

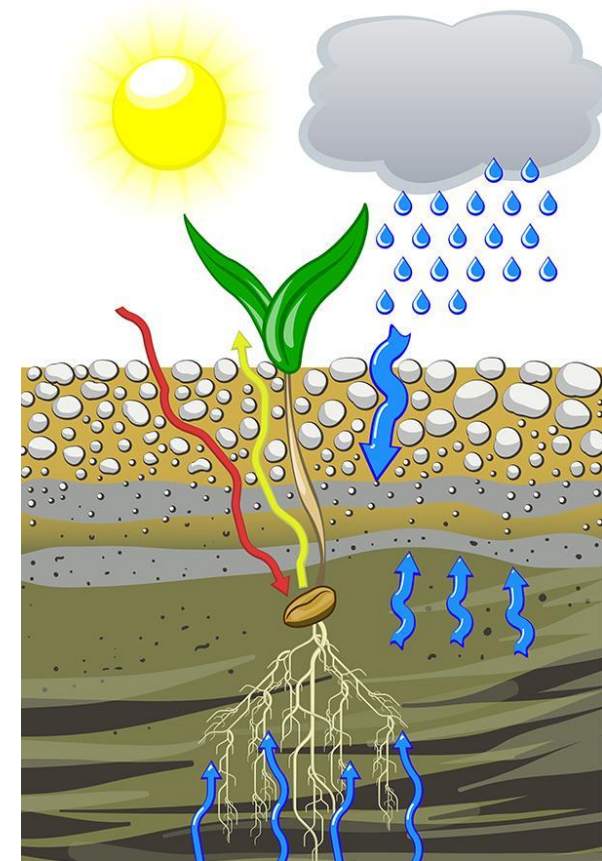
Современные виды поверхностной обработки почвы и технические средства для ее выполнения. Требования к их разработке

**Крук Игорь Степанович,
кандидат технических наук, доцент
БГАТУ, Минск**

Задачей подготовки посевного ложа является обеспечение семян условиями, дающими быстрые и дружные всходы. Для этого необходимо создать оптимальные условия для получения быстрых и равномерных всходов. влага, воздух, тепло и защита от болезней.

Наиболее важные свойства посевного ложа это:

- абсорбция сильных дождей, обеспечение устойчивости к трещинам и эрозии
- предотвращающие испарения
- обеспечение капиллярного транспорта воды к прорастающему семени.
- обеспечение запаса питательных веществ, запаса воды и кислорода для улучшения развития корней



Существуют различные технологии создания посевного ложа

- Традиционная технология
- Отвальная вспашка + быстрый посев
- Минимальная обработка почвы
- Поверхностная обработка почвы
- Прямой посев

Технологии могут выбираться в зависимости от следующих факторов: наличие растительных остатков, имеющейся техники, типа почвы, климата, условий труда и других.

- **Традиционная система.** Вспашка по стерне, культивация на глубину посева зубчатыми или дисковыми культиваторами, традиционный посев с внесением минеральных удобрений.
- Вспашка по стерне, **поверхностная культивация**, сев с одновременным внесением минеральных удобрений в почву.
- **Минимальная обработка почвы** – обработка стерни культиватором, посев с одновременным внесением минеральных удобрений в почву/слой пожнивных остатков
Поверхностная обработка почвы – неглубокая заделка соломы, посев с одновременным внесением минеральных удобрений в почву/слой соломы
Прямой посев – посев одновременно с удобрениями без предварительной почвообработки. Растительные остатки остаются на поверхности

Требования к поверхностной обработке почвы

- обработку почвы следует выполнять в установленные сроки. Если обработка состоит из нескольких приемов, то желательно не разрывать их во времени;
- необходимо соблюдать заданную глубину обработки; отклонение не должно превышать $\pm (1...2)$ см;
- не допускаются огрехи или пропуски. Поскольку огрехи чаще всего появляются в результате небрежного вождения трактора, то о них судят по виду следов рабочих органов машин и орудий. Следы должны быть прямолинейными;
- концы участка обрабатывают так же аккуратно, как и основной участок, на котором не должна просматриваться пестрота в каком-либо показателе качества (например, глыбистости, гребнистости поверхности, заделке сорной растительности и навоза);
- при любой обработке желательно получить комочки почвы размером 1...10 мм и нежелательно — частицы менее 0,25 мм. Эти показатели зависят от вида обработки и свойств почвы;
- рабочие органы в конце обрабатываемого участка поля следует включать и выключать на одной линии; допускаемое отклонение — не более $\pm 0,5$ м.

Поверхностная обработка почвы

Основные задачи этой обработки почвы – разрыхлить верхний слой на глубину посева семян, выровнять поверхность поля, обеспечить мелкокомковатое строение посевного слоя, уплотнить ложе на глубине посева семян, уничтожить всходы сорняков, заделать внесенные удобрения, сохранить влагу в посевном и пахотном слоях, улучшить микробиологическую активность и пищевой режим почвы, создать условия для производительной работы сельскохозяйственных машин на посеве, при уходе за посевами и уборке урожая.

Поверхностную обработку почвы проводят с помощью комплекса агротехнических приемов рыхления, выравнивания поверхности и уплотнения, боронованием, шлейфованием, культивацией, прикатыванием, дискованием и других.

