha_0$  для обычных (не скоростных) корпусов составляет  $30...32^\circ$ .

**Цилиндрическая поверхность** (рис. 14, а) характеризуется интенсивным ростом угла крошения  $\alpha$ , угол сдвига  $\gamma$  не изменен, а угол оборота пласта  $\beta$  возрастает незначительно и не превышает  $90^\circ$ . Такая поверхность хорошо крошит пласт, но не оборачивает его.

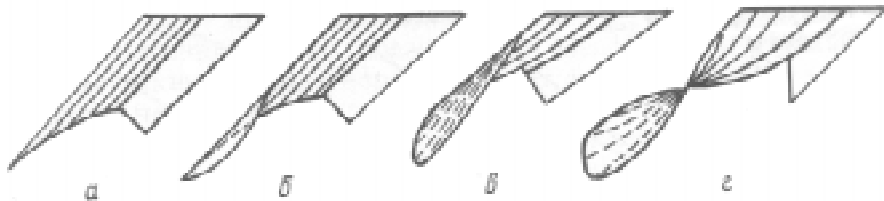


Рисунок 14 — Виды рабочих поверхностей корпусов плуга:  
а — цилиндрическая; б — культурная; в — полувинтовая; г — винтовая

**Культурная поверхность** (б) также отличается ростом угла крошения  $\alpha$ . Изменяется и угол  $\gamma$  с  $\gamma_0 = 42^\circ$  до  $\gamma_{\max} = 44...49^\circ$ , что приводит к образованию загиба верхней части крыла отвала. Угол  $\beta$  достигает

значений, превышающих  $90^\circ$ . Эта поверхность неплохо крошит и обладает оборачивающей способностью. Такие корпуса хорошо работают на старопахотных почвах.

**Полувинтовая поверхность** ( $\psi$ ) отличается интенсивным ростом угла  $\gamma$ , с  $\gamma_0 = 37...40^\circ$  до  $\gamma_{\max} = 45...50^\circ$ . В результате этого загиб крыла отвала возрастает. Угол  $\beta$  увеличивается более интенсивно, а угол  $\alpha$  – незначительно. Поэтому полувинтовая поверхность хуже крошит, но лучше оборачивает пласт почвы.

Полувинтовые корпуса используют на старопахотных почвах с высокой стерней и разбросанными солоmistыми остатками. Ввиду того что они хуже крошат пласт, после вспашки такими корпусами часто требуется дополнительная обработка почвы.

**Винтовая поверхность** ( $\zeta$ ) характеризуется интенсивным ростом угла  $\beta$  и слабым развитием угла  $\alpha$ . Наибольшая величина угла  $\beta$  достигает  $140...150^\circ$ . Это обеспечивает полный оборот пласта без его рыхления. Такие корпуса применяются при вспашке целинных земель и перепашке многолетних трав. Полный оборот пласта создает условия для разложения пожнивных остатков и дернины.

**Особенности рабочих поверхностей для скоростной вспашки.** Известно, что производительность мобильных агрегатов  $W$  зависит от ширины захвата  $B$  и рабочей скорости его движения  $V_p$ :

$$W = 0,36BV_p, \text{ га/ч}, \quad (16)$$

где  $B$  – ширина захвата, м;

$V_p$  – рабочая скорость движения, м/с.

Существующие плужные корпуса эффективно крошат почву и оборачивают пласт при скорости  $1,5...2,0$  м/с. С повышением ее до  $2,5...3,0$  м/с существенно возрастает тяговое сопротивление, наблюдается отбрасывание пласта в сторону и вверх, ухудшается заделка пожнивных остатков.

Уменьшить интенсивное воздействие на пласт при повышении скорости движения возможно путем уменьшения угла крошения  $\alpha$  и угла сдвига  $\gamma$ . При уменьшении угла  $\alpha$  облегчается подъем пласта на рабочую поверхность корпуса, исключается подбрасывание, фонтанирование почвы. Поэтому у скоростных корпусов угол  $\alpha_0$  составляет  $23...25^\circ$ , вместо  $30...32^\circ$ , принятых для обычных корпусов.

При уменьшении угла  $\gamma$  снижается интенсивность отбрасывания пласта в сторону, обеспечивается слитность пашни. Однако уменьшение угла  $\gamma$  приводит к увеличению длины корпуса, что увеличивает общую длину плуга и его массу.

Чтобы снизить увеличение длины корпуса, угол  $\gamma$  существенно уменьшают в нижней части рабочей поверхности:  $\gamma_0 - \gamma_{\min} \approx 7^\circ$ , вместо  $1...3^\circ$ . Затем увеличение его идет как и у обычных корпусов, достигая  $45^\circ$ .

Винтовые рабочие поверхности более приспособлены к повышенным скоростям. С увеличением шага винтовой поверхности растет возможная рабочая скорость, а значит и производительность пахотного агрегата. Недостатком скоростных плужных корпусов является ухудшение качества обработки при переходе на низкие скорости во время разгона и подхода к поворотной полосе. Они не доваливают пласты и плохо заделывают пожнивные остатки.

### 3.1.2.3. Силы, действующие на корпус плуга

Элементарные нормальные и касательные силы, действующие на рабочую поверхность корпуса плуга, представляют собой пространственную систему сил. Их можно представить в виде равнодействующих, действующих в трех плоскостях системы координат  $XYZ$  (рис. 15, *а*): горизонтальной  $XOY$  ( $\delta$ ), продольно-вертикальной  $YOZ$  ( $\epsilon$ ) и поперечно-вертикальной  $XOZ$  ( $z$ ).

В горизонтальной плоскости действует равнодействующая  $-R_{xy}$ , в продольно-вертикальной  $-R_{xz}$ , в поперечно-вертикальной  $-R_{yz}$ .

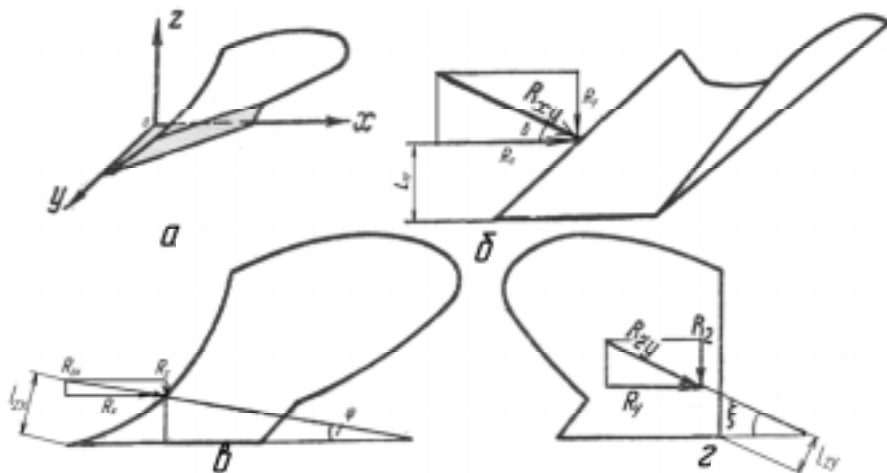


Рисунок 15 – Схема сил, действующих на корпус в плоскостях:

*а* – система координат; *б* – горизонтальная; *в* – продольно-вертикальная;

*г* – поперечно-вертикальная

Направление и расположение линий действия равнодействующих определяются величинами углов  $\psi$ ,  $\delta$  и  $\xi$  и расстоянием  $l_{zx}$ ,  $l_{zy}$  и  $l_{xy}$ .

Экспериментальными исследованиями получены следующие усредненные значения:  $\psi = \pm 12^\circ$ ;  $\delta = 20^\circ$ ;  $\xi = \pm 45^\circ$ ;  $l_{zx} = l_{zy} = 0,5a$ ;  $l_{xy} = 0,4\phi$ , где  $a$  – глубина вспашки, м;

$\phi$  – ширина захвата корпуса, м.

В соответствии со средними значениями углов наклона находим равнодействующие и их составляющие:

$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos \psi} = \frac{R_x}{\cos 12^\circ} = \frac{R_x}{0,978} \approx R_x;$$

$$R_{xv} = \frac{R_x}{\cos \delta} = \frac{R_x}{\cos 20^\circ} = \frac{R_x}{0,93} \approx 1,1R_x;$$

$$R_v = R_x \cdot \operatorname{tg} \delta = R_x \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \approx 0,36R_x;$$

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \psi = R_x \cdot \operatorname{tg} 12^\circ \approx 0,2R_x.$$

Продольную составляющую  $R_x$  находят путем линейного динамометрирования плуга:

$$R_x = \eta \frac{R_{nl}}{n}, \quad (17)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия плуга,  $\eta = 0,6...0,8$ ;

$R_{nl}$  – тяговое сопротивление плуга, кН;

$n$  – число корпусов.

Или расчетным путем:

$$R_x = k \cdot a \cdot \phi, \quad (18)$$

где  $k$  – удельное сопротивление почвы, кПа,  $k = 20...90$  кПа;

$a$  – глубина вспашки (толщина пласта), м;

$\phi$  – ширина захвата корпуса (пласта), м.

#### 3.1.2.4. Нетрадиционные корпуса плуга

Анализ тенденций развития плугов показывает, что расширяется применение корпусов с несплошными отвалами. Одним из недостатков сплошных отвалов является налипание почвы на рабочую поверхность. Это происходит в том случае, если силы сцепления и трения между почвенными частицами движущегося пласта меньше, чем силы трения и прилипания между почвой и рабочей поверхностью. Силы трения пласта по налипшей почве в этом случае оказываются недостаточными, чтобы срывать ее с поверхности, поэтому происходит залипание. Наиболее эффективным является увеличение удельного давления пла-



ста на рабочую поверхность. Одно из возможных решений — установка пластинчатых или прутковых отвалов (рис. 16).

Уменьшение опорной площади  $S$  движущегося пласта приводит к увеличению удельного давления  $q$  на рабочую поверхность при той же силе нормального давления  $N$ :  $q = \frac{N}{S}$ . Увеличение нормального давления приводит к тому, что налипающие частицы почвы срываются и уносятся движущимся пластом, то есть происходит процесс самоочищения.

Ширина щели между пластинами составляет 70...110 мм, что не позволяет проходить между ними крупным комкам.

В процессе перемещения пласта по несплошной рабочей поверхности зоны давлений от элементов отвала чередуются с зонами щелей, где противодействие давлению почвы отсутствует. Возникающие переменные динамические усилия более эффективно разрушают пласт.

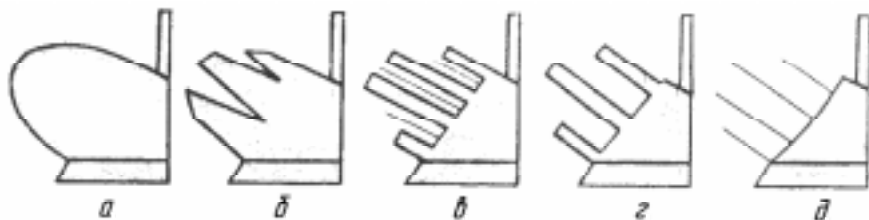


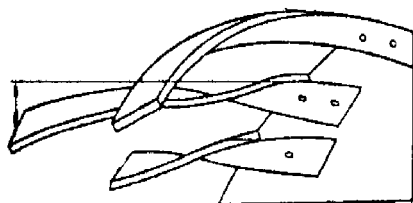
Рисунок 16 — Корпуса с различными рабочими поверхностями:

а — традиционный сплошной; б — щелевой; в — полосовой с прутками;  
г — пластинчатый; д — прутковый

Наличие пластин позволяет делать их изогнутыми (рис. 17) (при этом образуются несколько миниатюрных отвалов).



а



б

Рисунок 17 — Корпуса с пластинчатыми отвалами:

а — общий вид; б — с винтовыми пластинами

Это дает возможность направлять элементы отвала по необходимым траекториям. Наличие разнонаправленных потоков улучшает качество рыхления. Тяговое сопротивление снижается на 15...20%, что объясняется уменьшением сил трения почвы по поверхности отвала. Кроме того, за счет сепарации части почвы в щели уменьшается масса отбрасываемого пласта.

### 3.1.3. Предплужник

Это дополнительный рабочий орган к основному корпусу.

Параметры предплужника выбирают такими, чтобы обеспечить опережение отваливания подрезанного им пласта по сравнению с пластом основного корпуса. Поэтому в зависимости от агрофона разработаны предплужники разной модификации (рис. 18).

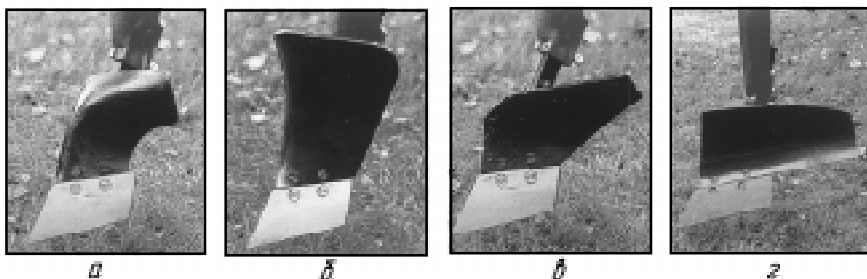


Рисунок 18 – Общий вид предплужника:

*a* – при внесении органических удобрений; *б* – кукурузный; *в* – универсальный; *г* – луговой

Для чего необходим предплужник? В процессе оборота пласта основным корпусом он поворачивается вначале относительно ребра *A* (рис. 19, *a*), а затем относительно ребра *D*, пока грань *CD* не ляжет на ранее отваленный пласт.

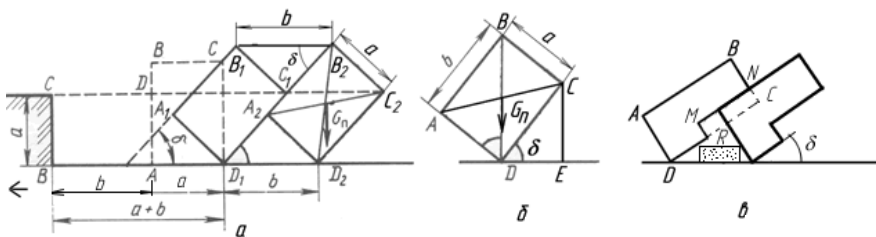


Рисунок 19 – Схема оборота пласта:

*a, б* – без предплужника; *в* – с предплужником

Пласт не должен падать обратно после прохода плуга. Это возможно только в том случае, если линия действия силы тяжести пласта  $G_n$  будет находиться правее ребра  $D$ . Положение пласта неустойчивое, если его диагональ ВД располагается вертикально (б). Это происходит при отношении:

$$K_{II} = \frac{ДС}{СВ} = \frac{b}{a} = 1,27. \quad (19)$$

Угол наклона пласта при этом составляет  $\delta = 52^\circ$ , что соответствует обороту пласта на  $128^\circ$ .

Следовательно, устойчивое положение пласта обеспечивается при  $\frac{b}{a} > 1,27$ . Отсюда максимальная глубина вспашки корпусом с шириной захвата  $b$ :

$$a_{max} = b/1,27 = 0,79b. \quad (20)$$

Ломаная линия  $B_1C_1B_2$  представляет собой контур поверхности поперечного сечения пашни.

Длина ее  $l = a + a \operatorname{ctg} \delta$ . Так как  $a = b \sin \delta$ , получим  $l = b(\sin \delta + \cos \delta)$ .

При  $\delta = 45^\circ$   $l$  достигает максимального значения. Это происходит при  $K_n = \frac{b}{a} = 1,4$ . При этом соотношении ширины захвата корпуса к глубине вспашки площадь поверхности пашни максимальна. А это значит, что под действием тепла и ветра происходит максимальное испарение влаги с поверхности почвы, что отрицательно сказывается на урожайности.

Чтобы уменьшить предельное отношение  $b/a$ , используют предплужники. Предплужник устанавливают перед корпусом. Он срезает верхнюю часть пласта  $MNCK$  (в) толщиной 80...120 мм, шириной, равной  $\frac{2}{3}b$ , и сбрасывает ее на дно борозды. Это приводит при обороте основного пласта к существенному уменьшению угла  $\delta$  (в) и, следовательно, к смещению вправо линии действия силы тяжести  $G_n$ .

При работе с предплужником  $K_n \approx 1,0...1,2$ . Аналогичный результат получают и при использовании углоснима. По качеству оборота пласта полувинтовые корпуса с углоснимами приближаются к культурным с предплужниками.

Сила, действующая на предплужник в горизонтальной плоскости, составляет 20...40% от усилия на основной корпус:

$$R_{xnp} = (0,2...0,4)R_x. \quad (21)$$

### 3.1.4. Размещение рабочих органов и колес на плуге

Лемешно-отвалыные плуги бывают навесные, полунавесные и прицепные. Все они имеют единую схему размещения рабочих органов. Правоотваливающие корпуса устанавливают на раме последовательно один за другим со смещением на ширину захвата  $b$  (рис. 20) с перекрытием  $\Delta b = 30...50$  мм.

Расстояние между корпусами в продольном направлении  $l$  должно обеспечивать установку предплужника, дискового ножа и быть достаточным для прохождения пластов, подрезаемых предплужником и основным корпусом.

Устанавливают  $l = (2,0...2,2)b$ . При  $b = 350$  мм  $l = 800$  мм; при  $b = 400$  мм  $l = 850$  мм. На зарубежных плугах с предплужниками  $l$  достигает 900...1100 мм.

Навесные плуги оборудованы одним полевым колесом, полунавесные — одним или тремя, прицепные — тремя (четырьмя): два колеса бороздные и одно (два) полевое.

Бороздные колеса: переднее перемещается в борозде от предыдущего прохода плуга, заднее — в борозде за последним корпусом.

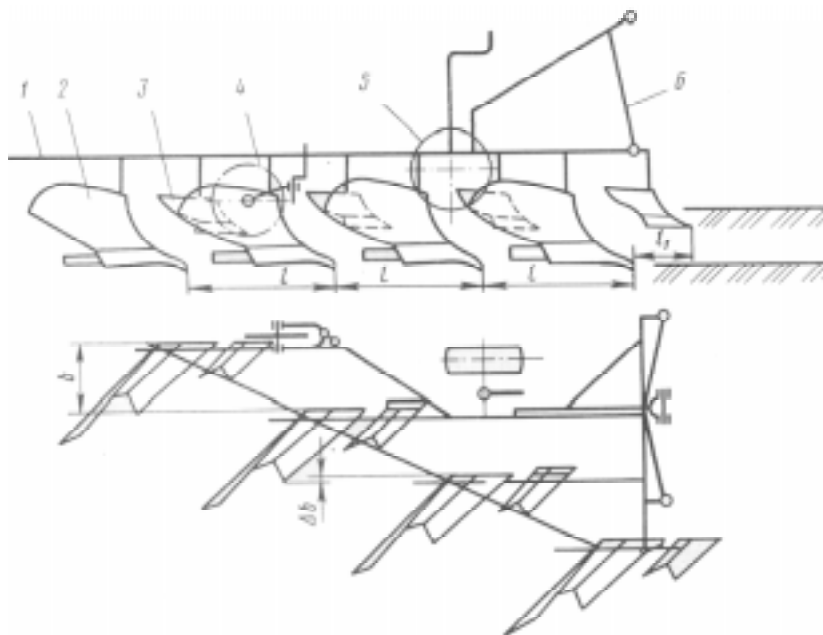


Рисунок 20 — Схема навесного плуга:

1 — рама; 2 — корпус; 3 — предплужник; 4 — дисковый нож; 5 — опорное колесо; 6 — навеска

Заднее колесо устанавливают с наклоном  $70...80^\circ$  к горизонтальной плоскости, чтобы разгрузить полевую доску заднего корпуса и тем самым уменьшить тяговое сопротивление. Переднее бороздное колесо размещают на расстоянии  $20...40$  мм от стенки борозды. На каждое колесо должно приходиться не более  $30...35\%$  массы плуга. Полевыми (опорными) колесами регулируют глубину вспашки.

Плуги с количеством корпусов более 8 изготавливают только полунавесными и прицепными.

Расстояние от носка предплужника до носка корпуса  $l_n = (0,9...1,0)b$ .

Дисковый нож устанавливают перед последним корпусом. Центр диска располагают над носком предплужника так, чтобы нижняя кромка ступицы была выше поверхности поля на  $10...20$  мм. На такое же расстояние диск смещают в сторону поля от полевого обреза предплужника.

Дисковый нож обеспечивает ровную стенку борозды за последним корпусом, исключает осыпание почвы и засыпание борозды, по которой передвигается бороздное колесо.

На почвах, засоренных камнями, вместо дисковых ножей устанавливают черенковые ножи. Их устанавливают под углом  $70...75^\circ$  к дну борозды, располагают параллельно стенке борозды на расстоянии до  $10$  мм от полевого обреза корпуса плуга. Силу сопротивления черенкового ножа определяют по формуле:

$$R_n = k_n \cdot a_n, \text{ Н},$$

где  $k_n$  — удельное сопротивление ножа,  $k_n = 5...9$  Н/мм;  
 $a_n$  — глубина хода ножа, мм.

### **3.1.5. Ширина захвата плуга, число корпусов, материалоемкость**

С появлением более мощных тракторов стало возможным увеличивать ширину захвата плугов, что пропорционально повышало их производительность. Однако увеличение ширины захвата имеет свои пределы, определяемые тяговым усилием трактора и удельной материалоемкостью, которая зависит от длины плуга.

С увеличением числа корпусов длина плуга возрастает интенсивнее, чем ширина захвата. Отношение длины плуга к его ширине захвата составляет  $2,5...3,0$ . Соответственно, интенсивнее растет и масса плуга. Например, плуг ПН-8-35 с шириной захвата  $2,8$  м, длиной  $6,75$  м и массой  $1970$  кг агрегатировался с трактором К-700 (см. приложение). При появлении более мощного трактора К-701 ( $N = 221$  кВт) плуг ПН-8-35 не обеспечивал полную его загрузку. Однако при увеличении числа корпусов навесного плуга нарушалась продольная устойчивость

агрегата. Поэтому был разработан полунавесной плуг ПТК-9-35 с шириной захвата 3,15 м, длиной 10,7 м и массой 2780 кг. Для увеличения ширины захвата на 0,35 м пришлось увеличить длину на 3,95 м, а массу на 810 кг. Кроме того, полунавесной плуг сложнее по конструкции и в изготовлении.

В связи с этим был создан навесной плуг ПНУ-8-40. Ширина захвата корпуса увеличена с 350 до 400 мм, уменьшена длина плуга. Масса снижена на 630 кг и составляет 2150 кг. Но даже при таком решении в транспортном положении задние колеса трактора К-701 перегружены на 13%. Следовательно, ширина захвата 2,8 м для навесного плуга близка к предельной.

С ростом числа корпусов  $n$  растет и удельная материалоемкость (рис. 21, а).

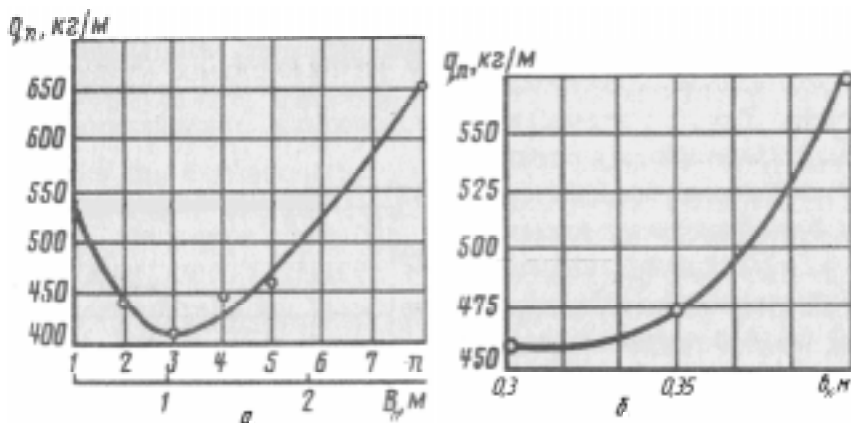


Рисунок 21 — Зависимость удельной материалоемкости навесных плугов:  
а — от числа корпусов (350 мм); б — от ширины захвата корпуса

Наименьшую материалоемкость имеет трехкорпусный плуг. Если для плуга ПЛН-3-35 удельная материалоемкость равна 420 кг/м, то для ПН-8-35 — свыше 660 кг/м.

Уменьшение длины плуга за счет увеличения ширины захвата корпуса также ведет к росту удельной материалоемкости.

Увеличение ширины захвата корпуса с 0,3 до 0,4 м приводит к увеличению материалоемкости более чем на 20% (б).

При большой длине плуга снижается качество вспашки, так как он хуже приспособляется к рельефу поля, что ведет к неравномерной

глубине обработки. Ухудшается маневренность агрегата. Повышенная масса агрегата приводит к переуплотнению почвы.

Часто возникает задача: с каким трактором агрегатировать плуг.

Например: *необходимо определить, какому тяговому классу трактора соответствует плуг ПЛН-4-35 шириной захвата 1,4 м при работе на почвах с  $k = 60$  кПа и максимальной глубиной вспашки 0,3 м.*

*Для этого используют формулу:*

$$B_n \leq \frac{\lambda R}{k \cdot a_{\max}}, \quad (22)$$

где  $B_n$  — ширина захвата плуга, м;

$R$  — номинальное тяговое усилие трактора, кН;

$\lambda$  — коэффициент использования тягового усилия,  $\lambda = 0,80 \dots 0,85$ ;

$k$  — удельное сопротивление почвы, кПа;

$a_{\max}$  — максимальная глубина вспашки.

Тогда:

$$R = \frac{B_n \cdot k \cdot a_{\max}}{\lambda} = \frac{1,4 \cdot 60 \cdot 0,3}{0,85} \approx 30 \text{ кН}. \quad (23)$$

Следовательно, в данных условиях плуг ПЛН-4-35 может агрегатироваться с трактором ДТ-75М, класса тяги 30 кН.

Для обеспечения оптимальной загрузки трактора в зависимости от типа и состояния почвы, глубины вспашки выпускаются плуги с регулируемой шириной захвата корпуса от 0,35 до 0,45 м. Это делается с помощью регулировочной стяжки, обеспечивающей поворот корпусов и изменение их ширины захвата.

Для интенсивного увеличения ширины используют полунавесные плуги вагонного типа. Это название плуги получили потому, что у них несущая часть состоит из двух последовательно соединенных рам. В месте сочленения рам размещается опорное шасси, а на последнем корпусе — опорное колесо. Ширина захвата таких плугов достигает 5,5 м. Ширина захвата каждого корпуса регулируется в бесступенчатом режиме от 0,3 до 0,55 м.

Увеличение ширины захвата плуга требует увеличения мощности трактора. Рассмотрим, как растет производительность пахотного агрегата в зависимости от увеличения мощности трактора.

На участке I (рис. 22) с увеличением мощности трактора с 55 кВт (МТЗ-80) до 121 кВт (Т-150К) производительность растет с 0,5 до 1,3 га/ч.

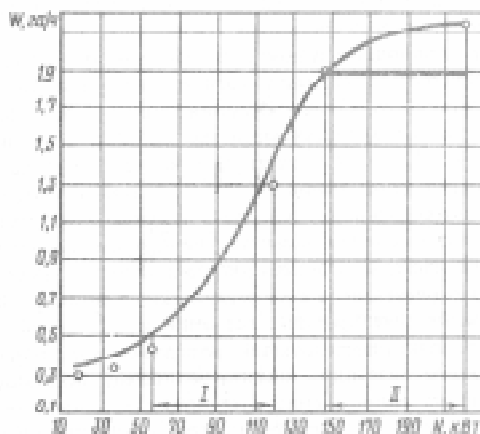


Рисунок 22 – Зависимость производительности пахотного агрегата от мощности двигателя трактора

Прирост мощности  $\Delta N_1 = 121 - 55 = 66$  кВт обеспечивает прирост производительности  $\Delta W_1 = 1,30 - 0,50 = 0,80$  га/ч. Средняя интенсивность роста производительности  $i = \frac{\Delta W_1}{\Delta N_1} = \frac{0,8}{66,0} = 0,012 \frac{\text{га}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ .

На участке II с повышением мощности трактора со 147 кВт (К-700) до 221 кВт (К-701) производительность увеличилась с 1,90 до 2,14 га/ч. Прирост мощности  $\Delta N_2 = 221 - 147 = 74$  кВт обеспечил прирост производительности  $\Delta W_2 = 2,14 - 1,90 = 0,24$  га/ч. Средняя интенсивность роста производительности  $i = \frac{\Delta W_2}{\Delta N_2} = \frac{0,24}{74} = 0,0032 \frac{\text{га}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ . Как видно, средняя интенсивность роста производительности на участке I в  $\frac{i_1}{i_2} = \frac{0,012}{0,0032} \approx 3,7$  раза выше, чем на участке II.

Следовательно, развитие пахотных агрегатов на традиционных технологических принципах приближается к пределу.

### 3.1.6. Расположение плуга относительно трактора.

#### Устойчивость хода

Для того чтобы соблюдать устойчивость хода пахотного агрегата, необходимо выдерживать следующее соотношение:

$$B_{\Pi} = B_T + 2C + b_z - b_{\kappa}, \quad (24)$$



где  $B_{\Pi}$  – ширина захвата плуга, м;  
 $B_T$  – ширина колеи трактора, м;  
 $C$  – расстояние от стенки борозды до наружного края движителя трактора (колеса, гусеницы), м;  
 $b_z$  – ширина движителя (колеса, гусеницы), м;  
 $b_{\kappa}$  – ширина захвата корпуса плуга, м.  
 Отсюда:

$$C = \frac{B_{\Pi} - B_T - b_z + b_{\kappa}}{2}. \quad (25)$$

Например: при работе трактора ДТ-75М, имеющего  $B_T = 1,33$  м,  $b_z = 0,39$  м, с плугом ПЛН-5-35:

$$C = \frac{B_{\Pi} - B_T - b_z + b_{\kappa}}{2} = \frac{1,75 - 1,33 - 0,39 + 0,35}{2} = 0,19 \text{ м.}$$

У колесных тракторов класса тяги 9 и 14 кН из-за недостаточной мощности ширина захвата плуга меньше, чем ширина колеи трактора. Поэтому правые колеса в процессе работы передвигаются по открытой борозде от предыдущего прохода. Ввиду асимметрии нагрузки на трактор, для равномерного распределения ее на колеса, их устанавливают несимметрично. При работе, например, с трехкорпусным плугом колесо делают шириной 1500 мм, при этом правые колеса смещают от оси на 800 мм, левые – на 700 мм.

У колесных тракторов класса выше 20 кН все колеса перемещаются по непаханному полю, а величину  $C$  определяют по формуле (25).

Например: при работе трактора К-701М, имеющего  $B_T = 2,1$  м,  $b_z = 0,72$  м, с плугом ПН-8-40 расстояние от правых колес до стенки борозды:

$$C = \frac{B_{\Pi} - B_T - b_z + b_{\kappa}}{2} = \frac{3,2 - 2,1 - 0,72 + 0,4}{2} = 0,39 \text{ м.}$$

Желательно, чтобы соблюдалось условие  $C \geq a$  ( $a$  – глубина вспашки). Это исключает обрушение стенки и засыпание открытой борозды.

Для сохранения постоянного расстояния от стенки борозды до гусениц (колес) трактора на раме современных плугов устанавливают регулировочные растяжки, при помощи которых изменяется в горизонтальной плоскости положение продольной балки плуга, соединенной с подвеской трактора.

Для устойчивого хода пахотного агрегата необходимо, чтобы линия действия силы тяги  $O_1 O_2$  (рис. 25) пересекала шарнир III крепления нижних продольных тяг к трактору и доходила до центра тяжести плуга  $O_2$ .

Центр тяжести плуга находится посередине прямой линии, соединяющей носки первого и последнего корпусов.

Как видно из рисунка 23, в зависимости от числа корпусов изменяется положение центра тяжести плуга: для четырехкорпусного –  $O_2$ , для пятикорпусного –  $O_3$ , для шестикорпусного –  $O_4$ . Следовательно, изменяется величина смещения  $A$  механизма навески трактора вправо от его середины:  $\text{Ш}_2$ ,  $\text{Ш}_3$ ,  $\text{Ш}_4$ . Она может равняться 0 ( $\text{Ш}_4$ ), 60 ( $\text{Ш}_3$ ) и 120 ( $\text{Ш}_2$ ) мм. Чем больше число корпусов, тем меньше величина смещения  $A$ .

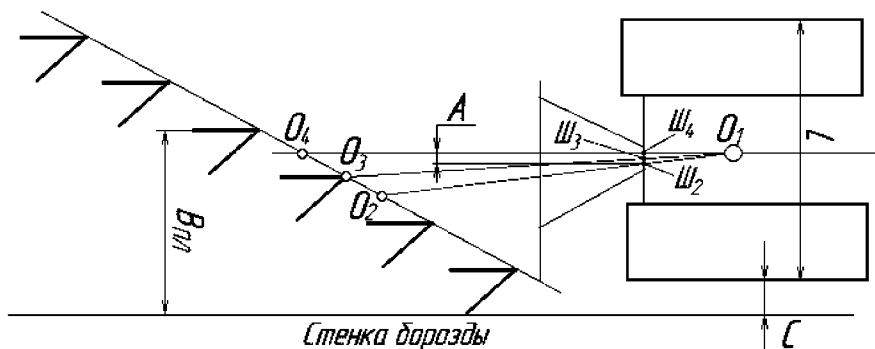


Рисунок 23 – Схема присоединения плуга к трактору

Например, для трактора ДТ-75М при работе с плугом ПЛН-5-35 величина  $A = 60$  мм, а с плугом ПЛН-4-35 –  $A = 120$  мм.

### 3.1.7. Тяговое сопротивление плуга. КПД плуга

В соответствии с рациональной формулой В.П. Горячкина тяговое сопротивление плуга при вспашке можно представить как сумму трех слагаемых:

$$P = P_1 + P_2 + P_3.$$

$P_1$  – сопротивление, связанное с преодолением сил трения почвы по поверхности корпусов, и сопротивление перекачиванию колес. Это вредное сопротивление.

$$P_1 = fG = fmg,$$

где  $f$  – коэффициент пропорциональности (сопротивление протаскиванию плуга в борозде), аналогичен коэффициенту трения;

$G$  – вес плуга,  $H$ ;

$m$  – масса плуга, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$P_2$  – сопротивление, связанное с деформацией и крошением пласта почвы.

$$P_2 = k \cdot a \cdot b \cdot n,$$

где  $k$  – удельное сопротивление почвы, кПа;

$a, b$  – глубина вспашки и ширина пласта (ширина захвата корпуса), м;

$n$  – число корпусов в плуге (число одновременно обрабатываемых пластов).

$P_3$  – сопротивление связанное с отбрасыванием пласта в соседнюю борозду, сообщением ему кинетической энергии. Поэтому это сопротивление зависит от скорости движения агрегата.

$$P_3 = \xi \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2,$$

где  $\xi$  – коэффициент скоростного сопротивления,  $\text{кПа} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ ;

$V$  – рабочая скорость движения плуга, м/с.

Тогда полное тяговое сопротивление:

$$P = fmg + k \cdot a \cdot b \cdot n + \xi \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2. \quad (26)$$

По экспериментальным данным:

$$f = 0,5 \dots 0,9.$$

$f$  зависит от технологических свойств почвы, состояния рабочих поверхностей плуга.

$$k = 20 \dots 90 \text{ кПа}.$$

$k$  зависит от типа почвы: для легких почв он меньше, для тяжелых – больше.

$$\xi = 1,5 \dots 9,0 \frac{\text{кПа} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}.$$

$\xi$  зависит от геометрической формы рабочих поверхностей и состояния почвы.

Коэффициент полезного действия плуга представляет собой отношение сопротивлений, связанных непосредственно с выполнением тех-

нологических операций, а именно, с деформацией и крошением пласта, к полному тяговому сопротивлению:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{kabn}{fmg + kabn + \xi abnV^2} \cdot \quad (27)$$

Как видно из этой формулы, коэффициент полезного действия снижается при увеличении массы плуга ( $m$ ), рабочей скорости пахотного агрегата ( $V$ ), сил трения и изменении состояния рабочих поверхностей (острота лезвий лемеха и т. д.).

Для навесных плугов  $\eta = 0,6...0,8$ , прицепных (из-за большей их массы) —  $\eta = 0,55...0,75$ . Для расчетов принимают  $\eta = 0,7$ .

*Для уменьшения сил трения:*

- *рабочие поверхности покрывают антифрикционными (антиадгезионными) материалами: фторопластом, капроном, полиэтиленом;*
- *применяют гидросмазку, подавая на рабочую поверхность воду;*
- *создают воздушную подушку или газовую смазку;*
- *используют вибрацию рабочих органов;*
- *заменяют трение скольжения трением качения, вместо плоского отвала ставят роликовый.*

### **3.1.8. Эффективные технологии вспашки.**

#### **Перспективные плуги**

Плугами общего назначения ведут вспашку с отвалом пласта в одну сторону — вправо, в результате чего на поле образуются свальные гребни и развальные борозды. Пахотный агрегат начинает работу с середины (всвал) или от краев (вразвал) загонки. Борозды и гребни занимают до 15% площади пашни, что требует дополнительной обработки почвы.

Для вспашки без образования свальных гребней и развальных борозд, или так называемой гладкой вспашки, используют *оборотные и поворотные плуги*. Они проводят вспашку челночным способом. Плуги для гладкой вспашки укомплектованы одновременно право- и левооборачивающими корпусами, которые включают в работу попеременно. Это делают, поворачивая раму на  $180^\circ$  (рис. 24) или разворачивая ее в горизонтальной плоскости, если она выполнена в виде параллелограмма. Для этого применяют также клавишные и балансирующие плуги.



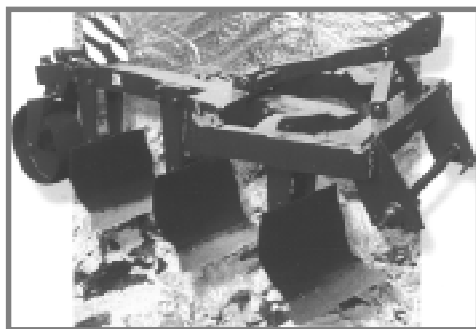
*Рисунок 24* – Общий вид оборотного плуга

Основным недостатком всех этих плугов является их повышенная материалоемкость, усложненность конструкции, наличие дополнительных механизмов для поворота рамы.

Для гладкой пахоты применяют и поворотные плуги, оснащенные симметричными корпусами, что позволяет поворачивать их, делая попеременно право- и левооборачивающими (рис. 25).

Они менее материалоемки, но также отличаются сложностью конструкции, наличием дополнительных механизмов.

Как оборотные, так и поворотные плуги перемещают подрезанные каждым корпусом пласты в соседние борозды. Традиционная технология вспашки улучшает процесс, но существенного изменения его не обеспечивает. Гребнистость поля сохраняется, поэтому такую вспашку назвать «гладкой» можно только условно.



*Рисунок 25* – Общий вид поворотного плуга

При вспашке возможны два способа оборота пласта:

- *пласт смещают в сторону* путем перекапывания с одного ребра на другое и укладывают в соседнюю борозду, образованную впереди идущим корпусом (традиционный способ) (рис. 26, а);
- *пласт оборачивают и укладывают в собственную борозду* (б).

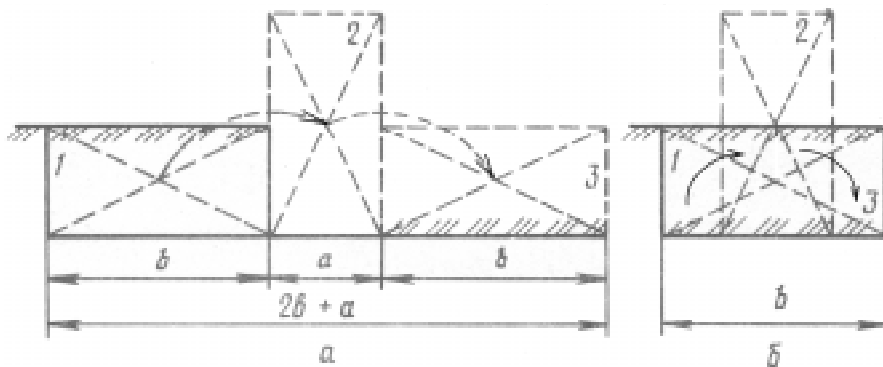


Рисунок 26 – Схемы оборота и укладки пласта:

$a$  – в соседнюю борозду (традиционная вспашка);  $b$  – в собственную борозду;  
1, 2, 3 – начальное, промежуточное и конечное положения пласта

При традиционной технологии для поворота и укладки пласта требуется открытая борозда шириной  $III = a + b$ , а ширина всего открытого канала  $III = b + a + b$ .

Например:  $a = 0,8b$ . Тогда  $III = 2,8b$ .

При втором способе, когда оборот пласта происходит в пределах собственной борозды,  $III = b$ .

При перемещении пласта в сторону образуются свальные гребни и развалы борозды. Отсюда гребнистость и глыбистость поверхности пашни, наличие пустот, необходимость разбивки полей на загоны. Такая технология весьма энергоемка.

При вращении пласта относительно ребер, как это делается при традиционной технологии вспашки, момент инерции:

$$J_x = \frac{m_n}{3}(a^2 + b^2), \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (28)$$

где  $m_n$  – масса пласта, кг.

При вращении вокруг оси, проходящей через центр тяжести поперечного сечения пласта, момент инерции относительно нее:

$$J_0 = \frac{m_n}{12} (a^2 + b^2), \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (29)$$

Так как кинетическая энергия:

$$T = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2, \text{ Дж},$$

где  $\omega$  — угловая скорость вращения пласта,  $\text{с}^{-1}$ ,

получим:

$$\frac{T_x}{T_o} = \frac{\frac{m_n}{6} (a^2 + b^2) \cdot \omega^2}{\frac{m_n}{24} (a^2 + b^2) \cdot \omega^2} = 4. \quad (30)$$

Следовательно, затраты энергии на оборот пласта при традиционном способе вспашки в 4 раза выше, чем при вспашке с укладкой пласта в собственную борозду. Помимо оборота пласта, происходит и смещение его в сторону, что также увеличивает энергоёмкость традиционного способа вспашки от 5 до 25 МДж/га.

Смещение пласта в соседнюю борозду обуславливает ступенчатое расположение рабочих органов в традиционных плугах.

Для вспашки с оборотом пласта в собственную борозду применяют линейные и фронтальные плуги.

*Линейный плуг* состоит из опорных колес 5 (рис. 27), дисковых ножей 4, односторонних корпусов 3, заплужников 1, стабилизатора (полевой доски) 2. Все рабочие органы размещены в один ряд, в одну линию, перпендикулярную к направлению движения. Отсюда и название — линейный плуг.

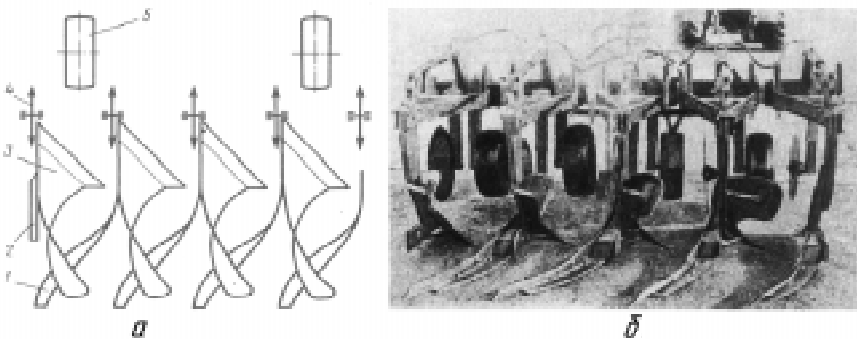


Рисунок 27 — Линейный плуг:

*a* — схема; *б* — общий вид;

1 — заплужник; 2 — стабилизатор; 3 — правооборачивающий корпус; 4 — дисковый нож;

5 — опорные колеса

В процессе работы дисковые ножи 4 отрезают равные по ширине пласты почвы. Корпуса подрезают пласты в горизонтальной плоскости, а заплужник подрезает внутренние нижние ребра, отделяя их от дна борозды. Действуя совместно на противоположные грани пластов, рабочие поверхности основных корпусов и заплужников, поворачивают их на  $155...160^\circ$ , после чего оборот продолжается под действием силы тяжести.

Фронтальный плуг устроен по модульному принципу. Основные рабочие органы являются зеркальным отражением друг друга (рис. 28).

Фронтальный плуг может включать один или несколько модулей. Крайние ножи 6 и 9 модуля отделяют полосу, а центральный нож 5 разрезает ее на две равные части. Корпуса 3 и 4 подрезают выделенные части и поворачивают их на  $90^\circ$ , после чего на них начинают действовать рабочие органы заплужников 2 и 10. Происходит полный оборот пластов А и Б (б) и укладка их в собственные борозды дерниной вниз. Благодаря попарно симметричному расположению рабочих органов боковые реакции почвы на них уравниваются, что исключает полевые доски и связанные с ними затраты энергии на преодоление сил трения.

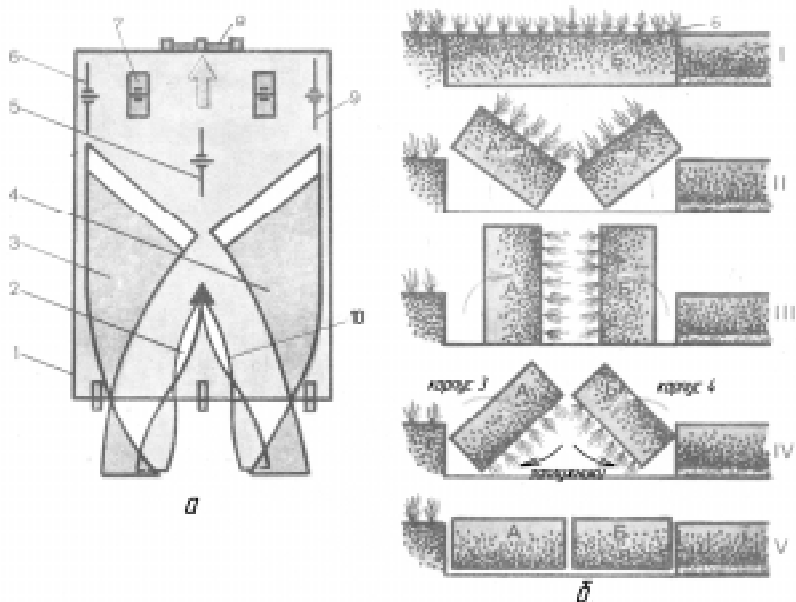


Рисунок 28 — Схема фронтального плуга и его рабочего процесса:

а — схема модуля плуга; б — схема рабочего процесса;

1 — рама; 2, 10 — заплужники; 3, 4 — право- и левооборачивающие корпуса;

5, 6, 9 — дисковые ножи; 7 — колесо; 8 — навеска; А и Б — пласты



Так как рабочие органы размещаются линейно (фронтально), длина таких плугов существенно меньше, чем традиционных, опрокидывающий момент на трактор снижается в 4...5 раз.