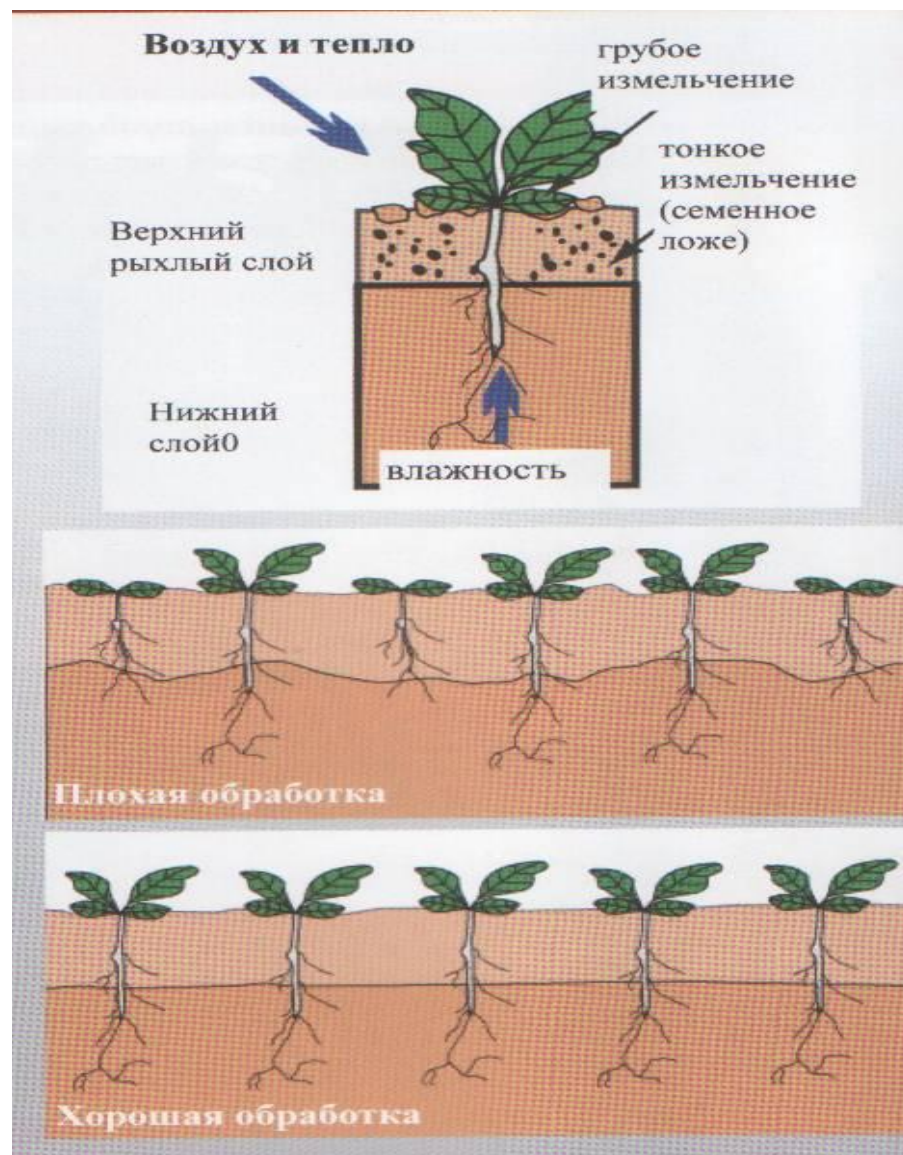
Машинами для поверхностной обработки являются: лущильники, бороны, катки, культиваторы, фрезы, комбинированные агрегаты.

Культиваторы классифицируются по следующим признакам:

- *Культиваторы для сплошной обработки почвы:
-паровые; садовые; лесные;
противоэрозионные;*
- *Культиваторы для междурядной обработки (пропашные) – применяются в период ухода за посевами*

Согласно агротребованиям:

- культиватор должен уничтожать 98...99% сорняков, исключая защитную зону при междурядной обработке;
- рыхлить почву без выноса влажного слоя на поверхность и без распыления верхнего слоя, глубина рыхления 5...12 см;
- отклонение от заданной глубины обработки не должно превышать ± 1 см;
- гребнистость дна борозды не должна превышать 4 см.



Культиваторы

Различают культиваторы для **сплошной обработки почвы, пропашные.**

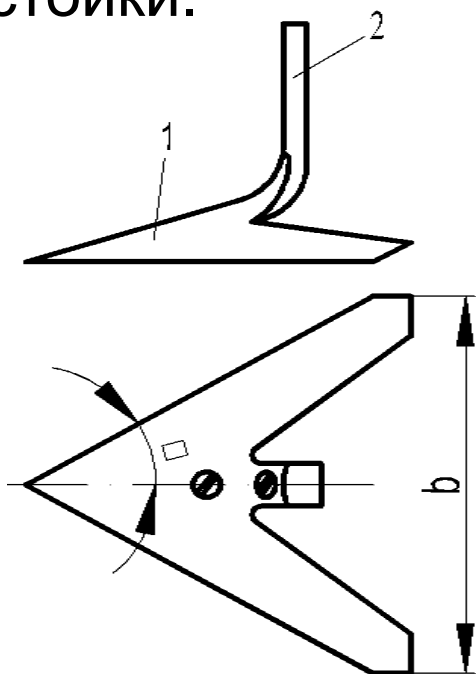
По виду тяги культиваторы бывают **прицепные и навесные.**

Сплошную культивацию применяют для уничтожения сорняков и рыхления почвы без ее обрачивания при уходе за парами и подготовке к посеву. Рыхление почвы способствует накоплению и сохранению влаги и питательных веществ в форме, доступной для усвоения их растениями.

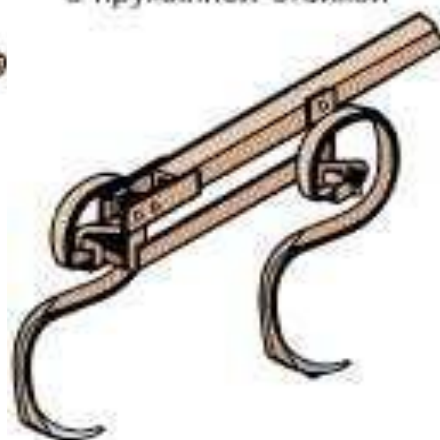
Сплошную культивацию следует проводить поперек предыдущей обработки или под углом к ней на скорости 9... 12 км/ч. С увеличением скорости улучшается выравнивание поверхности поля и создаются хорошие условия для работы посевных машин.

Рабочие органы культиваторов – универсальные стрелчатые и рыхлительные лапы. Копьевидный наральник 1 универсальной стрелчатой лапы прикреплен к жесткой стойке 2. Угол наклона лезвия к горизонтальной плоскости $23...30^\circ$, угол между лезвиями $60...65^\circ$, ширина захвата 270 и 330 мм. Универсальные лапы хорошо рыхлят почву и подрезают сорняки. Их используют для обработки почвы на глубину до 12 см.

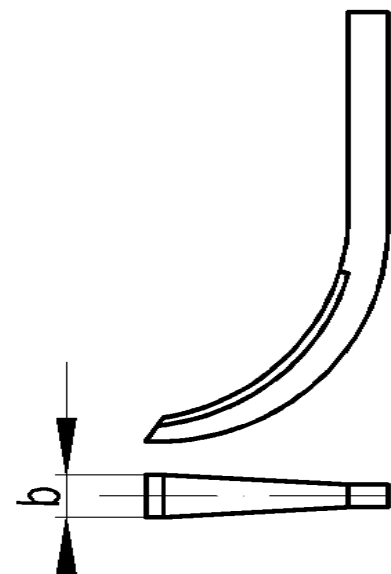
Рабочие органы могут устанавливаться на S и C образные стойки.