Например, если у шестикорпусного традиционного плуга ширины захвата 2,4 м длина равна 6,1 м, то у фронтального такой же ширины захвата она составляет 2,5 м. Удельная материалоемкость снижается в 2,5...3 раза, а удельные затраты энергии на вспашку — на 21...38%. Вспашка ведется челночным способом, снижается длина холостых переездов.

*Существенно улучшается качество вспашки:*

- *образуется гладкая, выровненная поверхность пашни;*
- *отсутствуют свальные гребни и развальные борозды;*
- *создается однородный, без пустот, пахотный слой;*
- *полностью заделываются растительные остатки и удобрения;*
- *снижается засоренность полей;*
- *улучшается копирование рельефа (так как снижается длина) и повышается стабильность глубины обработки.*

Ведутся исследования по созданию *электроплуга*. Суть его заключается в следующем. В почве перемещаются лапы, внутри которых вмонтированы электроды. От генератора, находящегося на тракторе, через высоковольтный трансформатор и конденсатор по изолированным проводам сквозь полые стойки к лапам подводится потенциал: к одним положительный, к другим отрицательный. При работе импульсы высокого напряжения в виде электрических разрядов, длящихся микросекунды, пронизывают почву и взрыхляют ее на весь обрабатываемый слой. Расход энергии сокращается на 30...40%, а производительность труда возрастает на 20...25% по сравнению с традиционной вспашкой. Сложнее решается проблема создания экономичной конструкции электроплуга.

### **3.1.9. Настройка плуга.**

#### **Возможные нарушения технологического процесса**

У тракторов класса тяги 14 и 20 кН механизм навески настраивают по трехточечной схеме, а 30, 40 и 50 кН — по двухточечной.

Двухточечная схема позволяет навешивать плуг центрально и со смещением в сторону. Трактор может поворачиваться на угол до 20° относительно плуга в вертикальной плоскости. Трехточечная схема жестко соединяет навешенное орудие с трактором, обеспечивая более устойчивое движение плуга. Давление в шинах колес при вспашке устанавливают в следующих пределах: для тракторов К-701 — 0,11...0,14 МПа;

Т-150К — 0,08...0,10 МПа; МТЗ-80 — передние 0,14...0,16, задние 0,10...0,12 МПа.

Навесной системой трактора устанавливают раму плуга в горизонтальное положение. Изменением длины регулируемого правого раскоса выравнивают плуг в поперечно-вертикальной плоскости, а изменением длины центральной тяги — в продольно-вертикальной плоскости. Длину ограничительных цепей регулируют при поднятом в транспортное положение плуге. Раскачивание навесных плугов в транспортном положении должно быть не более  $\pm 20$  мм.

Проверяют техническое состояние и взаимное расположение рабочих органов плуга. Носки лемехов всех корпусов должны находиться на одной прямой линии. Проверку проводят шнуром, натянутым от носка переднего корпуса до носка заднего корпуса. Допускается отклонение не более 5 мм. Корпус плуга должен касаться горизонтальной площадки в трех точках: носком и пяткой трапецеидального лемеха и концом полевой доски. При долотовидном лемехе пятка должна располагаться выше площадки на 10...15 мм.

При настройке навесного плуга на требуемую глубину пахоты под все колеса (гусеницы) трактора и плуга, которые движутся при вспашке по поверхности непашанного поля, устанавливают подкладки толщиной:

$$П = h_z - h_k, \quad (31)$$

где  $П$  — толщина подкладки, мм;

$h_z$  — требуемая глубина обработки, мм;

$h_k$  — глубина погружения колес в почву (глубина колеи), мм.

В зависимости от типа и состояния почвы  $h_k = 20...30$  мм.

В начале работы плуга рычаг распределения гидросистемы трактора устанавливают в положение «плавающее». Плуг включают в работу, когда предплужник первого корпуса подойдет к контрольной борозде, и выключают при проходе последнего корпуса контрольной линии. Поворот осуществляют после выглубления плуга из почвы. Степень загрузки двигателя трактора должна быть не ниже 0,75...0,80. Контролируют ее по тахометру. Если частота вращения двигателя не достигает номинального значения, двигатель работает с перегрузкой и надо переходить на более низкую передачу. Если же частота вращения излишне высока, то рабочую скорость агрегата повышают.

Во время работы пахотного агрегата возникают нарушения технологического процесса. Находят причины и устраняют их.

### ***Недостаточная степень крошения почвы:***

- не проведено предпахотное лущение стерни или оно проведено, но на недостаточную глубину;
- небольшая рабочая скорость пахотного агрегата, необходимо ее увеличить;
- неправильно настроено приспособление к плугу для дополнительной обработки почвы. Например, у зубовых борон БЗТС-1,0 неправильно расположены скосы зубьев — в сторону движения, перецепляют борону.

### ***Глубина вспашки меньше заданной:***

- неправильно установлены опорные колеса;
- изношено лезвие лемеха или долото (носок лемеха);
- дисковый нож сильно вынесен вперед и у него затуплены режущие кромки.

### ***Неравномерность глубины хода переднего и заднего корпусов плуга:***

- наблюдается при наклоне рамы плуга в продольной и поперечной плоскостях. При наклоне рамы вперед передний корпус обрабатывает глубже, задний — мельче (и наоборот). Продольный наклон устраняют изменением длины центральной тяги механизма навески трактора: при удлинении — передний корпус выглубляется, задний заглубляется; при укорочении — передний идет глубже, задний — мельче. Перекос рамы в поперечной плоскости устраняют изменением длины регулируемого правого раскоса механизма навески трактора. Если рама наклонена вправо, то передний корпус обрабатывает глубже заднего, раскос укорачивают, если влево — удлиняют;
- передний корпус может обрабатывать мельче заднего, если переднее опорное колесо сильнее опущено относительно заднего;
- отсутствует вынос дискового ножа влево и движители трактора (колеса, гусеницы) близко расположены к борозде, что вызывает осыпание почвы и изменение глубины борозды, по которой движутся колеса плуга (трактора).

### ***Неслитная пашня:***

- неодинаковая ширина захвата или глубина обработки переднего и заднего корпусов;
- разные скорости движения пахотного агрегата в смежных проходах;
- в одном загоне работают плуги с разной шириной захвата корпусов (350 и 400 мм);

- не выдерживается расстояние от движителей (колес, гусениц) трактора до стенки борозды.

***Плохая заделка пожнивных остатков:***

- мелкая или завышенная глубина хода предплужников. Пожнивные остатки не успевают укладываться на дно борозды раньше пластов или недостаточная толщина пласта основных корпусов для их закрытия;
- излишний вынос предплужников вперед;
- вспашка без предплужников и углоснимов;
- рабочая скорость плуга ниже допустимой для применяемых корпусов.

***Забивание плуга:***

- недостаточно вынесены предплужники вперед относительно основного корпуса;
- заниженная глубина хода предплужника;
- поле засорено соломой и крупными сорняками.

## **3.2. Чизельные плуги**

В отличие от плугов ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5, у которых стойки рабочих органов прямые, у плуга ПРПВ-5-50 стойки наклонены в поперечно-вертикальной плоскости под углом 45° (рис. 29).

Перед каждой стойкой установлен дисковый нож с рифленой режущей кромкой. Ширина захвата плуга — 2,5 м; глубина рыхления — 250...400 мм; рабочая скорость — 2,0...2,5 м/с.

В процессе работы дисковые ножи 3 перерезают пожнивные и растительные остатки, образуя наклонные щели. По ним передвигаются стойки 1, тем самым исключается их забивание, уменьшается вынос влажной почвы на поверхность. Почвенный пласт, подрезаемый долотом 4 и ножами-лемехами 2, приподнимается и изгибается как в продольном, так и в поперечном направлении.

В результате изгиба в двух плоскостях возникают напряжения растяжения и сжатия, обеспечивающие разрушение пласта и рыхление почвы. Степень рыхления почвы регулируется изменением положения рыхлительной пластины 6, которая устанавливается под углом от 5 до 15° относительно плоскости стойки с помощью специального эксцентрикового устройства. На поверхности почвы сохраняется до 90% стерни, разрушается плужная подошва, что создает условия для предотвращения ветровой и водной эрозии почвы.

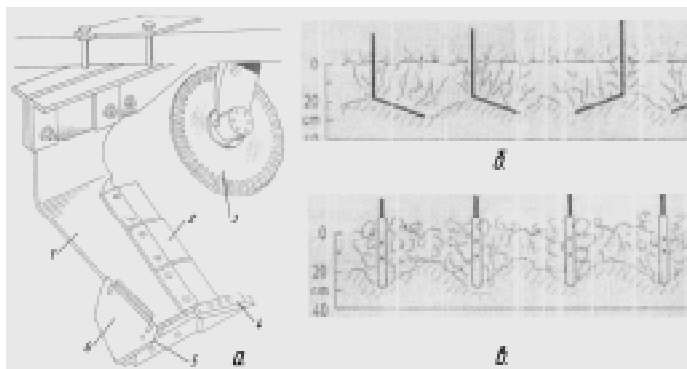


Рисунок 29 – Рабочий орган чизельного плуга ПРПВ-5-50:

*a* – общий вид; *б* – чизельная стойка «Paraplow»; *в* – прямая чизельная стойка;

1 – стойка; 2 – нож-лемех; 3 – дисковый нож; 4 – долото; 5 – полевая доска; 6 – рыхлительная пластина

### 3.3. Дисковые плуги

Дисковый плуг применяют для обработки тяжелых, сухих и переувлажненных почв на глубину до 250...300 мм. Рабочим органом является сферический диск (рис. 30, *a*). В процессе работы плуга вращающиеся диски вырезают пласты почвы и поднимают их до встречи с чистиками, которые способствуют съему пласта с диска и обороту его в борозды.

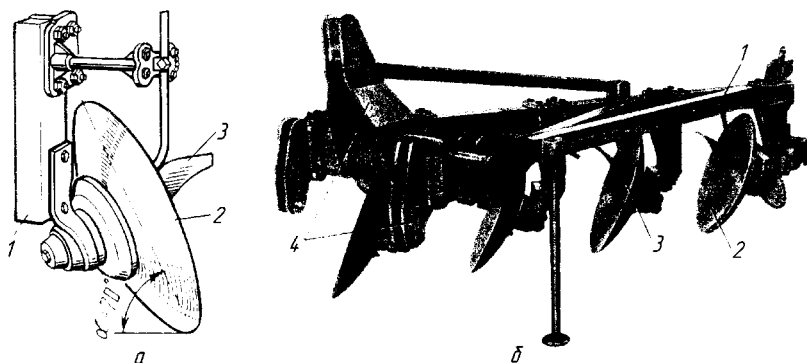


Рисунок 30 – Дисковый плуг:

*a* – рабочий орган; *б* – общий вид;

1 – рама; 2 – сферический диск; 3 – чистик; 4 – кронштейн для навески на трактор

Каждый диск индивидуально крепится к раме. Плоскость вращения диска можно установить под углом атаки в горизонтальной плоскости — 40, 45, 50° и в вертикальной — 70, 75°. Наклон диска назад по отношению к вертикали уменьшает вертикальную реакцию, выталкивающую диск из почвы, облегчает начало подъема пласта и его движение по вогнутой поверхности диска, однако оборачивающая способность диска несколько ухудшается.

Диаметр дисков  $D_{II}$  и расстояние между ними  $b$  определяют из следующих соотношений:

$$D_{II} = \kappa_1 \cdot a_{max}; \quad b = \kappa_2 \cdot a_{max}, \quad (32)$$

где  $\kappa_1, \kappa_2$  — коэффициенты,  $\kappa_1 = 2,5...3,0$ ,  $\kappa_2 = 2,0$ ;

$a$  — глубина обработки, мм.

Для дисковых плугов  $a_{max} = 300$  мм.

Тогда:  $D_{II} = (2,5...3,0) \cdot 300 = 750...900$  мм;  $b = 2 \cdot 300 = 600$  мм.

Выпускают дисковые плуги и для гладкой пахоты. Стойки дисков прикрепляют к раме шарнирно и поворачивают при изменении направления движения.

Варьированием угла атаки изменяют глубину обработки, степень крошения почвы, а также высоту гребней. По высоте гребней судят о качестве обработки.

Качество работы плугов считается удовлетворительным, если высота гребней  $h_{гн} \leq 0,4a$ .

Для улучшения заглубляемости дисков перед ними устанавливают рыхлительные лапы при работе на плотных почвах.

Удельное сопротивление дисковых плугов такое же, как и у лемешно-отвальных плугов. Оно берется для энергетических расчетов плугов.

С тракторами Т-150, Т-150К, ДТ-75М агрегируется плуг дисковый навесной ПДН-6-26 производительностью до 1,6 га/ч. Глубина пахоты — до 220 мм, рабочая скорость — до 3,0 м/с, масса — 900 кг.

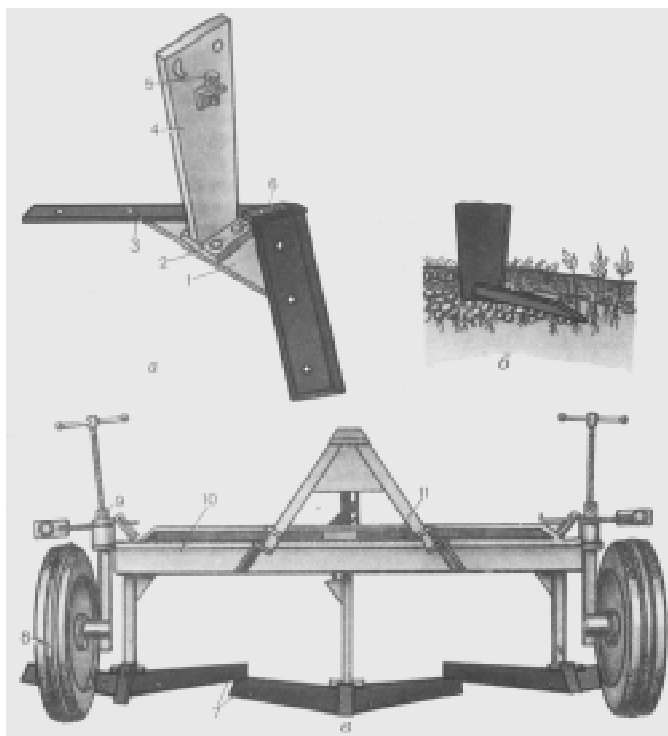
### 3.4. Культиваторы-плоскорезы

Культиваторы-плоскорезы применяют для основной безотвальной обработки почвы и рыхления паров. Наибольшее распространение они получили для обработки почв, подверженных ветровой эрозии. Подрезанный плоскорезушей лапой пласт почвы скользит по ней, разрыхляется и падает без оборота, сохраняя на поверхности стерню.

*Эрозия почвы* (ersio – разъедать, выгрызать) – разрушение и снос ее под действием потока воздуха или воды.

Безотвальная обработка почвы культиваторами-плоскорезами уменьшает эрозионные процессы. Это объясняется сохранением на поверхности почвы стерни и пожнивных остатков.

*Лапа культиватора-плоскореза* имеет стреловидную форму (рис. 31) с углом крошения  $\alpha = 24...28^\circ$ , ширина лемеха  $l = 90...125$  мм. От этого угла и ширины лемеха лапы зависят высота подъема пласта и степень его крошения.



*Рисунок 31 – Культиватор-плоскорез:*

*а – плоскорезущая лапа; б – схема рабочего процесса; в – общий вид;*

*1 – башмак; 2 – пятка; 3 – лемех; 4 – стойка; 5 – регулировочный винт; 6 – долото; 7 – лапы; 8 – опорные колеса; 9 – механизм регулирования глубины обработки; 10 – рама; 11 – замок автосцепки*

Разрушение стерни происходит в основном стойками лап. Поэтому чем больше ширина захвата лап, тем меньшая степень повреждения стерни.

Для сравнительного анализа можно использовать следующую формулу:

$$C_n = \frac{n \cdot w_6 \cdot \kappa_m}{w_3} \cdot 100, \quad (32)$$

где  $C_n$  – степень повреждения стерни, %;  
 $n$  – число лап на культиваторе, шт;  
 $w_6$  – ширина борозды, образуемая стойкой лапы, м;  
 $w_3$  – ширина захвата культиватора-плоскореза, м;  
 $\kappa_m$  – поправочный коэффициент, учитывающий воздействие на стерню других элементов культиватора, тип и влажность почвы, скорость движения агрегата;  $\kappa_m = 1,3 \dots 1,5$ .

При рабочей скорости движения культиватора свыше 2 м/с возрастает разбрасывание почвы, засыпание стерни в зоне прохода стоек, образуются борозды шириной свыше 0,2 м.

Культиваторы-плоскорезы выпускают с лапами шириной захвата 1,0; 1,1; 1,5; 2,2 и 2,5 м. Культиваторы с большей шириной захвата (1,5...2,5 м) используют для обработки почвы на глубину до 180 мм, с меньшей шириной захвата (1,0...1,5 м) – до 300 мм. Эти культиваторы называют культиваторы-глубокорыхлители.

Например, культиватор КПП-250А комплектуют одной плоскорезующей лапой шириной захвата 2,5 м или двумя шириной захвата по 1,1 м. В первом варианте ведется обработка почвы на глубину до 160 мм, во втором – до 300 мм. Определим степень повреждения стерни:

Первый вариант:  $n = 1$ ;  $w_6 = 0,2$  м;  $w_3 = 2,5$  м;  $\kappa_m = 1,4$ :

$$C_n = \frac{1 \cdot 0,2 \cdot 1,4}{2,5} \cdot 100 = 11,2 \text{ \%}.$$

Второй вариант:  $n = 2$ ;  $w_6 = 0,2$  м;  $w_3 = 2,0$  м (перекрывание 0,1 м);  $\kappa_m = 1,4$ :

$$C_n = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 1,4}{2,0} \cdot 100 = 28,0 \text{ \%}.$$

Если в первом варианте степень сохранения стерни  $C_c = 100 - C_n = 100 - 11,2 = 88,8\%$ , то во втором – только 72,0%.

С шириной захвата увязан угол раствора лезвий лап  $2\gamma$ .

С учетом необходимости скольжения корней растений вдоль лезвий лапы должно соблюдаться следующее условие:  $\gamma \leq 90^\circ - \varphi$ ,

где  $\varphi$  – угол трения корней о стальную поверхность.

Если принять  $\varphi = 28^\circ$ , то  $\gamma \leq 90^\circ - 28^\circ = 62^\circ$ ; поэтому угол раствора должен быть  $2\gamma < 124^\circ$ .



Так как плоскорежущие лапы работают на большой глубине (от 160 до 300 мм), в плотной почве создается дополнительный подпор, исключающий сгуживание и обволакивание лапы срезанными корнями. На применяемых культиваторах-плоскорезах устанавливаются лапы с  $2\gamma = 75, 100$  и  $120^\circ$ . Чем больше влажность почвы и меньшая глубина обработки, тем меньше должен быть угол раствора лезвий лап  $2\gamma$ . В противном случае при работе на глубине менее 100 мм наблюдается сгуживание почвы и не обеспечивается одинаковая глубина обработки по всей ширине захвата лапы.

Культиваторы-плоскорезы имеют шарнирную раму, состоящую из трех секций: средней 5 (рис. 32) и двух боковых 8 и 9.

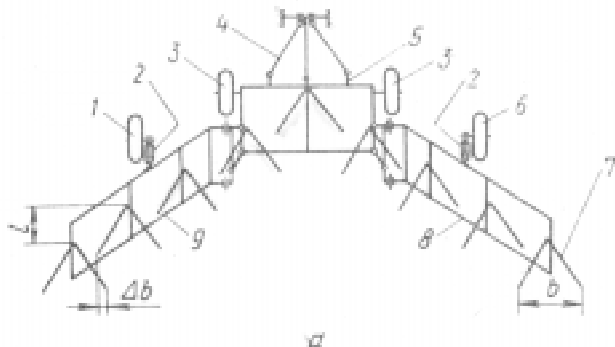


Рисунок 32 — Схема культиватора-плоскореза:

1 и 6 — самоустанавливающиеся колеса; 2 — гидроцилиндры; 3 — неповоротные колеса;  
4 — навеска; 5, 8 и 9 — средняя, правая и левая секции; 7 — плоскорежущие лапы

Лапы расположены клином, симметрично относительно средней линии с перекрытием  $\Delta b = 70 \dots 100$  мм.

Передняя лапа работает в режиме блокированного резания, а остальные — полусвободного резания. Средняя секция опирается на два колеса и имеет винтовой механизм для регулирования глубины хода лап. Секции 8 и 9 шарнирно прикрепляются к секции 5 и опираются на самоустанавливающиеся колеса 1 и 6. При транспортировке боковые секции заводят за среднюю. В зависимости от класса тяги трактора используют или одну среднюю секцию, или сразу три секции.

На уплотненной стерне для обеспечения заглубления плоскорежущие лапы устанавливают с помощью регулировочного винта 5 (рис. 31, а) под углом в продольно-вертикальной плоскости так, чтобы передняя часть лемехов лап была ниже задних концов на  $15 \dots 20$  мм. Этому же

способствует долото, лезвие которого должно располагаться на 10...15 мм ниже опорной плоскости лемехов.

При взаимодействии плоскорежущей лапы с почвой на нее действуют горизонтальная  $R_x$  и вертикальная  $R_z$  составляющие реакции почвы:

$$R_x = k \cdot a \cdot b; \quad (33)$$

$$R_z = \delta R_x, \quad (34)$$

где  $k$  – удельное сопротивление почвы, Н/м<sup>2</sup>;

$a$  – глубина обработки почвы, м;

$b$  – ширина захвата лапы, м;

$\delta$  – коэффициент.

Значения  $k$  и  $\delta$  зависят от типа, состояния почвы и скорости движения агрегата.

*Для расчета можно принять следующие усредненные значения:*

| Скорость, м/с | $k$ , Н/м <sup>2</sup> | $\delta$ |
|---------------|------------------------|----------|
| 2,0           | 3000                   | + 0,4    |
| 2,5           | 5000                   | + 0,1    |
| 3,0           | 7000                   | – 0,2    |

Значение  $\delta = - 0,2$  показывает, что при скорости 3,0 м/с и выше сила  $R_z$  направлена вверх и уменьшает глубину обработки.

Определим тяговое сопротивление для культиватора КПП-250А при  $b = 2,5$  м;  $a = 0,18$  м;  $V = 2,5$  м/с;  $k = 5000$  Н/м<sup>2</sup>.

$R_x = k \cdot a \cdot b = 5000 \cdot 0,18 \cdot 2,5 = 22500$  Н = 22,5 кН;  $R_z = \delta \cdot R_x = 0,1 \cdot 22500 = 2250$  Н.

Следовательно, агрегатировать этот культиватор должен трактор класса 30 кН.

## 3.5. Чизельные орудия

### 3.5.1. Типы чизельных орудий

Чизельные орудия предназначены для безотвальной обработки почвы, рыхления плужной подошвы и уплотненных подпахотных слоев.

Они обеспечивают защиту почвы от дефляции, применяются на почвах всех типов, эффективны при обработке чистых паров.

Чизельные орудия подразделяют на три типа:

- чизельные культиваторы;
- чизельные плуги;
- щелеватели.

Чизельные культиваторы обрабатывают почву на глубину до 250 мм, плуги — до 450 мм, щелеватели — до 600 мм.

Рабочим органом чизельного орудия является стойка с наральником, долотом или стрельчатой лапой, лемехом (рис. 33). Стойка бывает как прямой, так и криволинейной, что облегчает заглубление ее в почву и очистку от растительности.

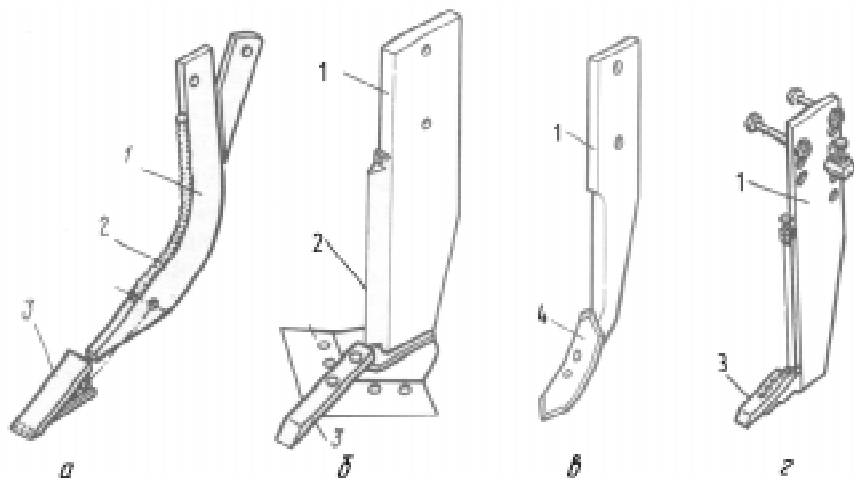


Рисунок 33 — Рабочие органы чизельных орудий:

а — криволинейный с долотом; б, в — прямолинейные с лемехом и наральником; г — щелеватель;  
1 — стойка; 2 — накладка; 3 — долото; 4 — наральник

Для защиты стойки от изнашивания и снижения сопротивления в ее передней части устанавливают накладку или нож. Стойки чизельных культиваторов часто выполняют пружинными, упругими.

Благодаря их колебаниям в процессе работы повышается качество крошения, уменьшается тяговое сопротивление, снижается вероятность забивания растительными остатками.

При глубине обработки до 300 мм используют стрельчатые лапы с шириной захвата 270 мм; до 450 мм — долота шириной захвата 70 мм; до 600 мм — щелеватели.

На склоновых землях с тяжелосуглинистыми черноземами Северного Кавказа чизельная обработка почвы существенно увеличивает накопление влаги, улучшает водно-воздушный режим, повышая микробиологическую деятельность, что способствует увеличению нитратного азота в подпахотном горизонте в 2...3 раза.

Обработка почвы чизельными рабочими органами является эффективным приемом для разрушения плужной подошвы и улучшения водопоглощающих свойств почвы (рис. 34).

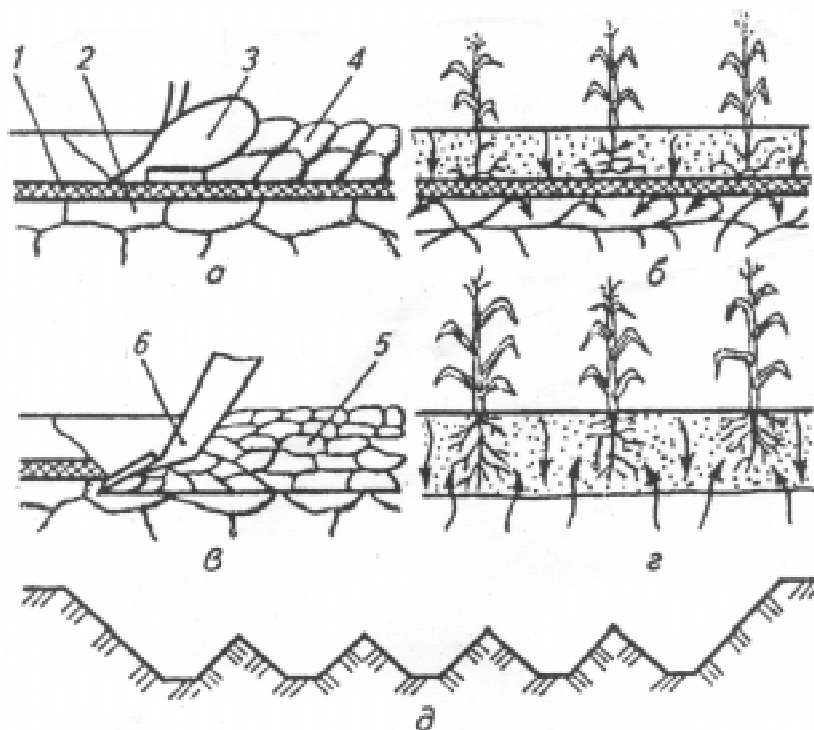


Рисунок 34 — Схема образования и разрушения плужной подошвы:

- а — образование плужной подошвы при работе лемешного плуга;
- б — передвижение воды и поведение корней растений до разрушения плужной подошвы;
- в — разрушение плужной подошвы при глубокой обработке почвы чизельным орудием;
- г — передвижение воды и поведение корней растений после разрушения плужной подошвы;
- д — профиль дна борозды после рыхления почвы чизельным орудием;
- 1 — плужная подошва; 2 — нижний слой; 3 — корпус плуга; 4 — пахотный слой;
- 5 — разрыхленный слой; 6 — рыхлитель, рабочий орган

Для обработки с сохранением стерни служит щелевание. На стойках щелевателя имеются отверстия, позволяющие изменять глубину нарезания щелей до 600 мм. Одновременно с щелеванием, при необходимости, проводят и кротование, для чего в нижней части за долотом на гибкой подвеске крепят кротователь. Щелевание защищает почву от водной эрозии (дефляции).

### 3.5.2. Взаимодействие чизельной лапы с почвой

Установлено, что при работе чизельной лапы на глубине свыше 250...300 мм происходит два вида деформации почвы: до глубины  $h_k$  (рис. 35), называемой критической, наблюдается боковое расширение зоны деформации почвы. Это происходит под действием сил внешнего и внутреннего трения.

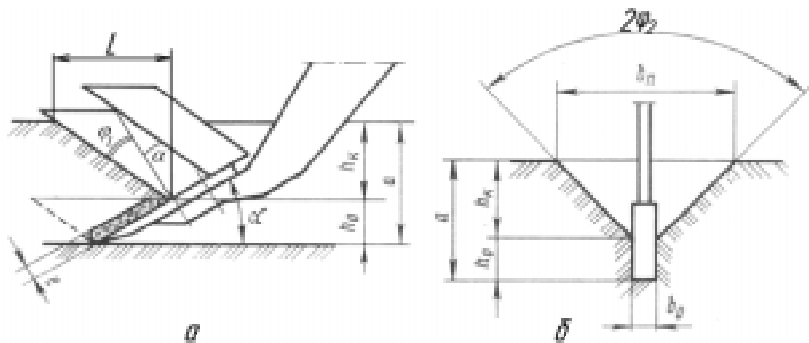


Рисунок 35 – Схема деформации почвы лапой чизельного орудия:  
а – в продольном направлении; б – в поперечном направлении

Дальше этой глубины, в нижней части рабочей поверхности лапы  $h_0$ , образуется щель, без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы. В этой зоне почва сминается, сильно уплотняется, образуется ядро  $e$ , которое периодически разрушается и возобновляется вновь.

Зона деформации почвы в продольном направлении:

$$l = h_k \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \varphi_1); \quad (35)$$

в случае, если  $a < h_k$ , зона деформации от носка лапы:

$$l = a \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \varphi_1), \quad (36)$$

где  $a$  – глубина хода лапы, мм;

$h_k$  – критическая глубина обработки, мм;

$\alpha$  – угол крошения;

$\varphi_1$  – угол трения почвы о материал лапы.

Ширина деформированной полосы почвы в поперечном сечении пласта:

$$b_n = b_o + 2 h_k \cdot \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (37)$$

где  $b_o$  – ширина лапы, мм;

$\varphi_2$  – угол внутреннего трения почвы.

Таким образом, рыхлить почву надо при  $a \leq h_k$ . Критическая глубина обработки зависит от типа почвы и величины  $b_o$ . Учитывая, что при  $b_o < 50$  мм  $h_k$  существенно уменьшается, ширина захвата лапы должна быть более 50 мм.

В зависимости от расстановки лап на раме чизельного орудия они работают в условиях блокированного (рис. 36, а) полусвободного (б) и свободного для средней лапы (в) резания.

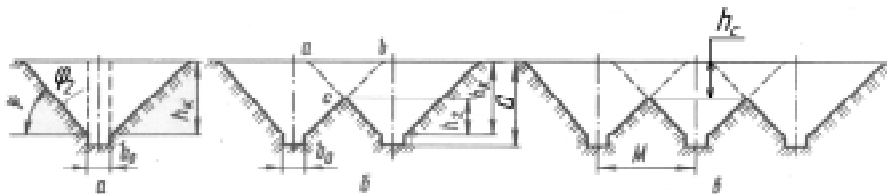


Рисунок 36 – Виды рыхления почвы лапами:  
а – блокированное; б – полусвободное; в – свободное

Высота гребней  $h_z$  зависит от ширины междуследия  $M$  рабочих органов:

$$h_z = 0,5(M - b_o) \cdot \operatorname{tg} \psi = 0,5(M - b_o) \cdot \operatorname{tg}(90 - \varphi_z). \quad (38)$$

В соответствии с агротехническими требованиями к чизельным орудиям  $h_z$  должна быть меньше  $h_k$ . Зоны распространения деформации пересекаются, в результате чего в верхнем слое глубиной  $h_c$  сплошное рыхление, а в нижнем – рыхление с образованием гребней  $h_z$ .

Для щелевателей:  $h_z = h_k$ , то есть из-за увеличения ширины междурядья высота гребней достигает поверхности поля.

Рабочие органы щелевателя работают в условиях блокированного резания, чизельных культиваторов – блокированного, полусвободного и свободного резания.

При расстановке рабочих органов на раме чизельного орудия необходимо исходить из того, чтобы как можно меньшее их количество работало в условиях блокированного резания.

Энергоемкости работы чизельных лап в условиях блокированного, полусвободного и свободного резания относятся как 100 : 70 : 50%.

Поэтому важно рационально расставить рабочие органы на раме чизельного орудия (рис. 37).

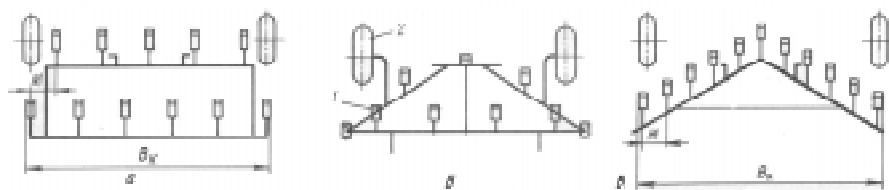


Рисунок 37 – Схемы расстановки рабочих органов на раме чизельного орудия:  
*а* – двухрядная; *б* – стреловидная; *в* – комбинированная;  
*1* – рабочий орган; *2* – опорное колесо

При расстановке прежде всего надо учитывать, какие будут значения зон деформации в продольном  $l$  и поперечном  $b_n$  направлениях (рис. 35). Расстояния между стойками лап должны быть больше этих величин, чтобы не происходило заклинивание почвы, забивание растительными остатками.

Поэтому одним из вариантов является двухрядная схема расстановки рабочих органов. Расстояние между лапами возрастает, что исключает процессы заклинивания и забивания. Однако существенно возрастает тяговое сопротивление чизельного орудия ввиду того, что лапы первого ряда, т. е. 50% рабочих органов, работают в режиме самого энергоемкого блокированного резания.

При стреловидной схеме (*б*) все рабочие органы, кроме среднего, работают в режиме полусвободного резания. Однако при этой схеме с увеличением ширины захвата орудия существенно возрастает его длина, центр тяжести удаляется от трактора, что ухудшает продольную устойчивость агрегата. Поэтому наиболее оптимальной является комбинированная схема (*в*).

## Глава 4. МЕХАНИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

### 4.1. Зубовые бороны

#### 4.1.1. Плоские зубовые бороны

Плоские зубовые бороны представляют собой раму с размещенными на ней зубьями. Зуб — рабочий орган бороны.

Плоские бороны разделяют на легкие, средние и тяжелые. Это деление определяется силой давления  $p_z$  зуба бороны на почву:

$$p_z = \frac{m \cdot g}{\kappa_z}, \text{ Н}, \quad (39)$$

где  $m$  — масса бороны (звена), кг;

$\kappa_z$  — количество зубьев в звене.

При  $p_z < 10$  Н — борона легкая;  $p_z = 10 \dots 20$  Н — средняя и  $p_z > 20$  Н — тяжелая.

Например, для бороны зубовой средней скоростной ЗБЗСС-1,0:  $m = 35$  кг;  $\kappa_z = 20$ .

$$p_z = \frac{m \cdot g}{\kappa_z} = \frac{35 \cdot 9,8}{20} = 17,15 \text{ Н}.$$

Чаще всего встречаются зубья квадратного сечения  $16 \times 16$  мм (рис. 38, а), их устанавливают на средних и тяжелых боронах. В нижней части зуб имеет скос под углом  $\gamma$ .

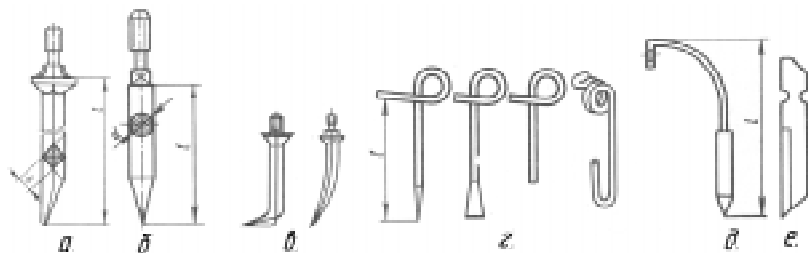


Рисунок 38 — Зубья плоской бороны:

а — квадратного сечения; б — круглого сечения; в — лапчатый и серповидный;

г — пружинные; д — пропеллочный; е — луговой



Установлено: чтобы растительные остатки и сорняки не забивали борону, длина зубьев  $l$  должна более чем в два раза превышать глубину обработки почвы.

Тяжелые бороны служат для дробления глыб при вспашке; средние — для уничтожения всходов сорняков, разрушения комков почвы при бороновании перед посевом и по всходам зерновых и пропашных культур; легкие — для разрушения почвенной корки, выравнивания поверхности, заделки семян и удобрений.

На легких боронах устанавливают зубья круглого сечения ( $\delta$ ) диаметром  $d = 14$  мм.

Лапчатые зубья ( $\epsilon$ ) хорошо подрезают сорняки и разрушают почвенную корку, а искривленные по оси и плавно заостренные — лучше заглубляются в почву и вычесывают сорняки.

Пружинные зубья ( $\zeta$ ) (диаметром 8...10 мм) устанавливают на сетчатых боронах. Из-за вибрации при работе они хорошо очищаются, а благодаря шарнирному соединению лучше других копируют поверхность поля.

Зубья прополочных боронок ( $\delta$ ) высотой  $l = 410$  мм рыхлят почву и вычесывают сорняки в защитных зонах пропашных культур при их высоте до 350 мм.

Ножевидный зуб ( $e$ ) прорезает и рыхлит дернину при работе бороны на лугах.

Зуб работает как двугранный клин. Переднее ребро зуба воздействует на почву. В зависимости от угла расположения зуба к поверхности почвы определяется и характер воздействия. Если зуб расположен вертикально —  $\alpha = \pi/2$  (рис. 39), то ребро действует на почву по нормали к зубу силой  $R = N$ , совпадающей с направлением движения. Заглубление зуба происходит под действием силы тяжести  $G_3$ , приходящейся на него от бороны. Реакция почвы равна и направлена в противоположную сторону  $R' = R$ .

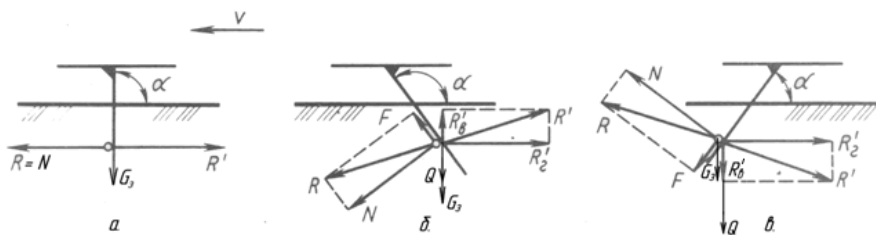


Рисунок 39 — Схема взаимодействия ребра зуба бороны с почвой:  
а — при  $\alpha = \pi/2$ ; б —  $\alpha > \pi/2$ ; в —  $\alpha < \pi/2$

При движении зуба под углом  $\alpha > \pi/2$  на почву будет действовать сила  $R$ , равная векторной сумме сил нормального давления  $N$  и трения  $F$ . Реакцию почвы  $R' = R$  можно представить как векторную сумму вертикальной  $R'_v$  и горизонтальной  $R'_z$  составляющих. Видно, что  $R'_v$  направлена вверх. Это приводит к уменьшению заглубляющей силы  $Q = G_z - R'_v$  и, следовательно, к уменьшению глубины обработки, частицы почвы вминаются вниз.

Когда зуб движется под углом  $\alpha < \pi/2$ , то вертикальная составляющая реакции почвы  $R'_v$  направлена вниз и увеличивает заглубляющее усилие  $Q = G_z + R'_v$ . Глубина обработки возрастает. Частицы почвы с нижних слоев поднимаются к поверхности. Это может приводить к тому, что под рамой собираются растительные остатки и сорняки и от них надо периодически освобождаться поднятием бороны.

Таким образом, при работе средних и тяжелых борон надо обращать внимание на то, как расположен скос на рабочем конце зуба (рис. 38, а). *При движении бороны в направлении скоса она будет выглубляться, в противоположную сторону — идти глубже.*

Для равномерной обработки почвы и уменьшения вероятности забивания зубья размещают на звене (секции) по разверткам многоходового винта. Как правило, число ходов — три, количество поперечных планок в звене — пять. Это обеспечивает довольно большое удаление зубьев один от другого, и в то же время выдерживается требуемое расстояние между соседними бороздками (междуследие).

Величину междуследия определяют из анализа зоны деформации почвы зубьями бороны.

Зуб взрыхляет почву неравномерно по глубине: сверху наблюдается перекрытие, и оно тем больше, чем меньше расстояние между следами зубьев. Сколы почвы происходят под углом  $\theta$ , равным для зубьев борон  $25...30^\circ$ . Он определяется, в основном, углом внутреннего трения почвы.

При работе борон (рис. 40) в нижней части обрабатываемого слоя остаются необработанные гребни высотой:

$$h = 0,5M \operatorname{ctg} \theta, \quad (40)$$

где  $M$  — величина междуследия, мм.

В верхней части имеются зоны *def*, которые обрабатываются дважды.

Как видно из рисунка 40, величина междуследия  $M \leq 2atg \theta$ .

$M = 49$  мм установлена для выпускаемых средних и тяжелых борон БЗСС-1,0; БЗТС-1,0.

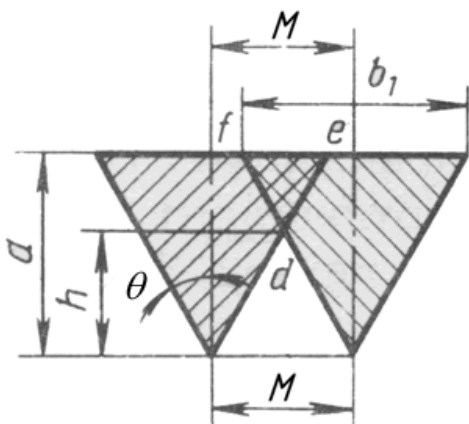


Рисунок 40 – Зона деформации почвы зубьями бороны

Качественная работа зубовой бороны во многом зависит от правильности ее присоединения.

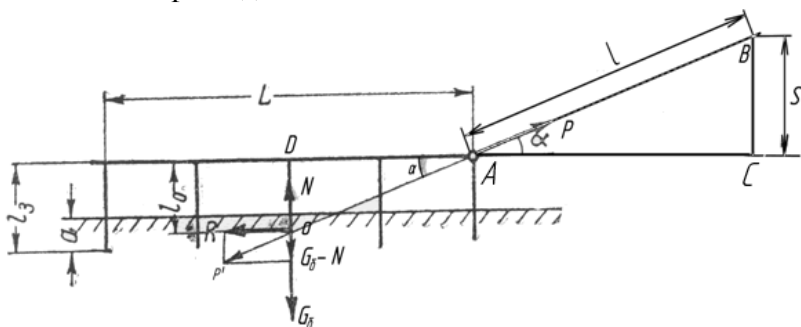


Рисунок 41 – Схема сил, действующих на борону

Сила тяги  $P$  (рис. 41) должна быть равной равнодействующей  $P'$  силы тяжести бороны  $G_b - N$  и реакции почвы  $R$  и противоположно ей направленной. Это основное условие равновесия бороны. Сила тяги должна проходить через центр тяжести бороны, расположенный на расстоянии  $l_0$  от планок.

Тогда из  $\triangle AOD$ :

$$\alpha = \arctg \frac{2l_0}{L}, \quad (41)$$

где  $L$  – длина секции бороны, мм.

Для упрощения расчетов можно принять  $l_0 = l_z$  (длина зуба).  
Например, для бороны БЗТС-1,0:  $L=1000$  мм;  $l_z = 160$  мм.

$$\alpha = \arctg \frac{2 \cdot 160}{1000} = 17^\circ.$$

Для большинства существующих конструкций плоских борон:

$$\alpha = 15...17^\circ.$$

Этот угол определяет длину сцепки  $l$  и высоту ее соединения с рамой орудия  $S$ .

Как видно из  $\triangle ABC$ :  $\sin \alpha = S/l$ .

При  $\alpha = 17^\circ$ ;  $\sin \alpha = 0,3$ ;  $0,3 = S/l$ .

Следовательно, для того чтобы выдерживать угол  $\alpha$  в пределах  $15...17^\circ$ , отношение  $S/l$  должно равняться 0,3. При изменении  $S$  надо изменять  $l$  (и наоборот). В противном случае борона будет работать неустойчиво.

Тяговое сопротивление бороны определяют по формуле:

$$P_{\sigma} = k_{\sigma} \cdot \sigma_{\sigma}, \quad (42)$$

где  $\sigma_{\sigma}$  — ширина захвата, м;

$k_{\sigma}$  — удельное сопротивление бороны, кН/м: легкой — 0,4...0,6 кН/м, средней — 0,5...0,7 кН/м, тяжелой — 0,7...0,9 кН/м.

Величина  $k_{\sigma}$  зависит от состояния почвы, глубины обработки и рабочей скорости движения агрегата.

Поле после боронования должно быть ровным, с размерами комков почвы до 30...50 мм, с полностью уничтоженными сорняками.

#### 4.1.2. Ротационные зубовые бороны

Там, где плоские зубовые бороны не могут использоваться из-за забивания пожнивными остатками, применяют ротационные зубовые бороны. Рабочими органами ротационных борон служат диски с зубьями (рис. 42).