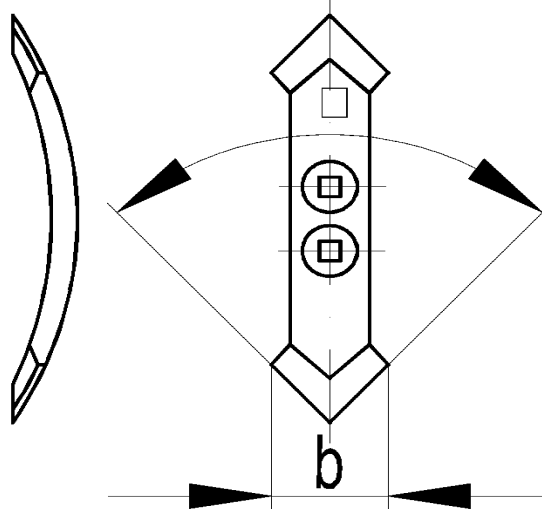
Рыхлительная лапа с пружинной стойкой



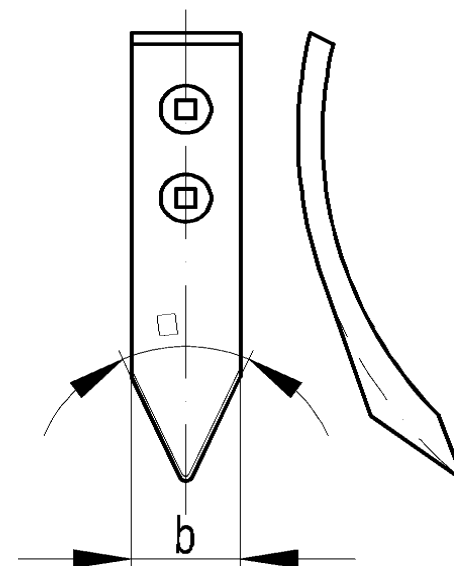
Долотообразные нарральники рыхлительных лап имеют две режущие кромки с углом раствора $60\ldots 70^\circ$. Нарральники закреплены на пружинных или жестких стойках. Двусторонние нарральники после износа одного конца поворачивают на 180° .



долотообразная



оборотная



копьевидная

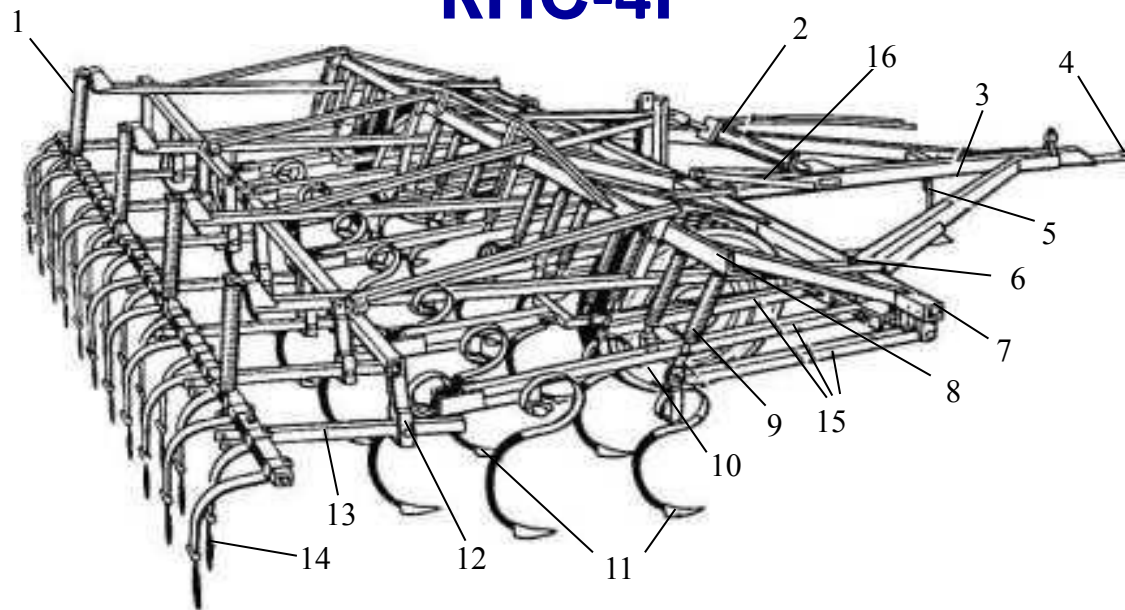
Лапы с пружинными стойками шириной захвата $20\ldots 50$ мм служат для рыхления почвы на глубину до 16 см, вычесывания корнеотпрысковых сорняков, культивации почвы повышенной влажности. Во время работы они вибрируют и самоочищаются от нависших на стойки растительных остатков.