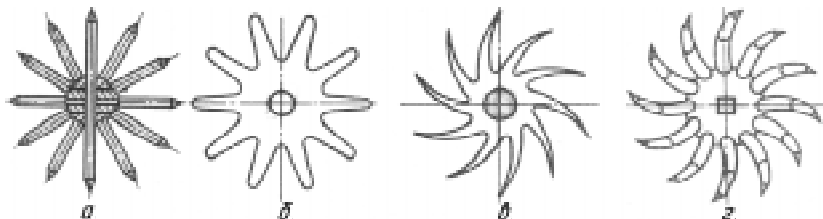
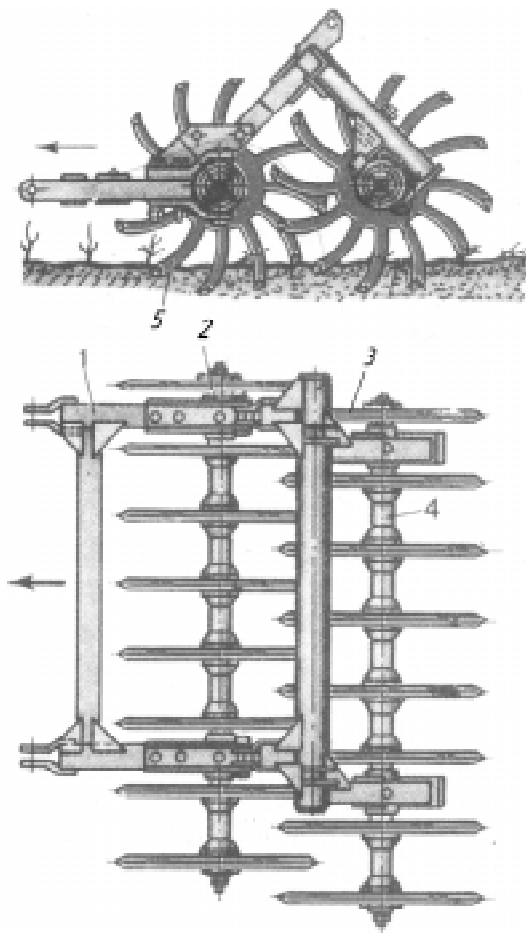


Рисунок 42 — Рабочие органы ротационных борон:  
а, б — с прямыми зубьями; в, г — с криволинейными зубьями

Зубья дисков бывают как прямолинейные (*а, б*), так и криволинейные (*в, г*), которые нашли наибольшее распространение в ротационных боронах.

Ротационная борона состоит из рамы *1* (рис. 43), опирающейся на пневматические колеса, батарей *2, 3* из зубовых дисков и гидравлического механизма подъема. Диски, как правило, диаметром 550 мм, на них по окружности размещены 12 криволинейных зубьев, заостренных к концевой части.



*Рисунок 43* — Секция ротационной бороны:  
*1* — рама; *2, 3* — батареи; *4* — распорная втулка; *5* — диск

В зависимости от характера рыхления почвы батареи дисков устанавливаются под углом 8, 12 или 16° к направлению движения. При перекатывании диска под углом зубья заглубляются на регулируемую глубину от 40 до 100 мм. При этом возможна пассивная и активная установка дисков (рис. 44): пассивная – диски перекатываются выпуклостью назад (*а*), активная – вперед (*б*).

При пассивной работе дисков в почве образуются лунки. Такой режим применяют для разрушения почвенной корки.



Рисунок 44 – Схема воздействия диска на почву:  
*а* – пассивное; *б* – активное

Активный режим обеспечивает хорошее заглубление на уплотненной почве, поверхностное рыхление с целью закрытия влаги и эффективную борьбу с сорняками.

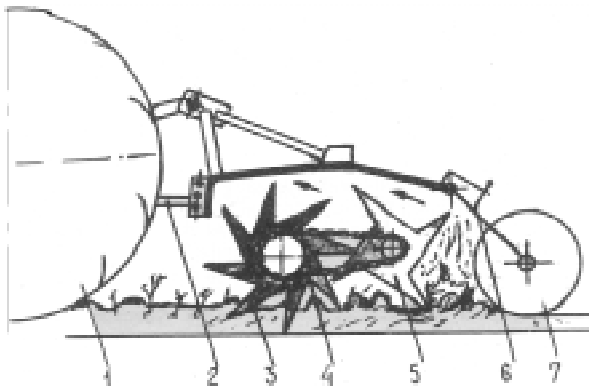
Одним из преимуществ ротационных борон является их высокая производительность, которая достигается за счет рабочей скорости до 3,0...3,5 м/с.

## 4.2. Ротационные ножевые бороны

Одним из представителей ножевой ротационной бороны является ротационный бесприводной рыхлитель РБР-4. Это навесное орудие состоит из двух роторов: переднего зубового 3 (рис. 45) и заднего ножевого 5, механизма регулировки глубины 6 и катка 7. Диаметр зубового ротора 0,66 м, ножевого – 0,50 м.

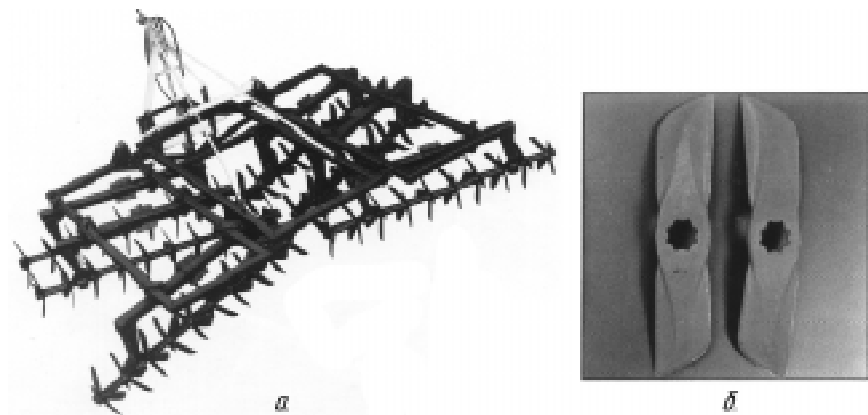
Орудие навешивается на трактор 1. В процессе движения зубья первого ротора 3, взаимодействуя с почвой, обеспечивают его вращение. Через цепную передачу 4, имеющую передаточное отношение 3:1, враще-

ние передается на второй ротор, ножи которого активно воздействуют на комки почвы, разрушая их. Уничтожаются сорняки, выравнивается поверхность. Глубина обработки — до 120 мм, ширина захвата — 4 м, рабочая скорость — 2,5...3,0 м/с.



*Рисунок 45* — Схема ротационной ножевой бороны РБР-4:  
1 — трактор; 2 — навеска трактора; 3 — зубовой ротор; 4 — цепная передача;  
5 — ножевой ротор; 6 — механизм регулировки глубины; 7 — каток

В мировой практике наибольшее распространение получили ротационные ножевые бороны «Ханкмо». Они выпускаются с жесткой и сочлененной рамой, шириной захвата от 2,1 до 7,7 м (рис. 46).



*Рисунок 46* — Ротационная ножевая борона «Ханкмо»:  
а — общий вид; б — ножи

Ножи прочные и износостойкие. Их устанавливают в батареи в два-четыре следа, изменяется угол атаки. Ножи хорошо режут, крошат, перемешивают почву.

Бороны «Ханкмо» эффективно работают при обработке зяби, стерни. При этом солома и удобрения равномерно перемешиваются с почвой. Бороны хорошо борются не только с однолетними, но и с многолетними корневищными и корнеотпрысковыми сорняками. Работает на скорости свыше 2,5 м/с, доводя поверхностный слой до мелкокомковатого состояния.

### 4.3. Дисковые орудия: бороны, лушильники

Дисковые орудия предназначены для рыхления глыбистой пахоты, лушения стерни зерновых колосовых, пропашных крупностебельных культур, ухода за лугами, пастбищами, предпосевной обработки зяби.

Основными задачами лушения являются сохранение влаги и борьба с сорняками (рис. 47).

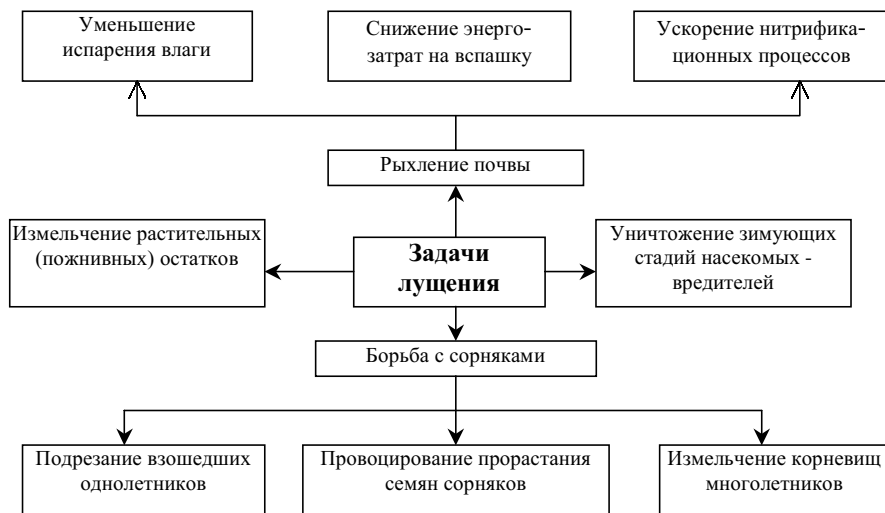


Рисунок 47 – Задачи лушения

При минимальной обработке почвы дисковые бороны используют для предпосевной подготовки почвы, измельчения и заделки пожнивных остатков, уничтожения сорняков.



Рабочими органами дисковых орудий являются диски разных типов: плоские (*а*), сферические (*б*), вырезные или зубчатые (*в*) (рис. 48) и лопастные.

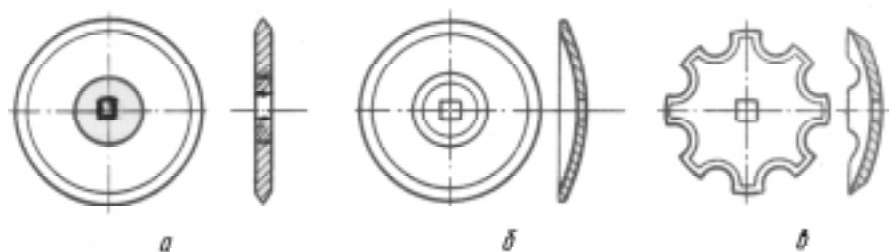


Рисунок 48 – Типы дисков:  
*а* – плоский; *б* – сферический; *в* – вырезной

Сферические диски устанавливают на боронах, лушильниках. Их собирают в батареи, насаживают на квадратную ось *1* (рис. 49), чередуя с распорными катушками (шпулками) *2*.

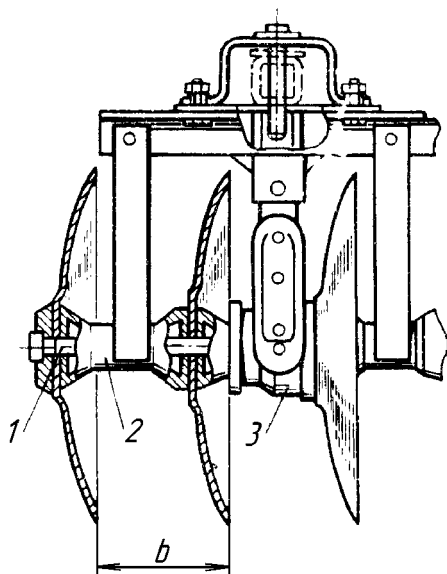


Рисунок 49 – Схема установки сферических дисков в батарее:  
*1* – квадратная ось; *2* – шпулка; *3* – подшипник

В процессе работы ось вместе с дисками и шпильками вращается в подшипниках 3.

Вырезные диски применяют при работе на тяжелых задернелых почвах, для разделки связных пластов. За счет вырезов на дисках резание пласта происходит со скольжением, что интенсифицирует процесс воздействия на почву и обеспечивает более эффективное перерезание корней растений.

Для обработки почв, подверженных ветровой эрозии, на лушильниках устанавливают плоские диски. Почва обрабатывается без оборота, с сохранением стерни.

На лушильниках применяют и другие разновидности дисков: гофрированные, дискозубые, прорезные (рис. 50). Они улучшают крошение почвы и обеспечивают выравнивание поверхности.

Основными параметрами дисков являются диаметр и радиус кривизны.

Плоский диск можно рассматривать как сферический, у которого радиус кривизны равен бесконечности.

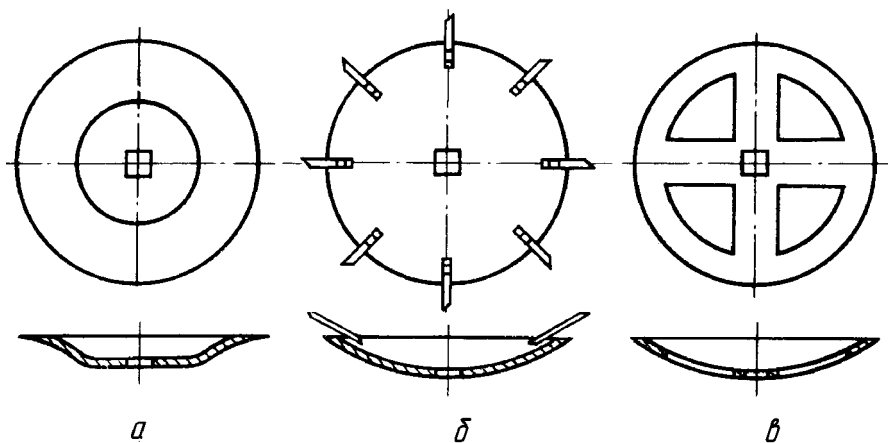


Рисунок 50 – Виды дисков лушильников:  
а – гофрированный; б – дискозубый; в – прорезной

Диаметр диска  $D$  увязан с глубиной обработки  $a_{max}$ :

$$D = k \cdot a_{max}, \quad (43)$$

где  $k$  – коэффициент, по экспериментальным данным  $k = 4,0$ .

Если учесть, что при бороновании  $a_{max} = 160$  мм, а при лущении  $a_{max} = 120$  мм, то: для борон  $D = 4,0 \cdot 160 = 640$  мм; для луштыльников  $D = 4,0 \cdot 120 = 480$  мм.

На выпускаемых боронах диаметр дисков составляет 630...710 мм, на луштыльниках – 450...480 мм.

Следует учитывать, что с увеличением диаметра диска возрастает вертикальная составляющая реакции почвы, что ухудшает заглубляемость.

Радиус кривизны  $r$  определяет крошащую и оборачивающую способность диска. Она вырастает с уменьшением радиуса.

Как видно из рисунка 51, между радиусом кривизны  $r$  и диаметром диска  $D$  существует зависимость:

$$r = \frac{D}{2 \sin \xi} \quad (44)$$

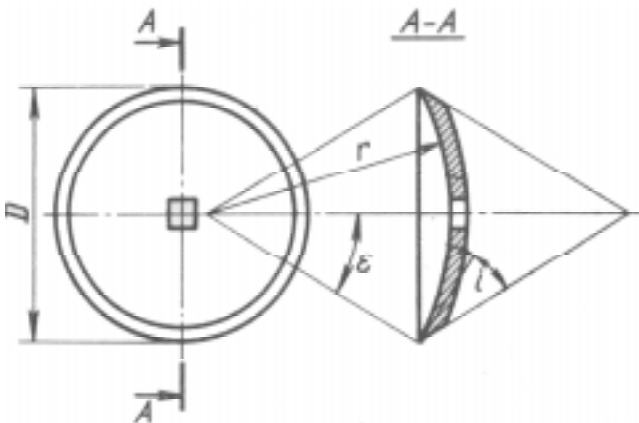


Рисунок 51 – Схема сферического диска

Величина угла  $\xi$  варьирует в пределах 26...32°. При  $\xi = 30^\circ$   $r = \frac{D}{2 \cdot 0,5} = D$ .

Диски затачивают, как правило, с выпуклой, наружной стороны, принимая угол  $i = 15...20^\circ$ .

Исходя из условия исключения заклинивания пласта и отдельных глыб почвы, устанавливают расстояние между соседними дисками  $b \geq 1,5 a_{max}$ .

Расстояние между дисками достигает: для лушильников  $b = 1,5 \cdot 120 = 180$  мм; для борон  $b = 1,5 \cdot 160 = 240$  мм.

От этой величины во многом зависит высота гребней над дном борозды  $h$  (рис. 52). В процессе работы каждый диск вырезает в почве пласт, образуя желобчатое дно борозды. Между бороздками создаются гребни высотой  $h$ .

Высота гребней определяет качество обработки почвы. Помимо диаметра дисков  $D$  и расстояния между ними  $b$ , она зависит еще и от угла атаки  $\theta$  — угла между плоскостью вращения диска и направлением поступательного движения орудия. Из перечисленных параметров в процессе эксплуатации регулируется только угол атаки: для лушильников в пределах  $15...35^\circ$ , для борон —  $10...22^\circ$ . Чем больше угол атаки, тем глубже рыхлится почва, интенсивнее крошится, лучше подрезаются сорняки.

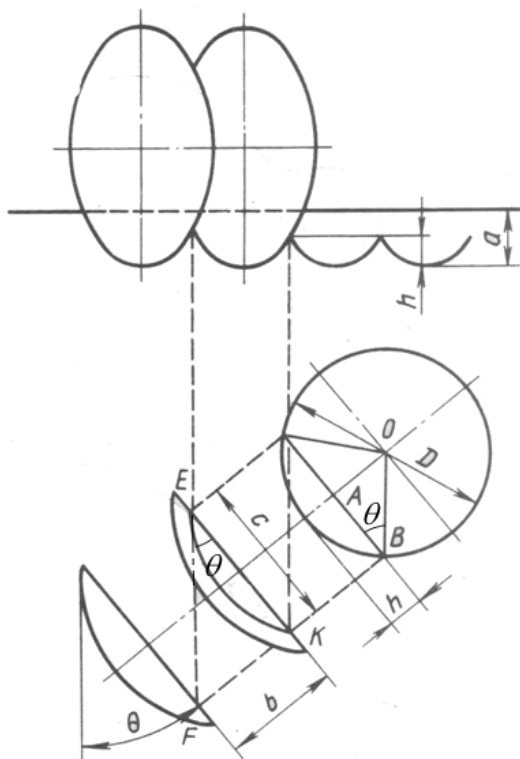


Рисунок 52 — Схема работы дисков:

$a$  — глубина обработки;  $h$  — высота гребней;  $\theta$  — угол атаки

Из треугольников  $OAB$  и  $EFK$  находим :

$$(D/2)^2 = (D/2 - h)^2 + (c/2)^2;$$

$$c = b \cdot \operatorname{ctg} \theta.$$

После преобразований:

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - b^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \theta}. \quad (45)$$

Как следует из формулы (45), с уменьшением  $b$  и увеличением  $\theta$  высота гребней  $h$  уменьшается. Качество обработки почвы считается удовлетворительным, если  $h \leq 0,5a$ .

Определим  $h$  для луцильника и бороны.

Например, *луцильник ЛДГ-10А*:  $a = 80$  мм;  $\theta = 30^\circ$ .

*У ЛДГ-10А диаметр дисков  $D = 450$  мм, расстояние между дисками  $b = 170$  мм.*

$$\text{Тогда } h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - b^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \theta} = \frac{450}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{450^2 - 170^2 \cdot 1,73^2} = 35 \text{ мм.}$$

*Согласно агротехническим требованиям, высота гребней должна быть  $h \leq 0,5a$ , т. е.  $h \leq 0,5 \cdot 80 = 40$  мм.*

*По полученным данным  $h = 35$  мм, и, следовательно, высота гребней находится в допустимых пределах.*

*Для бороны БДТ:  $D = 660$  мм;  $b = 220$  мм;  $\theta = 22^\circ$ ;  $a = 160$  мм.*

$$h = \frac{660}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{660^2 - 220^2 \cdot 2,475^2} = 135 \text{ мм.}$$

Полученное значение  $h = 135$  мм  $> 0,5a = 80$  мм не удовлетворяет агротехническим требованиям. Это объясняется двумя причинами.

Во-первых, у дисковых борон угол атаки  $\theta$ , как правило, меньше, чем у луцильников. Кроме того, из-за большей глубины обработки у дисковых борон больше расстояние между дисками  $b$ . Вот почему для обеспечения условия  $h < 0,5a$  дисковые бороны делают двухследными (рис. 53). Сзади расположенные диски смещены в горизонтально-поперечной плоскости относительно передних на величину  $0,5a \cdot \cos \theta$ .

При расчете  $h$  по формуле (45) для двухследных дисковых борон полученное значение уменьшают на 0,5.

Тогда  $h = 135 \cdot 0,5 = 67,5 < 80,0$  мм, что удовлетворяет агротехническим требованиям.

Для работы в садах батареи устанавливают асимметрично.

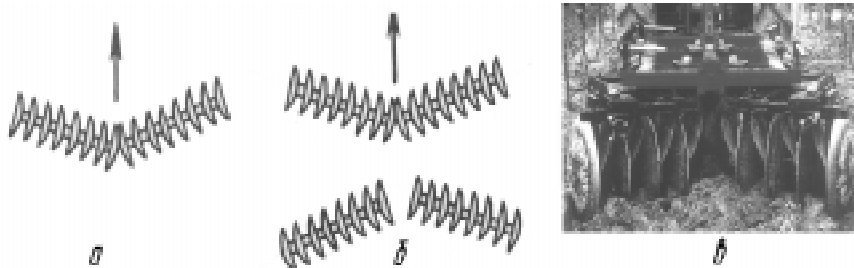


Рисунок 53 – Схемы размещения дисковых батарей:  
а – лушительник; б – борона; е – борона в работе

**Дискатор** — это название нового дискового орудия, предназначенного для минимальной основной и предпосевной обработок почвы без предварительной вспашки, а также для лушения стерни (рис. 54).

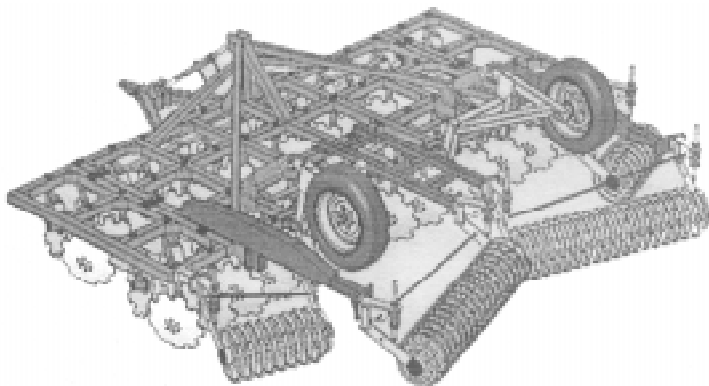


Рисунок 54 – Общий вид дискатора

Орудие принципиально отличается от применяемых дисковых борон тем, что диски установлены не перпендикулярно поверхности почвы, а наклонно, благодаря тому что каждый диск крепится к раме посредством индивидуальной стойки. Он выполняет тем самым роль лемеха с отвалами. Диаметр рабочих дисков 560 мм, толщина 8 мм.

Выпускается модельный ряд дискаторов: БДМ – 4х4; БДМ – 6х4; БДМ – 7х2. Модельный ряд орудий обеспечивает работу со всеми классами и типами тракторов.

Глубина обработки — 60...180 мм, рабочая скорость — 3...6 м/с.

Большим достоинством этого орудия является возможность качественной работы на сильно засоренных участках и при влажности почвы до 40...50%.

### ***Качественные показатели работы***

Дисковые рабочие органы должны выдерживать заданную глубину обработки, допускается отклонение не более  $\pm 20$  мм.

*Глубину обработки регулируют:*

- с помощью балластных грузов;
- с использованием гидравлических пружинных нажимных механизмов;
- варьированием угла атаки;
- изменением крепления поводковых рамок батарей к понизителям: присоединение к понизителям через нижние отверстия обеспечивает увеличение глубины, через верхние — уменьшение.

Обработанный слой почвы должен быть мелкокомковатым, с размерами комочков 10...50 мм.

Пожнивные остатки и сорные растения подрезаются полностью.

Качество подрезания зависит от угла атаки и скорости движения агрегата. Максимальное количество подрезанных растений соответствует максимальному углу атаки.

Отмечено, что с увеличением скорости движения дисковых орудий до 2 м/с эффективность подрезания возрастает, а при дальнейшем росте — снижается. Это объясняется эффектом «всплывания» дисковых рабочих органов. С увеличением скорости от 1,0 до 2,5 м/с глубина обработки уменьшается на 15...20%. При этом, чем меньше угол атаки, тем интенсивнее идет уменьшение глубины. Кроме того, при высоких скоростях существенно возрастает отбрасывание почвы дисками.

Удельное сопротивление дисковых лушпильников, т. е. сопротивление на 1 м ширины захвата, составляет 1,5...2,2 кН/м, легких борон — 2,0...3,0 кН/м, тяжелых борон — 4,0...6,0 кН/м.

## **4.4. Катки**

### **4.4.1. Назначение и классификация катков**

Катки предназначены для уплотнения почвы, дробления глыб, выравнивания поверхности, разрушения почвенной корки, прикатывания зеленых удобрений перед запахиванием (рис. 55).

Катки применяют самостоятельно, в агрегате с плугом и в составе комбинированных почвообрабатывающих агрегатов. Их используют как до, так и после посева. До посева они осуществляют выравнивание поверхности и уплотнение рыхлой, неосевшей почвы. Если этого не делать, то оседание почвы после посева приводит к разрыву корешков растений.



Рисунок 55 – Классификация катков

Прикатывание после посева улучшает контакт высеянных семян с почвой, способствует подтягиванию влаги к ним из нижних слоев, в результате чего семена быстрее прорастают.

В засушливых условиях прикатыванием снижают потери влаги за счет конвекционно-диффузного механизма испарения, который особенно проявляется на рыхлой почве.

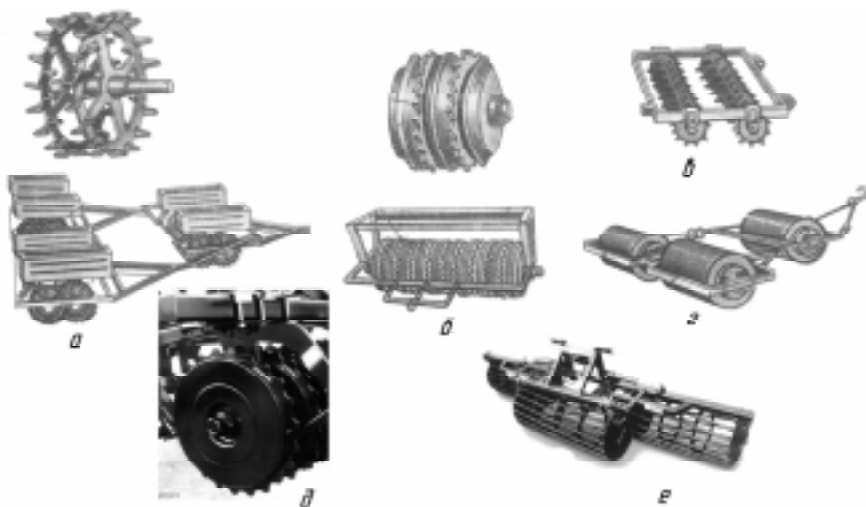
Прикатывание предохраняет почву от выдувания ветром.

#### ***Гладкий каток***

Каток (рис. 56, з) уплотняет поверхностный слой почвы на глубину 40...60 мм. Это пустотелый цилиндр диаметром 700...800 мм, внутреннюю полость которого можно заполнить водой для увеличения давления на почву. В зависимости от количества залитой воды от 0 до 500 л удельное давление меняется от 2,0 до 6,0 кН на 1 м длины катка.

Используют как тяжелые катки ЗКВГ-1,4, так и легкие СКГ-2-3.





*Рисунок 56 — Типы катков:*

*а — кольчато-шпоровый; б — кольчато-зубчатый;  
в — борончатый; г — гладкий; д — клинчатый (клиновидный); е — прутковый*

### ***Борончатый каток***

Как и гладкий, он выполнен в виде цилиндра, на котором по винтовой линии размещены зубья (в). Цилиндр уплотняет, а зубья рыхлят поверхностный слой и разрушают почвенную корку. На навесном борончатом катке КБН-3 установлены зубья диаметром 16 мм.

### ***Клинчатый каток***

Он состоит из дисков (колес) с клиновидной рабочей поверхностью (д). Острые клинья врезаются в почву, уплотняя ее нижний, подповерхностный слой. Остающиеся валики почвы после прохода катка образуют рыхлый поверхностный слой. Часто их делают из двух батарей. Клинья дисков второго ряда размещаются против канавок первого, что обеспечивает надежную очистку от почвы, раздавливание или удаление застрявших между дисками первого ряда почвенных комков.

### ***Кольчато-шпоровый каток***

Каток представляет собой набор дисков (колес) диаметром 450...550 мм, снабженных шпорами (а). Шпоры, углубляясь, уплотняют подповерхностный слой почвы, а выходя из нее, разрыхляют поверхностный слой. Он хорошо разрушает комки и выравнивает поверх-

ность вспаханного поля. Каждая секция катка состоит из двух расположенных одна за другой батарей с балластными ящиками. Диски задней батареи смещены относительно дисков передней батареи на половину шага, что улучшает самоочищение их от налипшей почвы и застрявших комков. Регулируя массу балласта, изменяют удельное давление от 2,7 до 4,7 кН на 1 м длины. Каток ЗКШ-6 имеет три секции общей шириной захвата 6,1 м.

#### ***Кольчато-зубчатый каток***

Каток (б) осуществляет уплотнение подповерхностного слоя почвы на глубину до 70 мм и рыхление поверхностного слоя. Он включает набор последовательно чередующихся дисков с клиновидной (кольчатой) и зубчатой рабочими поверхностями. Зубчатые диски имеют больший диаметр и посажены свободно. Так, на катке ККН-2,8 установлено десять клиновидных дисков диаметром 350 мм и десять зубчатых диаметром 366 мм. Удельное давление для этого катка 2,3 кН на 1 м длины. Имеются широкозахватные кольчато-зубчатые катки КЗК-10; К-10, имеющие по пять секций и диски диаметром 430; 470 мм.

#### ***Прутковый и пластинчатый катки***

Они представляют собой цилиндр, рабочая поверхность которого выполнена из прутков или пластин (ножей) (е). Прутки, пластины расположены под углом к оси цилиндра или по винтовой линии, что улучшает процесс выравнивания поверхности почвы. Ножевидные пластины хорошо разрушают комки почвы. Прутковые катки бывают диаметром 250; 450; 600; 900 мм с количеством прутков от семи до восемнадцати.

#### **4.4.2. Взаимодействие катка с почвой**

При перемещении катка в почве образуется колея глубиной  $h$  (рис. 57).

Элементы поверхности катка действуют на почву подобно граням клина с углами  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ . Частицы почвы  $a, b, c$  перемещаются по траектории  $aa_1, bb_1, cc_1$ .

Происходит их перемещение как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

При качении катка без скольжения он пройдет путь:

$$l = 2\pi rn, \quad (46)$$

где  $r$  — радиус катка, мм;

$n$  — число сделанных катком оборотов.

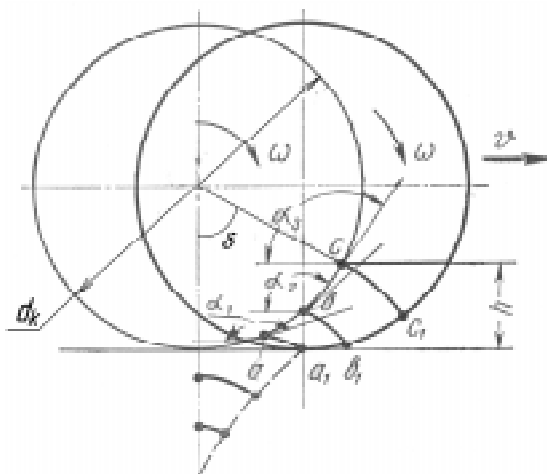


Рисунок 57 – Схема воздействия катка на частицы почвы

В случае перекатывания со скольжением:

$$l = 2\pi rn + \Delta l_{ск}, \quad (47)$$

где  $\Delta l_{ск}$  – длина пути, пройденного катком в результате скольжения.

Каток при встрече с комками почвы должен перекатываться через них, а не толкать их вперед. Не должен образовываться перед катком и почвенный валик. Это зависит прежде всего от диаметра катка.

Необходимо соблюдать следующее условие:

$$h \leq \frac{d_k}{2}(1 - \cos \delta) \leq \frac{d_k}{2}[1 - \cos(\varphi_1 + \varphi_2)], \quad (48)$$

где  $h$  – глубина колеи, при которой не образуется почвенный валик, мм;  
 $\varphi_1, \varphi_2$  – углы трения почвы о материал катка и почвы о почву;  
 $d_k$  – диаметр катка, мм.

При наличии на поверхности почвы комков диаметром  $d_{нк}$  диаметр катка определяют по следующей формуле:

$$d_{kmin} = d_{нк} \cdot \operatorname{ctg}^2(\delta/2). \quad (49)$$

Например: *определить минимальный диаметр катка при наличии на поверхности комков почвы диаметром  $d_{нк} = 50$  мм;  $\delta = \varphi_1 + \varphi_2 = 18^\circ + 22^\circ = 40^\circ$ .*

$$d_{kmin} = d_{нк} \cdot \operatorname{ctg}^2(\delta/2) = 50 \cdot \operatorname{ctg}^2 20^\circ = 378,0 \text{ мм.}$$

Для упрощения расчетов принимают  $d_k = (7,5 \dots 8,0) d_{нк}$ .

Плотность почвы (по глубине) зависит от диаметра катка, его массы, а также от состояния почвы и скорости движения.

При движении катка к его оси  $O$  (рис. 58) приложена сила тяги или толкающая сила  $P$ , а также сила тяжести  $G$ :

$$G = mg,$$

где  $m$  — масса катка в сборе, кг;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения.

Эти силы создают равнодействующую  $R'$ , которая пересекает дно борозды в некоторой точке  $a$ .

Под действием этой равнодействующей возникает реакция почвы  $R$ , направленная в противоположную сторону. Разложив силу  $R$  на вертикальную  $R_v$  и горизонтальную  $R_g$  составляющие, увидим, что на каток действуют две пары сил:  $P - R_g$  и  $G - R_v$ . Первая пара сил с плечом  $y_a$  образует движущий момент, вторая с плечом  $x_a$  — момент сопротивления.

Из уравнения равновесия системы:

$$P \cdot y_a = G \cdot x_a$$

находим:

$$P = \frac{G \cdot x_a}{y_a}. \quad (50)$$

Как видно из рисунка 58, с уменьшением глубины колеи  $h$  меньше становится плечо  $x_a$  и, следовательно, момент сопротивления  $Gx_a$ . С увеличением диаметра катка возрастает и плечо  $y_a$ , что приводит к уменьшению силы тяги  $P$ .

Чем больше диаметр катка  $d$  и его масса  $m$ , тем больше вертикальная составляющая  $R_v$  и тем глубже происходит приращение плотности почвы. Поэтому, если при использовании катков диаметром 200...250 мм наибольшее приращение плотности почвы наблюдается в слое до 50 мм, то для катков диаметром 400...500 мм — в слое 50...100 мм.

При увеличении рабочей скорости движения катка свыше 2,0...2,5 м/с наибольшее уплотнение получает слой, расположенный ближе к поверхности. Превышение плотности составляет 20...40% от первоначальной.

Удельное давление на почву определяют по формуле :

$$p = \frac{mg}{B_k}, \quad (51)$$

где  $m$  — масса катка, кг;

$B_k$  — ширина катка, м.

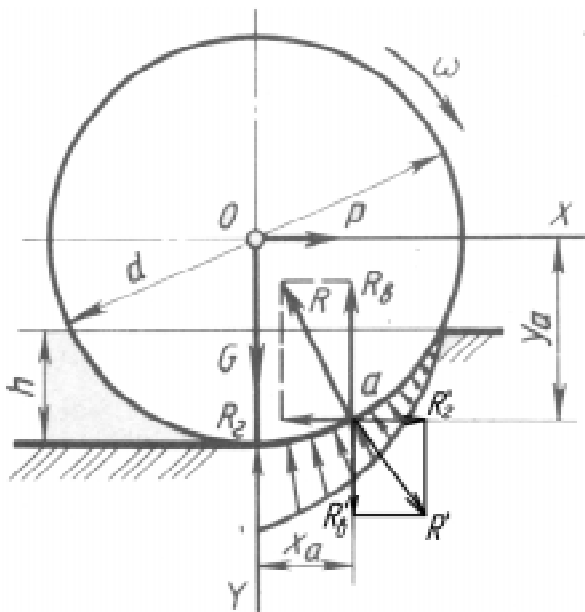


Рисунок 58 – Схема взаимодействия катка с почвой

Например, для катка *К-10* массой  $m = 5300$  кг и шириной захвата  $B_k = 10,8$  м:

$$p = \frac{mg}{B_k} = \frac{5300 \cdot 9,8}{10,8} = 4800 \text{ Н/м} = 4,8 \text{ кН/м}.$$

Тяговое сопротивление катка определяют по формуле Грандвуане-Горячкина:

$$P = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{G^4}{q \cdot B_k \cdot d^2}}, \quad (52)$$

где  $q$  – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м<sup>3</sup>; для рыхлой почвы  $q = 1000 \dots 2000$  кН/м<sup>3</sup> ( $1 \dots 2$  Н/см<sup>3</sup>);

$G = mg$  – сила тяжести катка, Н;

$d$  – диаметр катка, м.

На практике пользуются упрощенной формулой:

$$P = \mu \cdot G = \mu \cdot m \cdot g, \quad (53)$$

где  $\mu$  – коэффициент перекаtywания.

Величина  $\mu$  зависит от фона, на котором работают катки: стерня, луг —  $\mu = 0,15$ ; пар, обработанное поле —  $\mu = 0,20$ ; свежеспаханное поле —  $\mu = 0,25$ .

Например, для катка К-10:  $P = \mu \cdot m \cdot g = 0,20 \cdot 5300 \cdot 9,8 \approx 10400 \text{ Н} = 10,4 \text{ кН}$ .

Для кольчато-шпоровых и кольчато-зубчатых катков сопротивление качению возрастает примерно в 1,2 раза за счет шпор. Тогда  $P = 10,4 \cdot 1,2 = 12,5 \text{ кН}$ .

Следовательно, данный каток может агрегатироваться с тракторами класса тяги 14 кН (МТЗ).

## 4.5. Фрезы

Фрезы относятся к почвообрабатывающим машинам с активными рабочими органами. Они бывают с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Рабочие органы фрез — ножи. Их размещают равномерно по окружности на дисках. Диски с ножами собирают во фрезерные барабаны. Диаметр фрезерных барабанов 350...450 мм. Частота вращения барабана 4...6 с<sup>-1</sup>. Барабан закрыт кожухом с шарнирно установленными сзади граблями (выравнивателем). Ударяясь о них, происходит дополнительное измельчение комков почвы. Опорные колеса устанавливают по бокам фрезерного барабана. Изменением их положения регулируют глубину обработки почвы.

У полевых фрез с горизонтальной осью вращения используют, как правило, Г-образные ножи, которые имеют стойку и крыло (изогнутая часть). На диске устанавливают поочередно ножи с правым и левым крыльями. Ширина захвата крыла 45...150 мм. Для резания со скольжением лезвие стойки отклонено от радиуса диска на 30...40°, а лезвие крыла от направления движения — менее 60°. Крепление ножей к дискам шарнирное, но бывает жесткое и упругое. Шарнирное и упругое соединения эффективны при обработке почв, засоренных камнями. Г-образные ножи хорошо подрезают корневую систему, интенсивно рыхлят и частично перемешивают почву с внесенными удобрениями.

Ножи фрез с горизонтальной осью вращения в продольно-вертикальной плоскости, совпадающей с направлением движения. Привод осуществляется от ВОМ трактора через конический редуктор и раздаточный вал. Траектория движения точки ножа фрезы представляет собой циклоиду. Параметры и форма циклоиды зависят от показателя кинематического режима:

$$\lambda = \frac{U}{V}, \quad (54)$$

где  $U$  — линейная окружная скорость точки ножа, м/с;

$V$  — рабочая скорость движения фрезы, м/с.

Если  $\lambda > 1$ , траектория точки имеет форму удлинненной циклоиды, или эпициклоиды (рис. 59, *a*), при  $\lambda < 1$  циклоида будет укороченной, или гипоциклоидой (*б*).

Так как на одном диске равномерно по окружности закреплено несколько ножей, то точки их описывают одинаковые циклоиды  $A_1$ ;  $A_2$ ;  $A_3$  (*a*), но смещенные вперед по ходу движения.

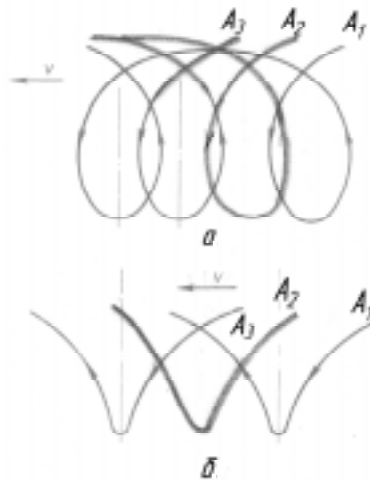


Рисунок 59 — Траектория движения точки ротационного рабочего органа:  
*a* —  $\lambda > 1$ ; *б* —  $\lambda < 1$ ;  $A_1, A_2, A_3$  — траектории точек, расположенных  
 по окружности ротационного рабочего органа

Так, если нож 1 (рис. 60) описывает при движении фрезы траекторию  $A_1$ , то нож 2 описывает траекторию  $A_2$ , смещенную по горизонтали на величину  $S_z$ , называемую подачей на нож.

*Подача* — это расстояние между точками вхождения соседних ножей в почву:

$$S_z = \frac{2\pi \cdot V}{\omega \cdot z}. \quad (55)$$

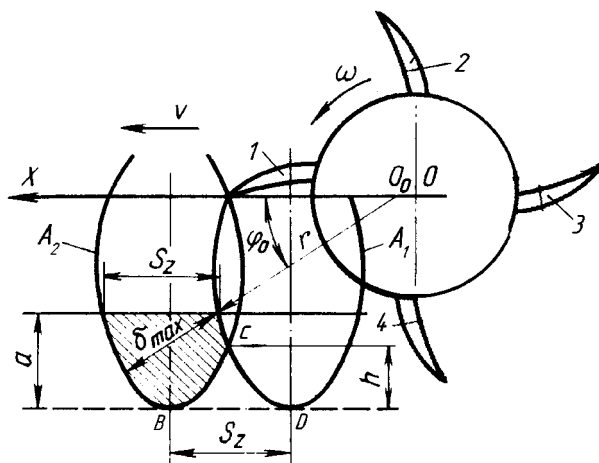


Рисунок 60 — Схема работы ножей фрезы:

1, 2, 3, 4 — ножи;  $A_1, A_2$  — траектории ножей 1 и 2;  $r$  — радиус фрезерного барабана

Умножив числитель и знаменатель на  $r$  и заменив  $\frac{U}{V}$  на  $\lambda$ , получим:

$$S_z = \frac{2\pi \cdot r \cdot V}{\omega \cdot r \cdot z} = \frac{2\pi \cdot r \cdot V}{U \cdot z} = \frac{2\pi \cdot r}{\lambda \cdot z}, \quad (56)$$

где  $r$  — радиус фрезерного барабана, м;

$z$  — число ножей на диске, шт.

Зная также, что  $\omega = 2\pi n$ :

$$S_z = \frac{2\pi \cdot r \cdot V}{2\pi \cdot n \cdot r \cdot z} = \frac{V}{n \cdot z},$$

где  $n$  — частота вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ .

Следовательно, подача для фрезы с радиусом  $r$  изменяется с изменением числа ножей на диске  $Z$ , частоты вращения барабана  $n$ , рабочей скорости движения фрезы  $V$ .

Например:  $V = 2 \text{ м/с}$ ;  $n = 6,25 \text{ с}^{-1}$ ;  $z = 4$ .

$$\text{Получим: } S_z = \frac{V}{n \cdot z} = \frac{2}{6,25 \cdot 4} = 0,08 \text{ м} = 8 \text{ см.}$$

При глубине обработки  $a$  петли соседних ножей пересекаются в точке  $C$ . Зона  $BCD$  остается необработанной. Высота гребней  $h$  зависит от подачи  $S_z$ : чем меньше величина  $S_z$ , тем меньше высота гребней  $h$ . Как видно из формулы (56), величина  $S_z$  уменьшается с увеличением  $\lambda$  и  $z$ . От подачи на нож зависит и толщина стружки  $\delta$ , а значит, и



степень крошения почвы. В процессе отрезания стружки ее толщина уменьшается от максимального ее значения  $\delta_{\max} = S_z \cdot \cos \varphi_0$  до нуля (сечение стружки заштриховано).

Качество работы фрезы оценивается по выровненности глубины обработки и степени крошения почвы. Вывороченность глубины определяют по высоте гребней  $h$ . В соответствии с агротехническими требованиями  $h \leq 0,2a$ .

Для интенсивной обработки почвы используют также фрезы с вертикальной осью вращения. Каждая фреза представляет собой горизонтальный диск, к которому крепят два или четыре вертикальных рыхлителя (долота) (рис. 61). Набор фрез расположен на линии, перпендикулярной направлению движения агрегата.

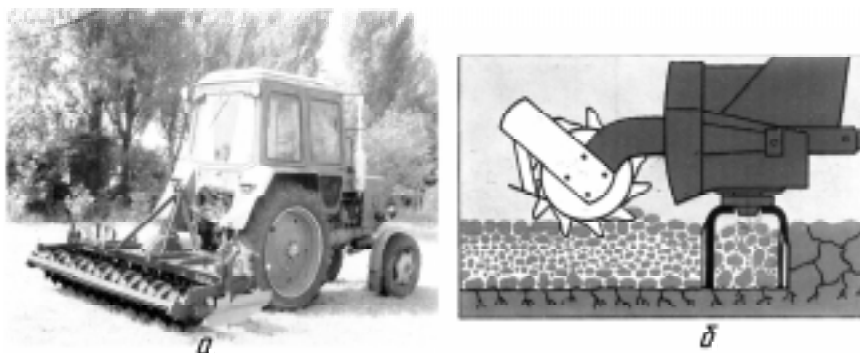


Рисунок 61 – Схема фрезы с вертикальной осью вращения:  
а – вид агрегата с фрезой КВФ-2,8; б – технологическая схема

Сзади фрезы, как правило, устанавливают каток. При такой комбинации культиватор вертикальный фрезерный (КВФ-2,8/4,2) за один проход готовит почву под посев. Предварительная обработка почвы выполняется плугами, плоскорезными или чизельными орудиями. Глубина обработки фрезой до 140 мм, привод от ВОМ трактора, частота вращения фрез  $5 \text{ с}^{-1}$ .

## **Глава 5. КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ АГРЕГАТЫ**

При использовании однооперационных машин приходится чаще передвигаться по полю машинно-тракторным агрегатам. А это приводит к переуплотнению почвы, ее распылению. Вот почему для выполнения технологических операций, которые можно совмещать по времени, созданы комбинированные агрегаты. Применение их повышает производительность, уменьшает сроки проведения полевых работ, снижает энергоемкость и производственные затраты, улучшает качественные показатели.