Марки культиваторов

КПС-4

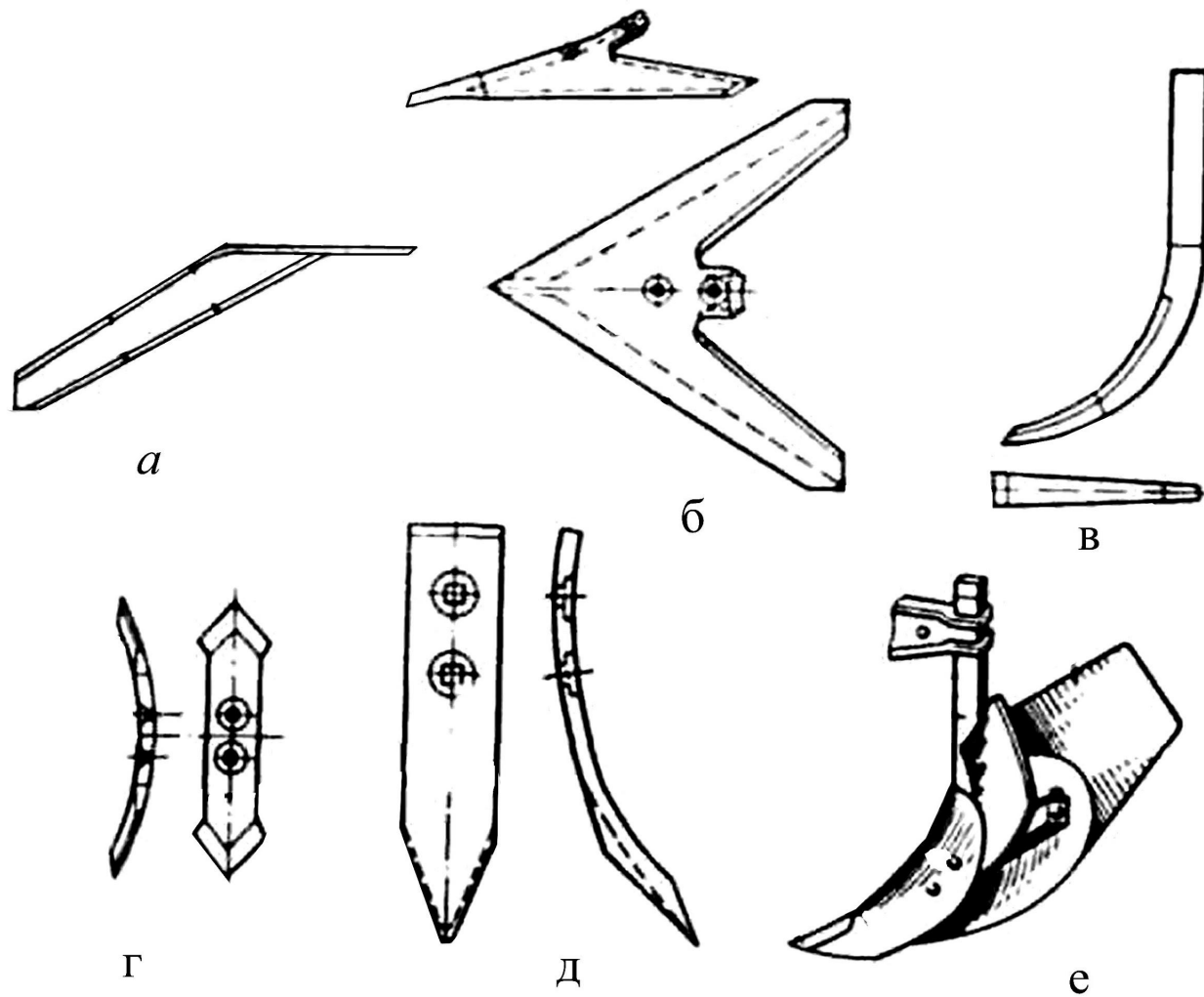


КПС-4Г



1—пружина; 2—гидроцилиндр; 3—сница; 4—серьга; 5—подставка; 6—регулятор глубины; 7—рама; 8—угольник; 9—штанга с пружиной; 10—колесо; 11—рабочие органы; 12—понижитель; 13—приспособление для навески борон; 14—зубовая борона

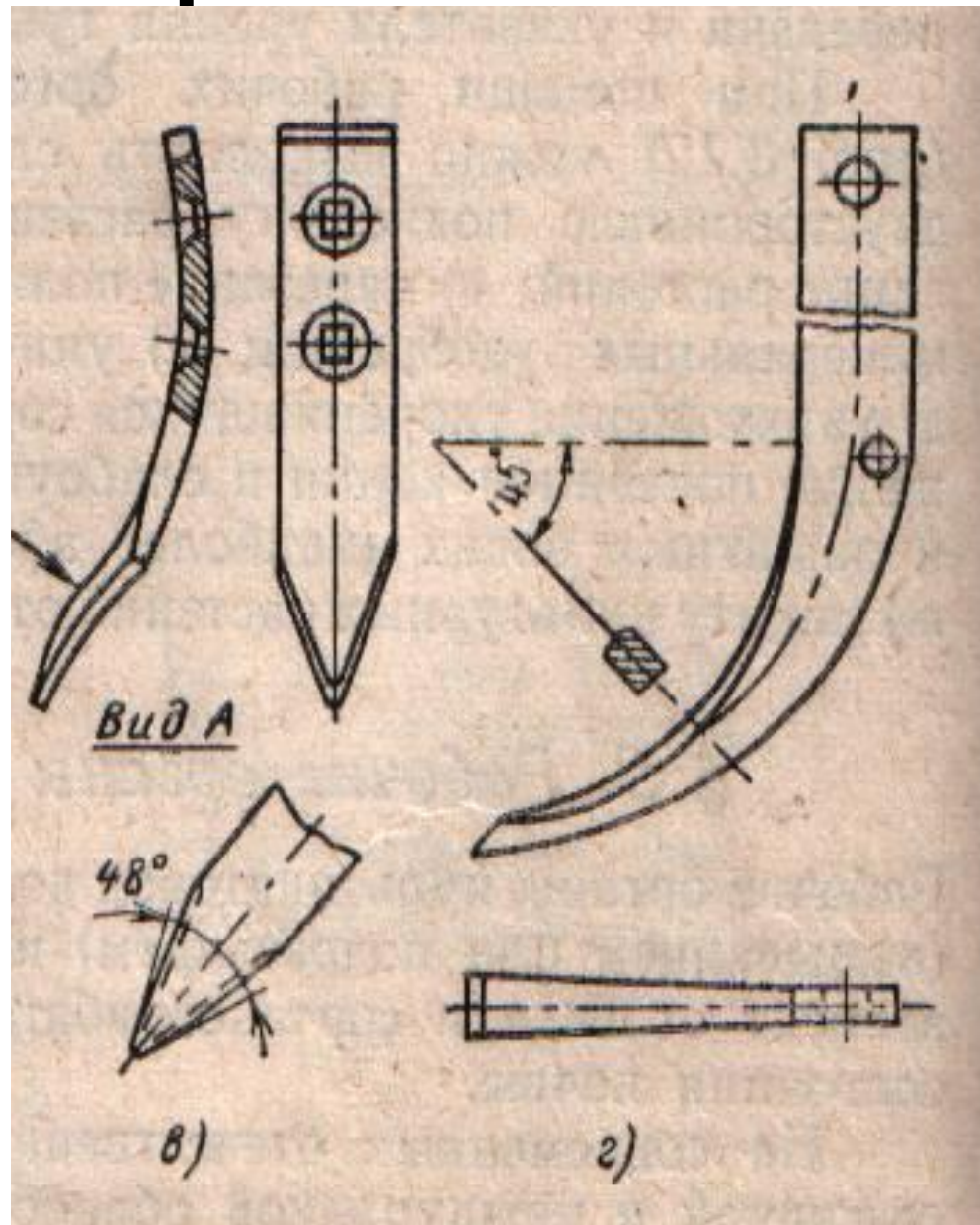