Однако при этом ухудшается маневренность, надежность более материалоёмкой техники, усложняется ее эксплуатация, техобслуживание и ремонт. Поэтому степень совмещения операций имеет определенные пределы.

Существует три основных принципа (типа) комбинирования (комбинированных агрегатов):

*I — агрегаты составляют из последовательно (эшелонированно) расположенных однооперационных машин и орудий. Их размещают спереди, сбоку и сзади энергетического средства.*

*II — на единой раме размещают в определенной последовательности определенный набор однооперационных рабочих органов и устройств.*

*III — единая рама приспособлена для размещения на ней в различной последовательности разного типа и количества рабочих органов, в том числе и комбинированных.*

Наибольшее распространение получили комбинированные агрегаты для основной и предпосевной обработок почвы.

### **5.1. Основная обработка**

#### **5.1.1. Агрегаты для отвальной обработки**

Лемешно-отвальные плуги при основной обработке почвы пассивными рабочими органами не обеспечивают требуемое качество крошения и перемешивания почвы. Для более качественной обработки, сокращения проходов тракторов по поверхности вспаханного поля,

снижения затрат лемешно-отвальные плуги снабжают орудиями дополнительной обработки.

Комбинирование пахотных агрегатов осуществляют, как правило, по первому принципу. Наиболее простым комбинированным агрегатом является пахотно-бороновальный, состоящий из лемешно-отвального плуга и зубовой бороны. В агрегате с плугом используют также дисковые и ротационные бороны. Эффективна комбинация плуга с катками: кольчато-шпоровыми, кольчато-зубчатыми, пластинчатыми.

Однако данные комбинации орудий недостаточно перемешивают верхний слой почвы при внесении удобрений.

Для этих целей предложено приспособление к плугу в виде фрез, получающих вращение от взаимодействия с почвой.

Комбинированный пахотный агрегат состоит из рамы плуга 1 (рис. 62) с копирующим колесом 2. На раме расположены лемешные корпуса 3, 4, 5, 6. К косо поставленному брусу рамы закреплены на кронштейнах 7 и 8 фрезы 9 и 10. Причем фреза 9 эшелонированно расположена за парой корпусов 3 и 4, а фреза 10 — за корпусами 5 и 6.

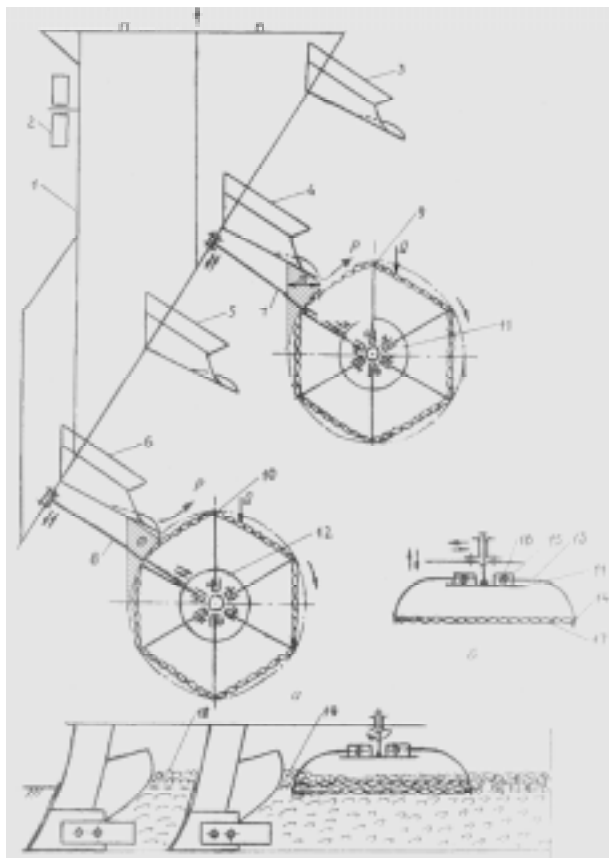
На вертикальных валах фрез устанавливают горизонтальные диски 11 и 12, на которых равномерно по окружности размещены стойки 13 с лапами 14. Стойки 13 вставлены в держатели 15 и заstopорены болтами с контргайками 16. Лапы долотовидные или стрелчатые. Все лапы последовательно соединены по окружности натянутой круглозвенной цепью 17. Цепь может устанавливаться в два яруса. Фрезы с лапами имеют возможность перемещаться вместе с кронштейнами 7 и 8. Это позволяет изменять местоположение фрезы и глубину хода лап.

При использовании плугов с шестью корпусами устанавливают три фрезы, с восемью — четыре фрезы диаметром 800 мм. Перед работой агрегата регулируют необходимую глубину хода корпусов плуга. Перемешиванием фрез с кронштейнами 7 и 8 вверх и вниз относительно рамы 1 устанавливают глубину хода лап с гибкими элементами 17. Она должна достигать 7...10 см. Смещением фрезы влево-вправо добиваются, чтобы часть захвата каждой фрезы шириной  $m$  размещалась непосредственно за задним, обслуживаемым фрезой корпусом плуга, т. е. в теневой, свободной от почвы зоне.

В процессе движения агрегата лемешные корпуса срезают пласты почвы и сдвигают их вправо. При этом пласту почвы, отбрасываемому в сторону, сообщается сила  $P$ , действующая на цепь фрезы.

Кроме того, на фрезу действует суммарная сила давления пласта почвы  $Q$ , смещенная вправо от оси ввиду наличия теневой зоны  $m$ .

Эти силы создают суммарный момент в горизонтальной плоскости, обеспечивающий вращение фрезы.



*Рисунок 62 – Комбинированный пахотный агрегат:*

*1 – рама; 2 – колесо; 3, 4, 5, 6 – корпуса; 7, 8 – кронштейны; 9, 10 – фрезы; 11, 12 – диски; 13 – стойка; 14 – лапа; 15 – держатель; 16 – стопорные болты; 17 – цепь; 18, 19 – гребни почвы*

Величина момента, обеспечивающего вращение фрезы в горизонтальной плоскости, зависит от скорости агрегата, глубины пахоты, ширины цепи, радиуса фрезы, ширины теневой зоны ( $m$ ), а также от технологических свойств почвы.

Вращающиеся фрезы лапами с гибкими элементами срезают гребни 18, 19, образованные корпусами, крошат почву. Перемещение их как в продольном, так и в поперечном направлениях обеспечивает более ка-

чественное выравнивание поверхности, равномерное распределение и перемешивание с почвой внесенных удобрений. Выровненная поверхность уменьшает площадь испарения и тем самым обеспечивает сохранение запасов почвенной влаги.

### 5.1.2. Агрегаты для безотвальной обработки

Известно, что глинистые и суглинистые черноземные и каштановые почвы уплотняются в пахотном горизонте неравномерно. Ввиду наличия разветвленной корневой системы верхний слой до 100...150 мм уплотняется меньше, чем более нижний. Поэтому во избежание образования глыб сплошному рыхлению плоскорезами подвергается только верхний слой, нижний же обрабатывается с помощью щелевателей или глубокорыхлителей. Такую технологию безотвальной обработки почвы осуществляет комбинированный плоскорез-щелеватель (рис. 63).

Для улучшения заглубляемости лап и исключения обволакивания их стоек растительными остатками перед ними установлены дисковые ножи. Ширина захвата лап — 800 мм, угол раствора лезвий лемехов —  $75^\circ$ , угол крошения —  $26^\circ$ .

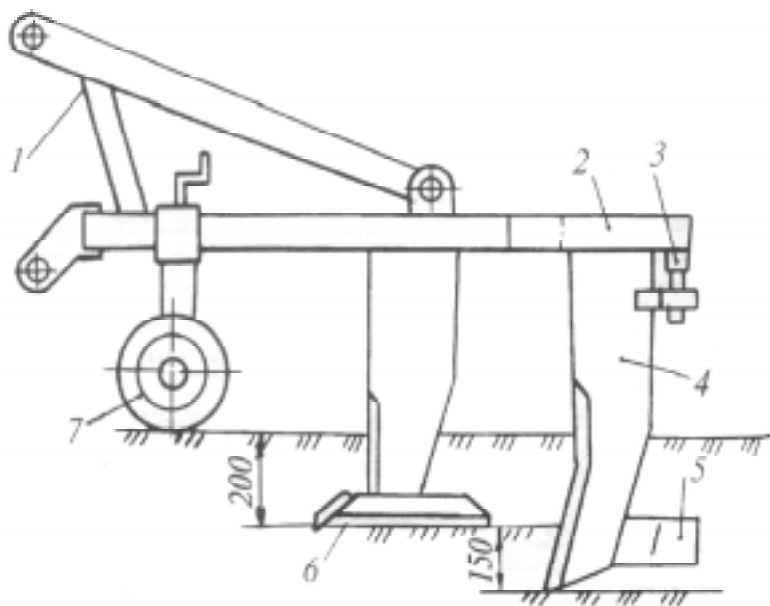


Рисунок 63 — Комбинированный плоскорез-щелеватель:

1 — навеска; 2 — рама; 3 — упор; 4 — щелерез; 5 — уширитель щели; 6 — лапа; 7 — колесо

Глубина обработки плоскорежущими лапами 150...200 мм, щелевателями (глубокорыхлителями) — до 300...350 мм. Плоскорезно-щелевая обработка особенно эффективна при совместном проявлении ветровой и водной эрозии почвы.

## **5.2. Поверхностная обработка**

Комбинированные агрегаты для поверхностной обработки почвы (компакторы) создаются в основном по третьему принципу. Они изготавливаются в зависимости от рабочей ширины навесными жесткими или полунавесными складными. На единой раме можно формировать несколько вариантов набора рабочих органов как по количеству, так и по последовательности их размещения. Все это делается в зависимости от конкретных задач и условий работы. Такие агрегаты имеют большие технологические возможности во все периоды полевых работ, начиная с послеуборочного рыхления стерни, подготовки почвы под посев и заканчивая почвозащитной обработкой.

В набор комбинированных агрегатов входят дисковые и игольчатые секции, плоскорежущие лапы, выравниватели, стрельчатые лапы, пружинные рыхлительные лапы, катки разных модификаций, щелеватели (рис. 64).

Чаще всего в комбинированных агрегатах первыми рабочими органами, которые начинают обработку почвы, являются дисковые со сферическими, гладкими или игольчатыми дисками. Они ведут поверхностную обработку, частичное выравнивание поверхности, существенно уменьшая энергозатраты сзади идущих плоскорежущих или стрельчатых лап. Диски используются в составе батарей, размещаются на раме в один или два ряда и обрабатывают почву на глубину 50...80 мм. Лапы подрезают корни сорняков и рыхлят почву на глубину 80...150 мм.

Предварительное накалывание почвы игольчатыми дисками вносит положительное изменение в процесс подрезания и рыхления почвы плоскорежущими и стрельчатыми лапами. Скалывание и крошение пласта при этом происходит не произвольно по сечениям наименьшего сопротивления, а в зависимости от частоты и глубины расположения наколов, которые могут быть выбраны в зависимости от состояния почвы. Наколы являются концентраторами напряжений. Происходит более эффективное крошение почвы.

Лапы устанавливают на разную глубину: в первом и третьем рядах — на меньшую, а во втором — на большую. Вначале идет предварительное

разрушение комков и глыб, второй ряд лап подрезает сорняки, а третий — доразрушает комки. S-образные стойки создают вибрацию, способствующую измельчению комков и освобождающую их от растительных остатков. Выравниватели устанавливают на пружинной подвеске. Катки, расположенные сзади, измельчают оставшиеся комки почвы, обеспечивая мелкокомковатую и уплотненную структуру.

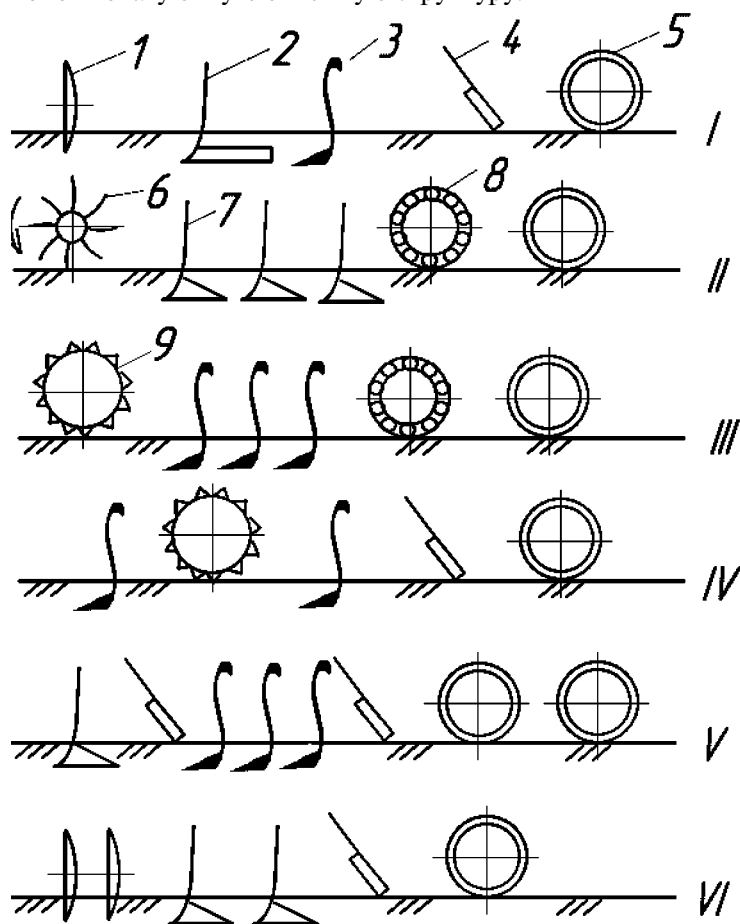


Рисунок 64 — Технологические схемы комбинированных почвообрабатывающих агрегатов:

I, II, III, IV, V, VI — варианты;

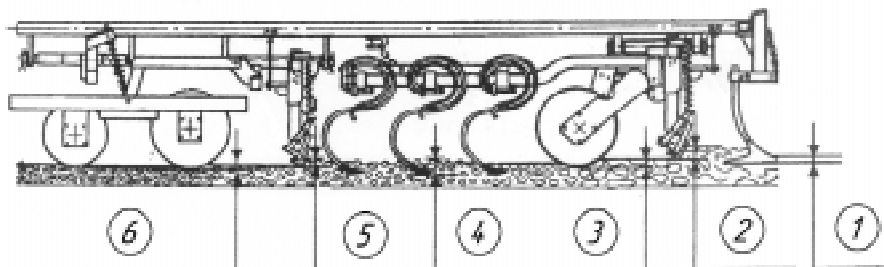
1 — диск гладкий; 2 — плоскорежущая лапа; 3 — пружинная рыхлительная лапа; 4 — выравниватель;

5 — каток кольчато-шпоровый; 6 — диск игольчатый; 7 — стрелчатая лапа;

8 — каток прутковый (пластинчатый); 9 — каток кольчато-зубчатый (клинчатый)

Начинается воздействие на почву дисковыми рабочими органами и заканчивается пластинчатыми катками, которые завершают процесс крошения, выравнивания и уплотнения почвы.

На рисунке 65 представлена технологическая схема работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата АКШ-6Г.



*Рисунок 65* – Технологическая схема комбинированного почвообрабатывающего агрегата АКШ-6Г:

1 – рыление уплотненного следа трактора (0...10 см); 2 – предварительное выравнивание поверхности почвы (0...4 см); 3 – предварительное разрушение комков и глыб и их измельчение (0...4 см); 4 – рыление почвы и уничтожение сорняков (2...10 см); 5 – окончательное выравнивание поверхности почвы (0...4 см); 6 – уплотнение почвы под посев



## Глава 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

### 6.1. Отвальная обработка (вспашка)

На четвертом-пятом проходах агрегата и после окончания работы проводят определение качественных показателей: глубины обработки, выравнинности поверхности, глыбистости, слитности пашни, отклонения фактической ширины захвата плуга от конструктивной, степени заделки растительных остатков.

#### *Глубина обработки*

В процессе работы ее определяют по высоте стенки борозды, оставленной задним корпусом плуга. Это делают с помощью специального бороздомера или линейками (рис. 66, *а*), предварительно очистив дно борозды от осыпавшейся почвы и разровняв верхний край стенки борозды. Проводят до 20 замеров: 10 в прямом и 10 в обратном направлениях движения пахотного агрегата.

На вспаханном поле измерение глубины осуществляют по диагонали участка. Линейку (стержень) опускают до уплотненного дна, разровняв предварительно поверхность пашни.

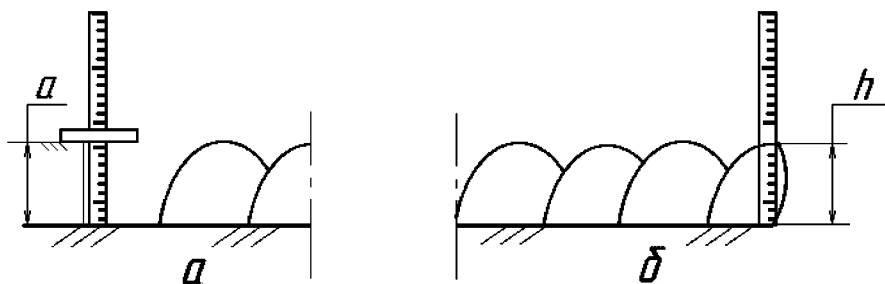


Рисунок 66 – Схемы определения глубины вспашки:  
*а* – при вспашке; *б* – после вспашки

Глубину обработки *а* определяют с учетом вспушенности почвы после пахоты:  $a = h - k_g \cdot a$ , то есть уменьшают полученное значение

$h$  на величину вспушенности. Коэффициент вспушенности  $k_g$  вычисляют по формуле:

$$k_g = \frac{h}{a} - 1, \quad (57)$$

где  $a$  — глубина пахоты, замеряется по открытой стенке борозды, м;  
 $h$  — высота вспаханного слоя почвы, м.

**Например,** после замеров получили средние значения:  $a = 0,25$  м;  
 $h = 0,30$  м.

$$\text{Тогда } k_g = \frac{h}{a} - 1 = \frac{0,30}{0,25} - 1 = 0,2.$$

Следовательно, при определении глубины пахоты по вспаханному полю, зная коэффициент вспушенности, получим:

$$a = h - k_g \cdot a; \quad a + k_g \cdot a = h;$$

$$a = \frac{h}{1 + k_g}; \quad a = \frac{0,30}{1 + 0,2} = \frac{0,30}{1,2} = 0,25 \text{ м.}$$

Допускается отклонение фактической глубины вспашки от заданной  $\pm 0,02$  м или  $\pm 8\%$ .

Важным является также показатель стабильности глубины вспашки, который определяется по формуле:

$$P_z = 100 - \frac{S}{a_{cp}} \cdot 100, \%, \quad (58)$$

где  $S$  — среднеквадратическое отклонение, м;

$a_{cp}$  — среднее значение глубины вспашки, м.

Например, после десяти замеров получили следующие значения глубины вспашки, м: 0,25; 0,20; 0,23; 0,21; 0,24; 0,26; 0,28; 0,19; 0,21; 0,23.

$$a_{cp} = \frac{\sum a_i}{n} = \frac{2,3}{10} = 0,23 \text{ м.}$$

Фактическая глубина вспашки 0,23 м отличается от заданной 0,25 м на  $0,25 - 0,23 = 0,02$  м, что удовлетворяет агротехническим требованиям.

Среднеквадратическое отклонение находим по упрощенной формуле:

$$S = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{k}, \quad (59)$$

где  $a_{\max}$ ,  $a_{\min}$  — максимальное и минимальное значения глубины вспашки, м;

$k$  – коэффициент, изменяющийся в зависимости от количества проведенных замеров  $n$ .

При  $n=5$   $k=2$ ;  $n=6...10$   $k=3$ ;  $n=11...25$   $k=4$ ;  $n=26...50$   $k=5$ ;  $n>50$   $k=6$ .

$$\text{Тогда } S = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{k} = \frac{0,28 - 0,19}{3} = 0,03.$$

$$П_z = 100 - \frac{0,03}{0,23} \cdot 100 = 87,0\%, \text{ что в пределах допустимого.}$$

Показатель стабильности глубины должен быть более 80%.

### **Выровненность поверхности поля, гребнистость**

Выровненность определяют с помощью простого приспособления, состоящего из двух колышков, соединенных между собой гибким шнуром длиной 10 м. К концу шнура крепят мерную ленту длиной 3 м. На пашне устанавливают один колышек, поперек направления вспашки натягивают шнур и устанавливают второй колышек (рис. 67). Затем от него отсоединяют шнур и укладывают его на поверхность поля так, чтобы он копировал все неровности. Определяют с помощью прикрепленной к шнуру мерной ленты, также уложенной на поверхность, расстояние от конца шнура до второго колышка  $AO = l_z$ .

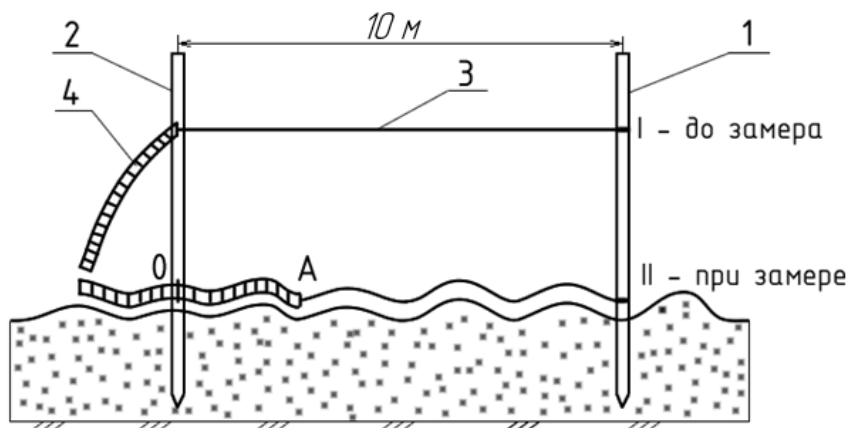


Рисунок 67 – Схема определения гребнистости почвы:  
1, 2 – колышки; 3 – шнур; 4 – мерная лента

По полученным усредненным данным пяти замеров определяют степень выровненности поверхности поля:  $C_z = 100 - 10 \cdot l_z, \%$ .

Например, при замерах получили среднее значение  $l_z = 1,62$  м.

Тогда  $C_z = 100 - 10 \cdot 1,62 = 83,8\%$ .

Степень выровненности поверхности вспаханного поля должна быть более 80%.

### **Глыбистость**

Определяют глыбистость с помощью рамки площадью 1 м<sup>2</sup> и линейки. В пяти местах вспаханного поля в пределах рамки подсчитывают площадь глыб крупнее 0,1 м. Показатель глыбистости определяют по формуле:

$$Г = 100P_z, \%,$$

где  $P_z$  — среднее значение площади глыб более 0,1 м по пяти площадкам, м<sup>2</sup>.

Например, на площадке 1 м<sup>2</sup> находится 12 глыб с размерами более 0,1 м общей площадью 0,16 м<sup>2</sup>.

Тогда  $Г = 100 \cdot 0,16 = 16\%$ .

Показатель глыбистости не должен превышать 20%.

### **Отклонение фактической ширины захвата плуга от конструктивной**

На невспаханной части поля устанавливают до 10 колышков через 2 м на расстоянии от края борозды предыдущего прохода, несколько большем ширины захвата плуга. Замеряют расстояние от колышков до стенки борозды предыдущего прохода  $A_i$  (рис. 68).

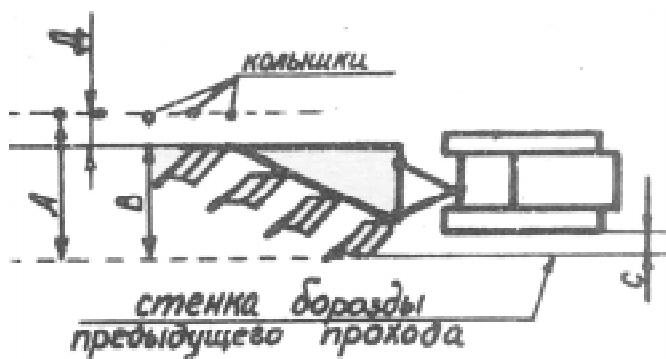


Рисунок 68 — Схема определения фактической ширины захвата плуга

После следующего рабочего прохода агрегата замеряют расстояние от этих же колышков до вновь образованной стенки борозды  $L_i$ . Разность ( $A_i - L_i$ ) и есть фактическая ширина захвата плуга  $B_i$ . По полученным данным находят среднее значение  $B_{cp}$ .

Отклонение фактической ширины захвата от конструктивной:

$$O_{\Pi} = \frac{B_{cp} - B_n}{B_n} \cdot 100, \%, \quad (60)$$

где  $B_n$  – конструктивная ширина захвата плуга, м.

Например, замеры, проведенные после работы плуга ПЛН-4-35, имеющего  $B_n = 1,4$  м, показали  $B_{cp} = 1,54$  м.

$$\text{Тогда } O_{\Pi} = \frac{B_{cp} - B_n}{B_n} \cdot 100 = \frac{1,54 - 1,4}{1,4} \cdot 100 = 10\%.$$

Отклонение  $O_{\Pi}$  не должно превышать 10%.

### **Слитность пашни**

Пашня считается слитной, если расстояние между гребнями и их высота одинаковы, причем как внутри каждого прохода, так и между смежными проходами. Определяют ее как измерением расстояния между гребнями, так и путем замера ширины захвата переднего корпуса плуга.

Ширину захвата определяют при остановленном на поле агрегате. Измеряют расстояние от стенки борозды предыдущего прохода до полевого обреза переднего корпуса плуга  $B_1$ . Эта величина должна равняться конструктивной ширине захвата корпуса плуга:  $B_1 = b_k$ .

Например, для плуга ПЛН-4-35 ширина захвата корпуса  $b_k = 0,35$  м.

В случае несоответствия фактического захвата конструктивному изменяют положение трактора в процессе работы относительно стенки борозды.

### **Степень заделки растительных остатков**

В процессе пахоты основная масса растительных остатков, стерни, органических удобрений должна быть заделана полностью на глубину 120...150 мм. Степень заделки должна быть не менее 97%. Допускаются единичные случаи неполной заделки. В противном случае проверяют установку предплужников и корректируют рабочую скорость движения пахотного агрегата.

## **6.2. Безотвальная обработка**

### **6.2.1. Плоскорезная**

При плоскорезной обработке почвы определяют следующие качественные показатели: глубину рыхления и ее стабильность, степень сохранения стерни, степень подрезания сорняков, глыбистость, греб-

нистость поверхности поля, величину перекрытия лап между смежными проходами.

### ***Глубина рыхления***

Глубину рыхления замеряют на расстоянии 250...300 мм от следов стоек не менее чем в 20 местах по диагонали обработанного поля. Измерительный металлический стержень втыкают вертикально в почву до упора в дно. Полученное среднее значение уменьшают на величину вспушенности почвы, которая составляет 20...25%. Отклонение фактической глубины рыхления от заданной не должно превышать  $\pm 7\%$ , или  $\pm 10$  мм при глубине рыхления 150 мм,  $\pm 15$  мм – 220 мм и  $\pm 20$  мм – 300 мм. Показатель стабильности глубины рыхления определяют, как и при вспашке. Можно придерживаться и такого требования: полученные значения глубины рыхления должны отличаться от среднего значения не более чем на  $\pm 10\%$ .

### ***Степень сохранения стерни***

По ширине захвата агрегата замеряют ширину каждой поврежденной и засыпанной полосы. Повреждение гусеницами и колесами не учитывают. Затем по суммарной ширине полосы  $C_{II}$  и ширине захвата агрегата  $B_3$  определяют степень сохранения стерни  $C_{cc}$ :

$$C_{cc} = \frac{B_3 - C_{II}}{B_3} \cdot 100, \%. \quad (61)$$

Например, *после прохода культиватора-плоскореза шириной захвата 2,5 м суммарная ширина полос с поврежденной стерней составила 0,30 м.*

$$\text{Тогда } C_{cc} = \frac{B_3 - C_{II}}{B_3} \cdot 100 = \frac{2,5 - 0,3}{2,5} \cdot 100 = 88\% .$$

Степень сохранения стерни при глубине рыхления до 160 мм должна быть не менее 85%, свыше 160 мм – не менее 75...80%.

Должно обеспечиваться полное подрезание сорняков, хорошее крошение почвы. Содержание комков размером меньше 50 мм должно быть более 80%.

На поле допускаются в стыке проходов лап гребни высотой до 50 мм, а в местах перемещения стоек – борозды шириной по верху не более 200 мм и глубиной до 80 мм.

Величина перекрытия лап между смежными проходами агрегата должна быть не менее 200 мм. Это исключает огрехи и необработанные полосы.

### 6.2.2. Чизельная обработка, щелевание

Допустимые отклонения по глубине обработки до 400 мм – не более  $\pm 20$  мм, при глубине свыше 400 мм –  $\pm 30$  мм.

Количество глыб более 50 мм не должно превышать 20%. Степень подрезания сорняков при чизельной обработке 95...100%.

Плотность почвы в обрабатываемом слое, г/см<sup>3</sup>:

– до обработки: 1,3...1,5;

– после обработки: 1,1...1,25.

Повреждение стерни или растений при щелевании должно быть не более 10%.

### 6.3. Поверхностная обработка

Глубина рыхления почвы должна быть одинаковой по всей ширине захвата агрегата и соответствовать заданной. Допускается отклонение не более  $\pm 10$  мм.

В обработанном слое почвы не должно быть комков более 30 мм.

Не допускается вынос нижних, более влажных слоев почвы на поверхность, оголение их.

Поверхность должна быть ровной, без борозд и валиков, существенно увеличивающих площади испарения и способствующих водной эрозии почвы.

Сорняки подрезаются полностью. Смежные проходы агрегата перекрываются на 150...200 мм, пропуски и огрехи не допускаются.

Степень выноса влажной почвы на дневную поверхность:

$$C_a = \frac{P_a}{P_y} \cdot 100, \% \quad (62)$$

где  $P_a$  – площадь, занятая вынесенной влажной почвой, м<sup>2</sup>;

$P_y$  – учетная площадь, м<sup>2</sup>.

Вынесенная на поверхность влажная почва более темная, и она хорошо выделяется, что упрощает определение занятой ею площади.

Например, *после прохода стрельчатой лапы на учетной площади 1 м<sup>2</sup> выявлены четыре площадки по 0,1 x 0,1 м влажной почвы.*

$$\text{Тогда } C_a = \frac{4 \cdot (0,1 \cdot 0,1)}{1} \cdot 100 = 4\%.$$

Допустимое значение  $C_a$  не должно превышать 5%.

**Техническая характеристика некоторых плугов, культиваторов  
для сплошной обработки почвы и комбинированных агрегатов**

| Марка   | Ширина захвата, м  | Максимальная глубина обработки, см | Диапазон рабочих скоростей, м/с | Производительность, га/ч              | Масса, кг            | Агрегатирование (класс тяги), кН |
|---|--------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Плуг навесной ПН-3-35   | 1,05               | 30                                 | 2,0...3,0                       | 0,75...0,9                            | 445                  | 14                               |
| Плуг навесной ПН-4-35   | 1,4                | 30                                 | 2,0...3,0                       | 1,0...1,3                             | 720                  | 30                               |
| Плуг навесной универсальный ПНУ-5-35                                  | 1,5                | 30                                 | 1,0...3,0                       | 1,2...1,5                             | 1096                 | 30                               |
| Плуг навесной ПН-8-35   | 2,8                | 27                                 | 2,0...2,5                       | 1,9...2,2                             | 1970                 | 50                               |
| Плуг полунавесной ПТК-9-35  | 3,15               | 30                                 | 2,0...3,0                       | 2,1...3,0                             | 2780                 | 50                               |
| Плуг навесной универсальный ПНУ-8-40                                  | 3,2                | 30                                 | 2,0...3,0                       | 2,2...3,2                             | 2150                 | 50                               |
| Культиватор КПС-4   | 4,0                | 12                                 | 2,5...3,0                       | 2,8...4,0                             | 970                  | 14...30                          |
| Культиватор широкозахватный с S-образными лапами КШП-8                | 8,4<br>6,0<br>3,6  | 12                                 | 2,5...3,0                       | 2,6...9,0                             | 1760                 | 14...30                          |
| Навесной универсальный культиватор-плоскорез КПУ-400                  | 2,0<br>3,0<br>4,0  | 30<br>24<br>16                     | 1,5...2,0                       | 1,3...1,9                             | 760                  | 14...30                          |
| Культиватор-плоскорез навесной КПП-5                                  | 4,57               | 16                                 | 2,0...2,5                       | 3,1...3,6                             | 900                  | 30                               |
| Культиватор-плоскорез широкозахватный секционный полунавесной КПП-9   | 6,4<br>8,2         | 16                                 | 2,5...3,0                       | 6,5...7,5                             | 2100<br>2250         | 30...50                          |
| Орудие для обработки многолетних трав ОПТ-3-5                         | 2,77<br>4,57       | 16                                 | 2,5...3,0                       | 2,1...4,0                             | 820<br>1200          | 30...50                          |
| Культиватор прицепной со штанговым приспособлением КПЭ-3,8В           | 3,8                | 16                                 | 2,0...2,5                       | 2,6...3,2                             | 1000                 | 30...50                          |
| Культиватор тяжелый секционный: КТС-10-1<br>КТС-10-2                  | 6,0<br>11,2        | 16                                 | 2,5                             | 5,4<br>10,5                           | 2000<br>3000         | 30<br>50                         |
| Культиватор штанговый прицепной КШ-3,6А                               | 3,6                | 10                                 | 2,0...2,5                       | 2,5...3,0                             | 450                  | 14...20                          |
| Культиватор комбинированный прицепной ККП-4,5                         | 4,5                | 18                                 | 2,0...2,5                       | 3,4...4,1                             | 1700                 | 14...20                          |
| Чизель-культиватор с приспособлением для внесения удобрений ЧКУ-4     | 4,0                | 18                                 | 1,5...2,0                       | 2,2...2,8                             | 1700                 | 30                               |
| Культиватор фрезерный для глубокого рыхления заплывающих почв КФГ-3,6 | 3,6                | 18                                 | 1,5...2,0                       | 15...2,4                              | 1510                 | 30                               |
| Культиватор широкозахватный КШУ-12                                    | 12,0<br>8,2<br>4,0 | 12                                 | 2,5...3,0                       | 10,0...14,4<br>4,7...9,6<br>5,0...7,2 | 3329<br>2552<br>2118 | 30<br>20...30<br>20...30         |
| Агрегат комбинированный КАО-10  | 3,2                | 35                                 | 2,0...2,5                       | 2,8...3,5                             | 1650                 | 50                               |
| Агрегат комбинированный АКМ-6   | 6,0                | 16                                 | 2,0                             | 4,3                                   | 3900                 | 50                               |
| Агрегат комбинированный КУМ-4   | 4,0                | 16                                 | 2,0                             | 2,9                                   | 2800                 | 30                               |
| Агрегат комбинированный АКШ-6Г  | 6,0                | 10                                 | 2,5                             | 5,4                                   | 4100                 | 30                               |



## **Контрольные вопросы и задания**

### **Глава 1**

1. Что представляет собой рало, соха?
2. Назовите, из каких фаз состоит почва.
3. Как классифицируются почвы по механическому составу?
4. Типы почв в зависимости от размеров почвенных агрегатов.
5. Как определить плотность и твердость почвы?
6. Назовите способы определения коэффициентов внутреннего и внешнего трения.
7. Что такое липкость почвы и от чего она зависит? Отличие силы прилипания от силы трения.
8. Абразивность почвы.

### **Глава 2**

1. Назовите способы воздействия на почву.
2. Технологии механической обработки почвы.
3. Виды обработок почвы, их назначение.
4. Виды вспашки почвы.

### **Глава 3**

1. Представьте схематично взаимодействие трехгранного клина с почвой.
2. Состав лемешно-отвального корпуса плуга.
3. Типы лемехов.
4. Типы отвалов.
5. Назначение углоснима, предплужника, полевой доски.
6. Представьте схему сил, действующих на корпус плуга.
7. Нетрадиционные корпуса плуга.
8. Условие устойчивого положения пласта почвы.
9. Схема размещения рабочих органов на плуге.
10. Как зависит удельная материалоемкость навесных плугов от числа корпусов и ширины захвата корпуса?
11. Определите, с каким трактором (какого класса тяги) должен агрегатироваться плуг ПЛН-4-35 при работе на почвах с удельным сопротивлением 60 кПа и глубиной вспашки 0,3 м.
12. Что представляет собой плуг вагонного типа?
13. Плуги для гладкой пахоты.

14. Условия устойчивого хода плуга.
15. Тяговые сопротивления плуга. Формула В.П. Горячкина. КПД плуга.
16. Что представляет собой линейный и фронтальный плуги?
17. Представьте схему рабочего процесса фронтального плуга.
18. Характеристика чизельных плугов.
19. Что представляет собой дисковый плуг?
20. Назначение культиваторов-плоскорезов.
21. Пределы изменения угла раствора лезвий лапы плоскореза. От чего они зависят?
22. Рабочие органы чизельных орудий.
23. Схемы образования и разрушения плужной подошвы.
24. Виды деформации почвы чизельного орудия.
25. Что такое блокированное, полусвободное и свободное резание?
26. Варианты расстановки рабочих органов на раме чизельного орудия.

#### **Глава 4**

1. Типы зубьев плоской бороны.
2. Представьте схемы сил, действующих на ребро зуба бороны при  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\alpha > 90^\circ$ ;  $\alpha < 90^\circ$ .
3. Представьте схему сил, действующих на плоскую зубовую борону.
4. Рабочие органы ротационной зубовой бороны.
5. Схема воздействия игольчатого диска на почву: пассивное, активное.
6. Задачи лущения почвы.
7. Типы дисков дисковой бороны.
8. Какая существует зависимость расстояния между соседними дисками от глубины обработки почвы?
9. Чем отличаются и почему размещение дисковых батарей на лущильнике и бороне?
10. Что такое дискатор?
11. Назначение и классификация катков.
12. Представьте схему взаимодействия катка с почвой.
13. Как определить тяговое сопротивление катка?
14. Назначение и классификация фрез.
15. Показатель кинематического режима фрезы.
16. Что такое подача, как она определяется?

## **Глава 5**

1. Назовите три основных принципа комбинирования агрегатов.
2. Комбинированные агрегаты для отвальной обработки почвы.
3. Комбинированные агрегаты для безотвальной обработки почвы.
4. Представьте технологические схемы комбинированных агрегатов для поверхностной обработки почвы.
5. Преимущества комбинированных агрегатов.

## **Глава 6**

1. Определение глубины обработки почвы, показатель стабильности глубины.
2. Представьте схему определения гребнистости почвы.
3. Как определить отклонение фактической ширины захвата плуга от конструктивной?
4. Что такое слитность пашни, чем она характеризуется?
5. Определите степень сохранения стерни после прохода культиватора-плоскореза с одной лапой шириной захвата 2,5 м.
6. Определите степень выноса влажной почвы на поверхность: на учетной площадке 1 м<sup>2</sup> выявлены четыре площадки по 0,1 х 0,1 м влажной почвы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гладилин, В.Б.* Завтра земледельческой техники / В.Б. Гладилин, А.Б. Школьников. — М.: Колос, 1982. — 223 с.: ил.
2. *Карпенко, А.М.* Сельскохозяйственные машины / А.М. Карпенко, В.М. Халанский. — М.: Агропромиздат, 1998.
3. *Кленин, Н.И.* Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакур. — М.: Колос, 1994.
4. *Мазитов, Н.К.* Машины почвоводоохранного земледелия. — М.: Россельхозиздат, 1987. — 96 с.: ил.
5. Машинные технологии и техническое обеспечение устойчивого производства зерна в засушливых условиях / Научные труды ВИМ. — Том 135. — М., 2000. — 236 с.
6. *Руденко, Н.Е.* Возделывание пропашных культур без применения гербицидов / Н.Е. Руденко. — М.: Колос, 1992.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение . . . . .   | 3  |
| Глава 1. ПОЧВА   |    |
| 1.1. Физическое состояние . . . . .  | 5  |
| 1.2. Механический состав . . . . .   | 5  |
| 1.3. Сквашность (порозность) . . . . .   | 8  |
| 1.4. Плотность . . . . .   | 9  |
| 1.5. Влажность . . . . .   | 9  |
| 1.6. Технологические свойства  |    |
| 1.6.1. Твердость . . . . .   | 11 |
| 1.6.2. Пластичность . . . . .  | 12 |
| 1.6.3. Трение . . . . .  | 12 |
| 1.6.4. Липкость . . . . .  | 15 |
| 1.6.5. Абразивность . . . . .  | 16 |
| Глава 2. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ   |    |
| 2.1. Способы воздействия на почву . . . . .  | 18 |
| 2.2. Механическая обработка почвы . . . . .  | 19 |
| Глава 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ                                      |    |
| 3.1. Лемешно-отвальные плуги   |    |
| 3.1.1. Взаимодействие клина с почвой . . . . .                                     | 24 |
| 3.1.2. Корпус плуга  |    |
| 3.1.2.1. Состав корпуса . . . . .  | 26 |
| 3.1.2.2. Форма рабочей поверхности . . . . .                                       | 28 |
| 3.1.2.3. Силы, действующие на корпус плуга . . .                                   | 31 |
| 3.1.2.4. Нетрадиционные корпуса плуга . . . . .                                    | 32 |
| 3.1.3. Предплужник . . . . .   | 34 |
| 3.1.4. Размещение рабочих органов и колес на плуге . .                             | 36 |
| 3.1.5. Ширина захвата плуга, число корпусов,<br>материалоемкость . . . . .         | 37 |
| 3.1.6. Расположение плуга относительно трактора.<br>Устойчивость хода . . . . .    | 40 |
| 3.1.7. Тяговое сопротивление плуга. КПД плуга . . . . .                            | 42 |
| 3.1.8. Эффективные технологии вспашки.<br>Перспективные плуги . . . . .            | 44 |
| 3.1.9. Настройка плуга. Возможные нарушения<br>технологического процесса . . . . . | 49 |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 3.2.   | Чизельные плуги . . . . .                        | 52  |
| 3.3.   | Дисковые плуги . . . . .                         | 53  |
| 3.4.   | Культиваторы-плоскорезы . . . . .                | 54  |
| 3.5.   | Чизельные орудия                                 |     |
| 3.5.1.   | Типы чизельных орудий . . . . .                  | 58  |
| 3.5.2.   | Взаимодействие чизельной лапы с почвой . . . . . | 61  |
| <br>Глава 4. МЕХАНИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ<br>ПОЧВЫ            |  |     |
| 4.1.   | Зубовые бороны                                   |     |
| 4.1.1.   | Плоские зубовые бороны . . . . .                 | 64  |
| 4.1.2.   | Ротационные зубовые бороны . . . . .             | 68  |
| 4.2.   | Ротационные ножевые бороны . . . . .             | 70  |
| 4.3.   | Дисковые орудия: бороны, луцильники . . . . .    | 72  |
| 4.4.   | Катки  |     |
| 4.4.1.   | Назначение и классификация катков . . . . .      | 79  |
| 4.4.2.   | Взаимодействие катка с почвой . . . . .          | 82  |
| 4.5.   | Фрезы . . . . .                                  | 86  |
| <br>Глава 5. КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ<br>АГРЕГАТЫ         |  |     |
| 5.1.   | Основная обработка                               |     |
| 5.1.1.   | Агрегаты для отвальной обработки . . . . .       | 90  |
| 5.1.2.   | Агрегаты для безотвальной обработки . . . . .    | 93  |
| 5.2.   | Поверхностная обработка . . . . .                | 94  |
| <br>Глава 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ<br>ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ |  |     |
| 6.1.   | Отвальная обработка (вспашка) . . . . .          | 97  |
| 6.2.   | Безотвальная обработка                           |     |
| 6.2.1.   | Плоскорезная . . . . .                           | 101 |
| 6.2.2.   | Чизельная обработка, щелевание . . . . .         | 103 |
| 6.3.   | Поверхностная обработка . . . . .                | 103 |
| Приложение . . . . .   |  | 104 |
| Контрольные вопросы и задания . . . . .                              |  | 105 |
| Литература . . . . .   |  | 108 |

Учебное пособие

**Руденко Николай Ефимович**

# МЕХАНИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Главный редактор *И. А. Погорелова*  
Заведующий издательским отделом *А. В. Андреев*  
Редактор *А. Н. Бакулина*  
Компьютерная верстка *С. А. Мельник*

Издательство Ставропольского государственного аграрного университета «АГРУС»,  
355017 г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

Тел./факс: (8652) 35-06-94; e-mail: [agrus@stgau.ru](mailto:agrus@stgau.ru); <http://www.agrus.stgau.ru>

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93-953000

Подписано в печать 11.07.2005. Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. п. л. 6,5. Тираж 1100 экз. Заказ 83.

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического  
комплекса СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Мира, 302.

---

---

*В данной серии в издательстве «Агрус» выпущены следующие книги:*

***Н. Е. Руденко***

**Сеялки для посева семян пропашных культур**

В данном пособии представлены физико-механические и технологические свойства семян, дана классификация пропашных сеялок, изложен материал по способам посева, конструкции посевных секций, высевающих аппаратов, сошников, настройке сеялок на норму высева, методам оценки качественных показателей посева.

Представлены способы посева семян пропашных культур в экстремальных условиях, некоторые новые направления в посевной технике. Теоретические предпосылки обоснованы на конкретных примерах.

Адресовано студентам агроинженерных специальностей высших учебных заведений.

***Н. Е. Руденко***

**Технологические возможности комбайнов «Дон-1500»**

В пособии даны материалы по оценке состояния убираемой культуры, рекомендации по настройке комбайнов, изложены их технологические возможности при различных условиях уборки, представлены методические указания по определению качественных показателей при уборке зерновых культур.

Пособие адресовано студентам агроинженерных специальностей, слушателям курса повышения квалификации, специалистам сельского хозяйства.

***Н. Е. Руденко***

**Механизация ухода за пропашными культурами**

В учебном пособии дается характеристика почвы как объекта обработки, изложены методы определения ее технологических и физико-механических свойств. Представлен материал по конструкции пропашных культиваторов и их рабочих органов. Рассмотрены теоретические и технологические аспекты обоснования процессов и параметров почвообрабатывающих машин.

Изложена методика оценки качественных показателей работы средств механизации при уходе за пропашными культурами.

Пособие рекомендовано для студентов агроинженерных специальностей, слушателей курсов повышения квалификации и специалистов сельского хозяйства.

**По вопросам приобретения данных изданий обращайтесь по адресу:**

355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

тел./факс (8652) 35-06-94

E-mail: [agrus@stgau.ru](mailto:agrus@stgau.ru)

<http://agrus.stgau.ru>