Культиватор для предпосевной обработки почвы и обработки паров с одновременным боронованием. В отличие от аналога имеет более жесткую конструкцию рамы. Укомплектован стрельчатыми лапами 270 мм и приспособлением для навески барон.

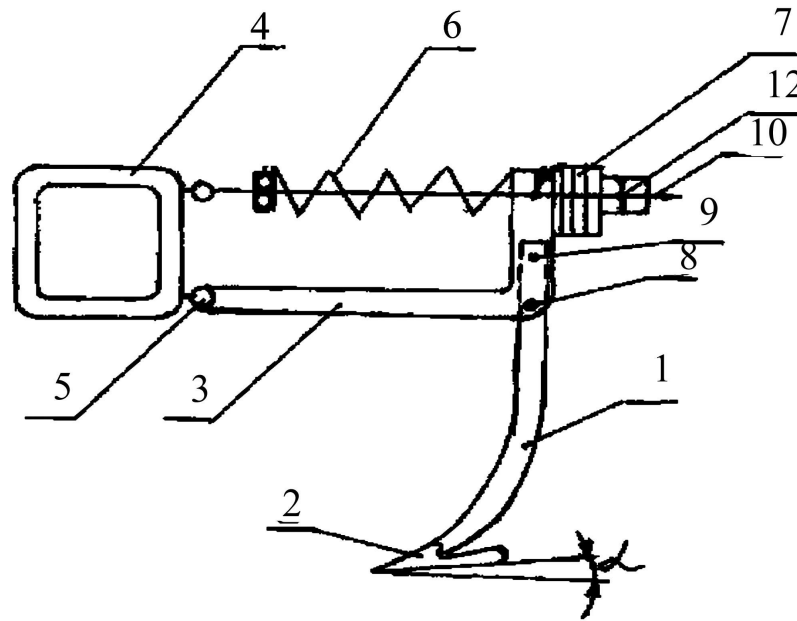


а – односторонняя плоскорежущая (бритва); б – стрельчатая универсальная;
 в – долотообразная рыхлительная; г – оборотная; д – копьевидная; е – окучивающая

Рыхлительные лапы культиваторов

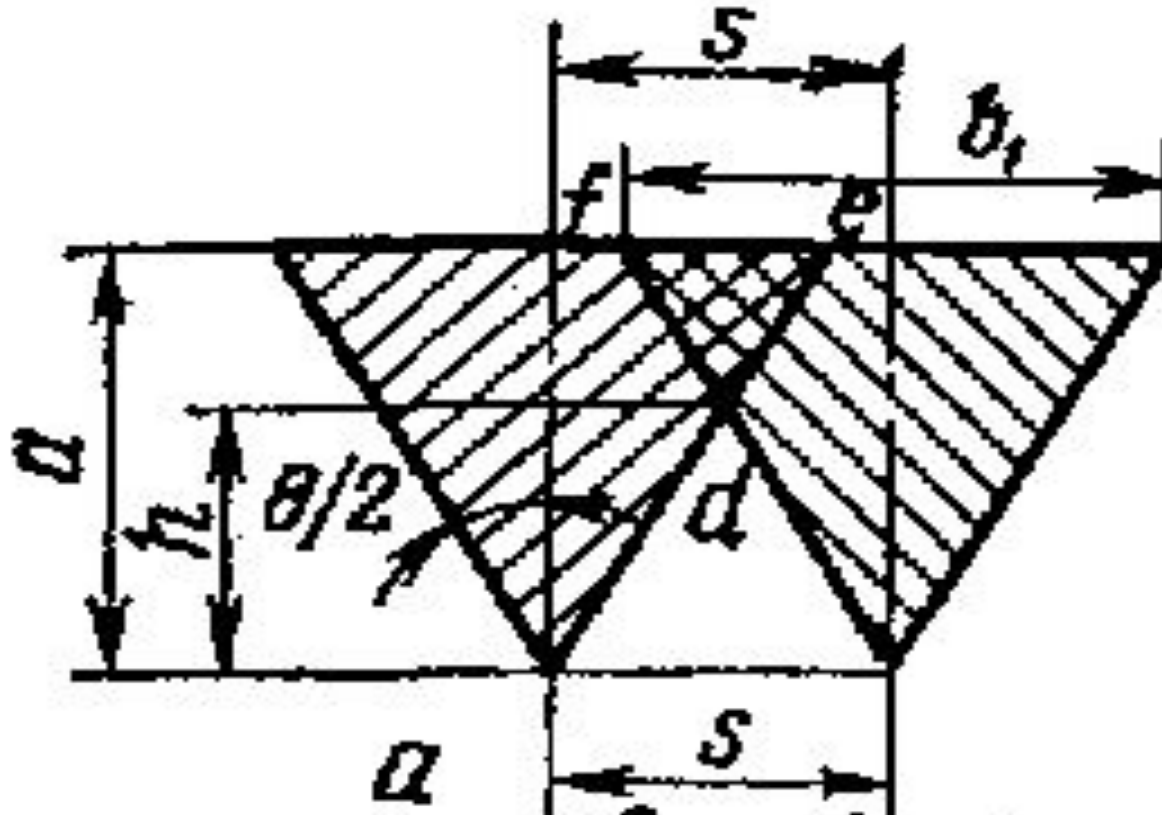
- в – рыхлительные
копьевидные;
- г – рыхлительные
долотообразные





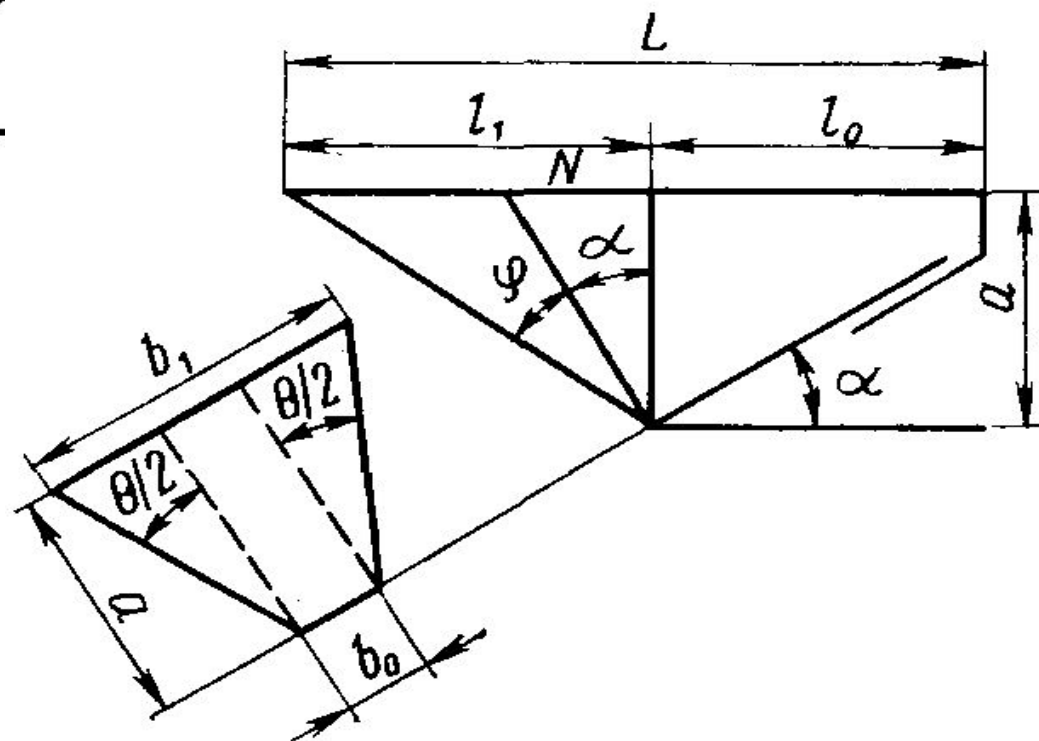
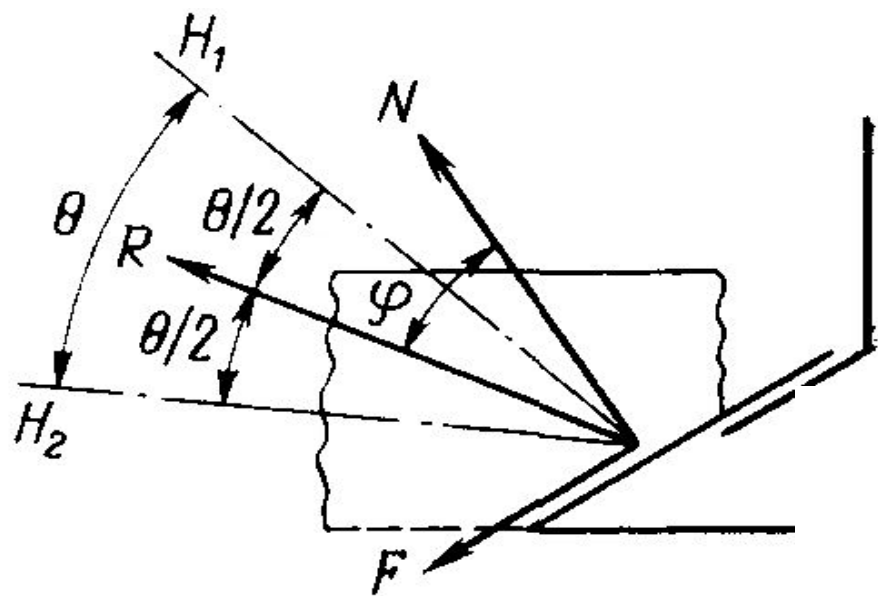
Рабочий орган состоит из стойки 1 с рыхлящей лапой 2, которая установлена на грядиле 3, передняя часть которого подвешена к раме машины 4 с помощью шарнира 5, а задняя часть закреплена на регулируемом упругом элементе. Упругий элемент состоит из блока, включающего два элемента 6 и 7, которые расположены по обе стороны точки (А) присоединения его к грядиле. При этом элемент 7 выполнен в виде демпфера, а стойка прикреплена к грядиле с помощью оси 8 и срезного штифта 9. Для регулирования силы предварительного сжатия упругого элемента и угла а наклона стойки с лапой к горизонтальной плоскости поля имеется шарнирно закрепленный к раме машины шток 10 с гайками 11 и 12.

**Зоны деформации почвы
рыхлительными лапами
культиваторов в поперечно-
вертикальной плоскости:**



- **Рабочие органы культиваторов должны рыхлить почву, уничтожать сорняки вырыванием или подрезанием. Тип рабочих органов зависит от обрабатываемой культуры, фазы её развития и состояния почвы**

$$L = l_0 + l_1 = l_0 + a \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$



Зона деформации не ограничивается зоной контакта с ней рабочего органа, а распространяется вперед и в стороны на значительные расстояния

Согласно теории наибольших касательных напряжений направления H_1 и H_2 по которым может разрушаться пласт располагаются симметрично к силе R под углом $\Theta = 40 \dots 50^\circ$ одно к другому

Возможные предельные значения
распространения зоны деформации в
продольном направлении

$$l_{\max} = a \operatorname{tg} (\alpha + \varphi + \theta/2),$$

$$l_{\min} = a \operatorname{tg} (\alpha + \varphi - \theta/2).$$

В поперечном направлении

$$b_1 = b_0 + 2a \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}.$$

Рыхление почвы по глубине происходит неравномерно. Высота необработанных гребней для зубьев борон

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

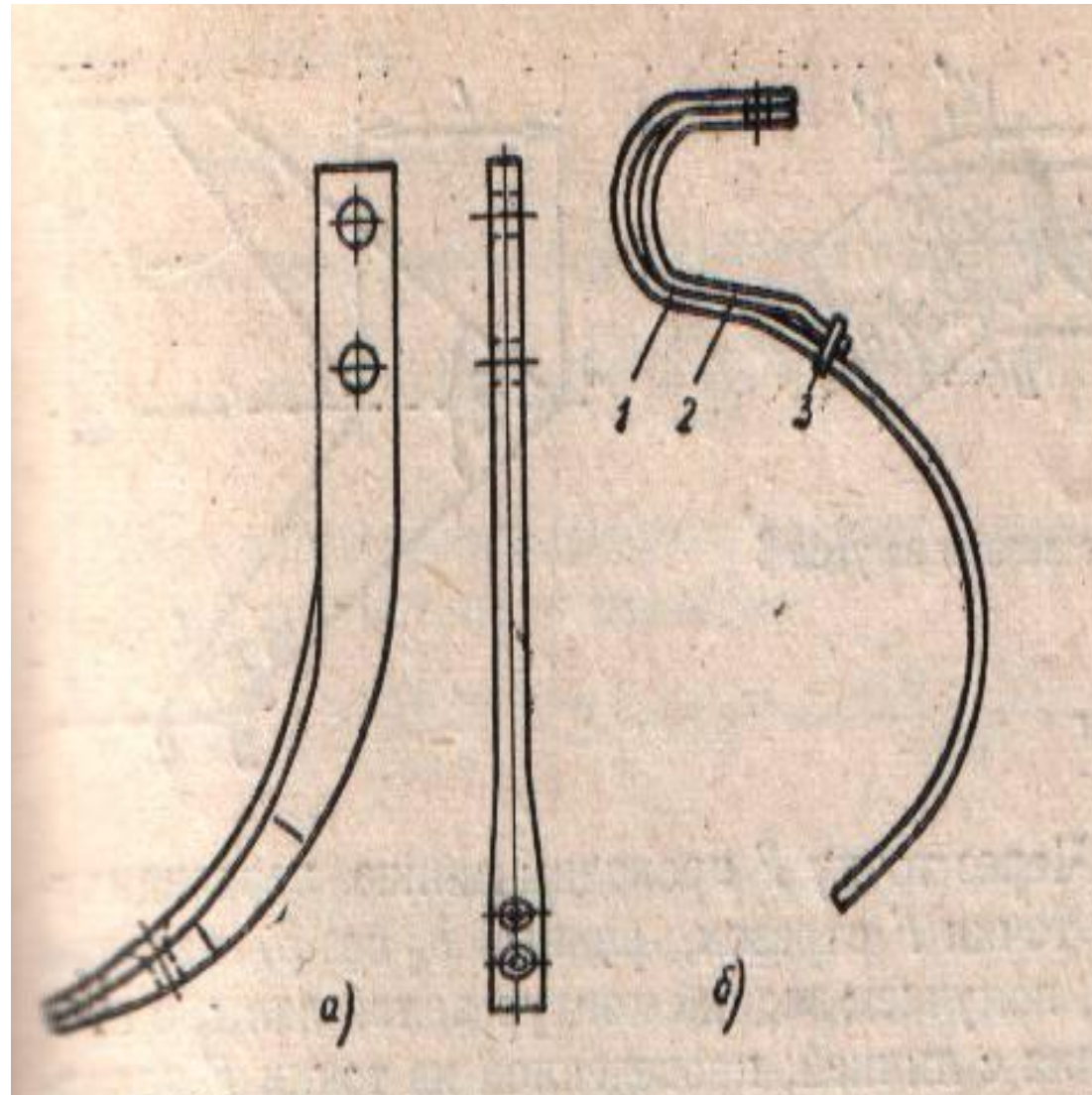
а для рыхлительных лап культиваторов

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

Стойки

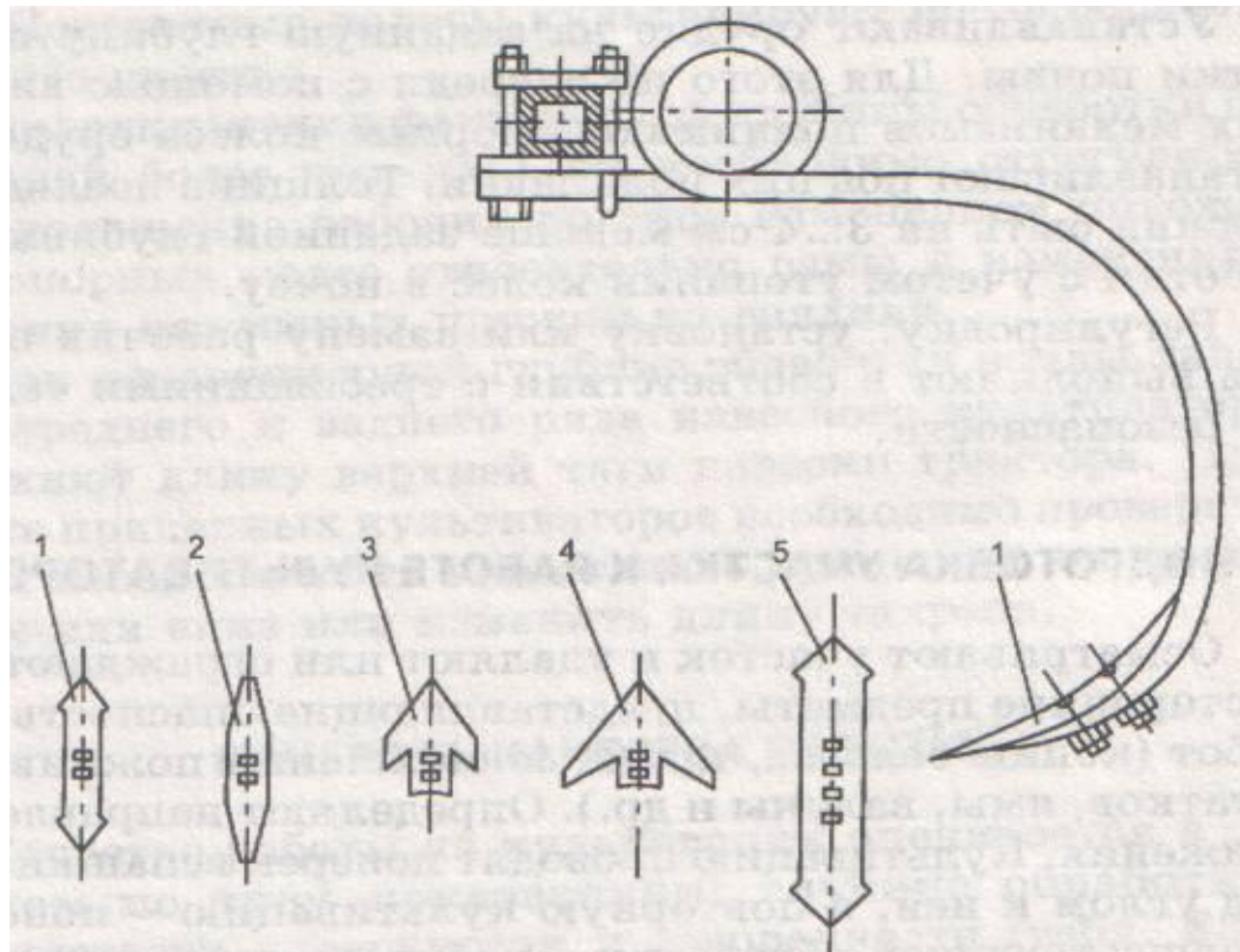
- а – жесткие для попольных односторонних лап и стрельчатых лап с хвостовиками и без хвостовиков;
- б – пружинные с подпружинниками для рыхлительных оборотных лап;

1 – стойка; 2 – подпружинник; 3 – хомут.



Рабочие органы чизельного культиватора

- 1 – обратная долотообразная рыхлительная лапа;
- 2 – обратная узкорыхлительная лапа;
- 3 – стрелчатая рыхлительная лапа;
- 4 – стрелчатая полольная лапа;
- 5 – обратная отвально-рыхлительная лапа



Для каждого вида работ – соответствующая лапа

- 1 – Для поверхностной обработки стерни и хорошего перемешивания соломы с почвой (ширина 170 мм)
- 2 – Для глубокого рыхления почвы без перемешивания (ширина 50 мм)
- 3 – скоростная лапа с низкой степенью износа



Для быстрой замены лап – система Vario-Clip



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



Рыхление почвы стрельчатыми лапами культиваторов

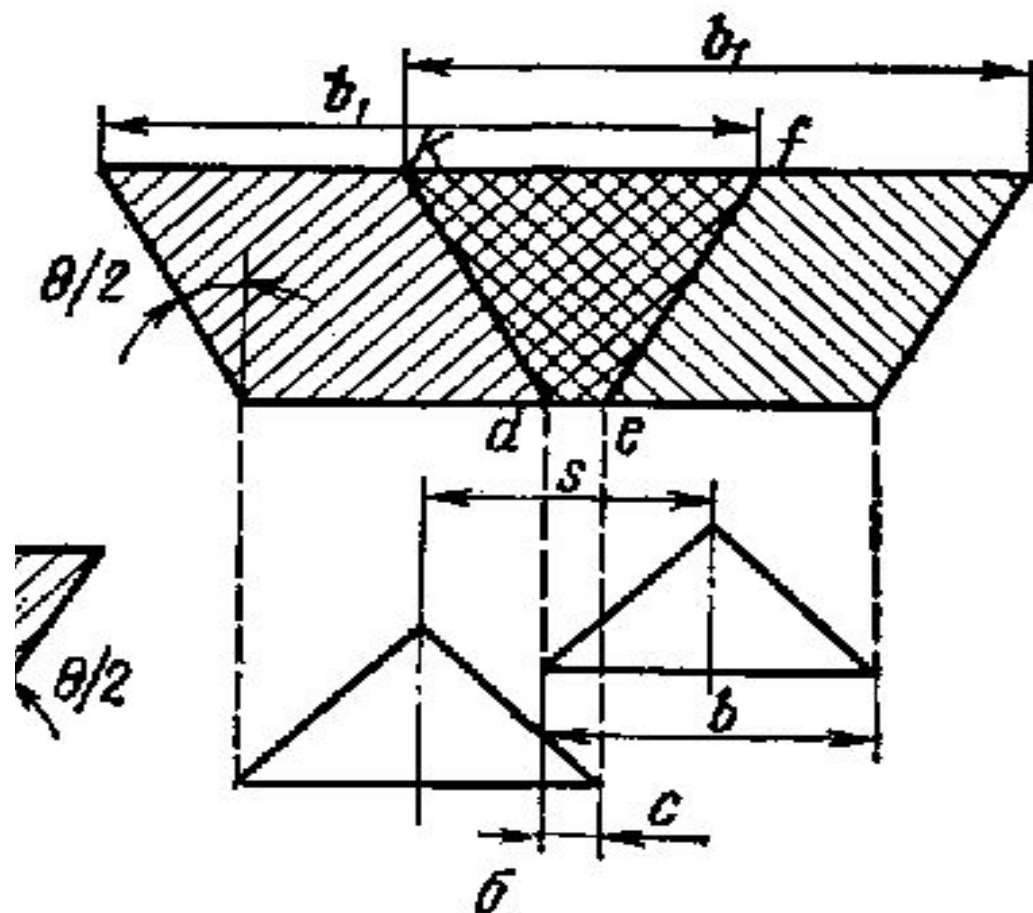
Характерная особенность – малый угол $\alpha = 9 \dots 10^0$, почву практически не крошат. Главная задача – подрезание сорняков. Основной параметр – угол γ , так как от его значения зависит режим резания – со скольжением или без него ($\gamma = 28 \dots 32^0$, угол заточки $i = 12 \dots 15^0$)

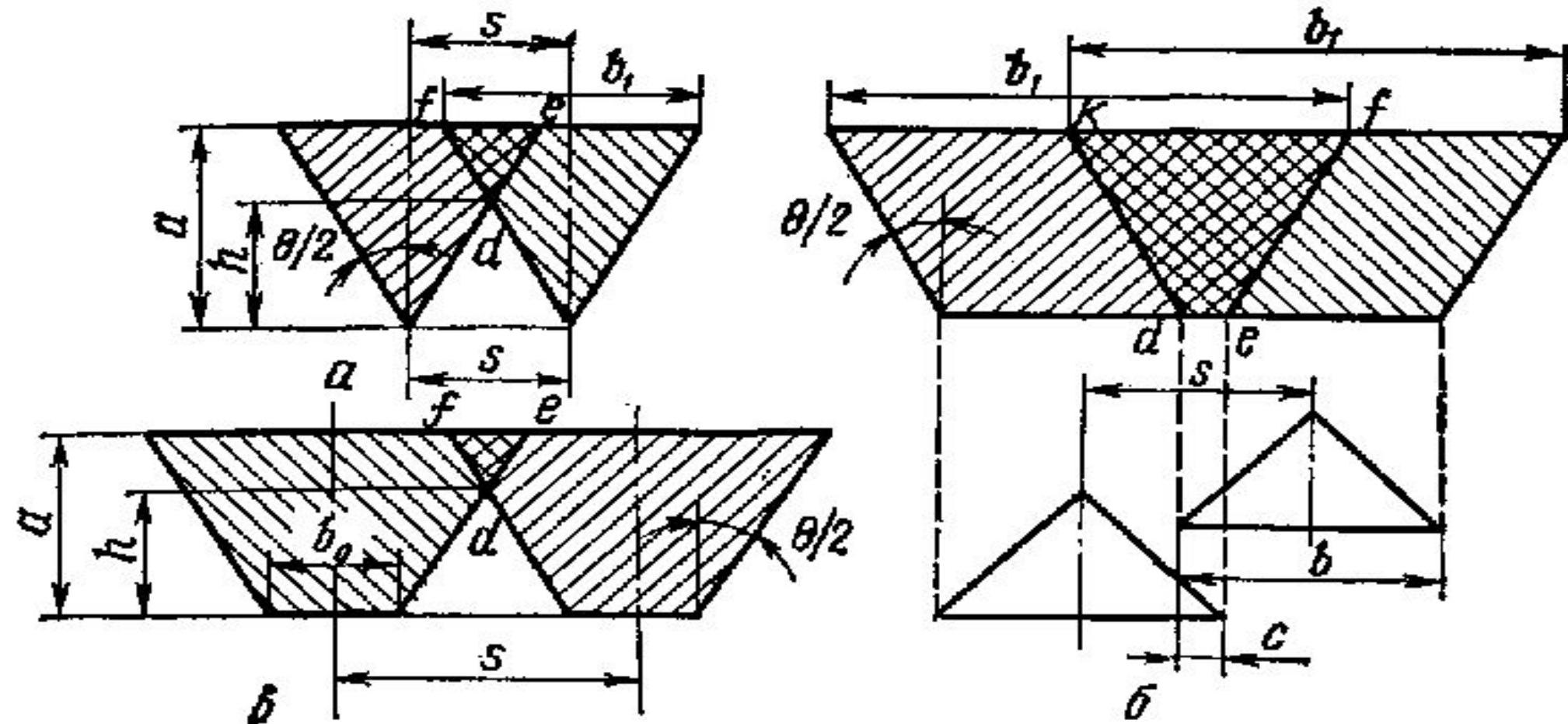
Типы плоскорежущих лап

- Лапы плоскорежущие односторонние (бритвы) применяются для подрезания сорняков и рыхления почвы в междурядьях. Вертикальная часть лапы предотвращает присыпание растений в рядке, что позволяет производить обработку с малыми защитными зонами; лапы бывают правые и левые

- Лапы плоскорежущие стрелчатые используются для сплошной обработки почвы и для обработки почвы в междурядиях ($b = 250, 270, 330$ мм). Угол крошения $\alpha = 18...20^{\circ}$. $c=40...50$ мм при сплошной и $50...70$ мм при междурядной.

- Зоны деформации почвы стрелчатыми лапами культиваторов в поперечно-вертикальной плоскости





Зоны деформации почвы в поперечно-вертикальной плоскости:
 а — зубьями борон; б — стрельчатыми лапами культиваторов и культиваторов-глубокорыхлителей; б — рыхлительными лапами культиваторов.

для зубьев борон

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

для рыхлительных лап

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

Выбор основных параметров стрелчатых лап

- Полольные лапы, лемехи и ножи должны перерезать корни растений по ходу движения. Часть растений может остаться не перерезанной, а вырванной с корнем и будет обволакивать лезвие
- Чтобы не произошло забивание, вырванные растения должны скользить вдоль лапы и сходиться с ней, т.е. лапа должна самоочищаться
- Условие самоочищения $\gamma < 90^\circ - \max(\phi_k, \phi_n)$

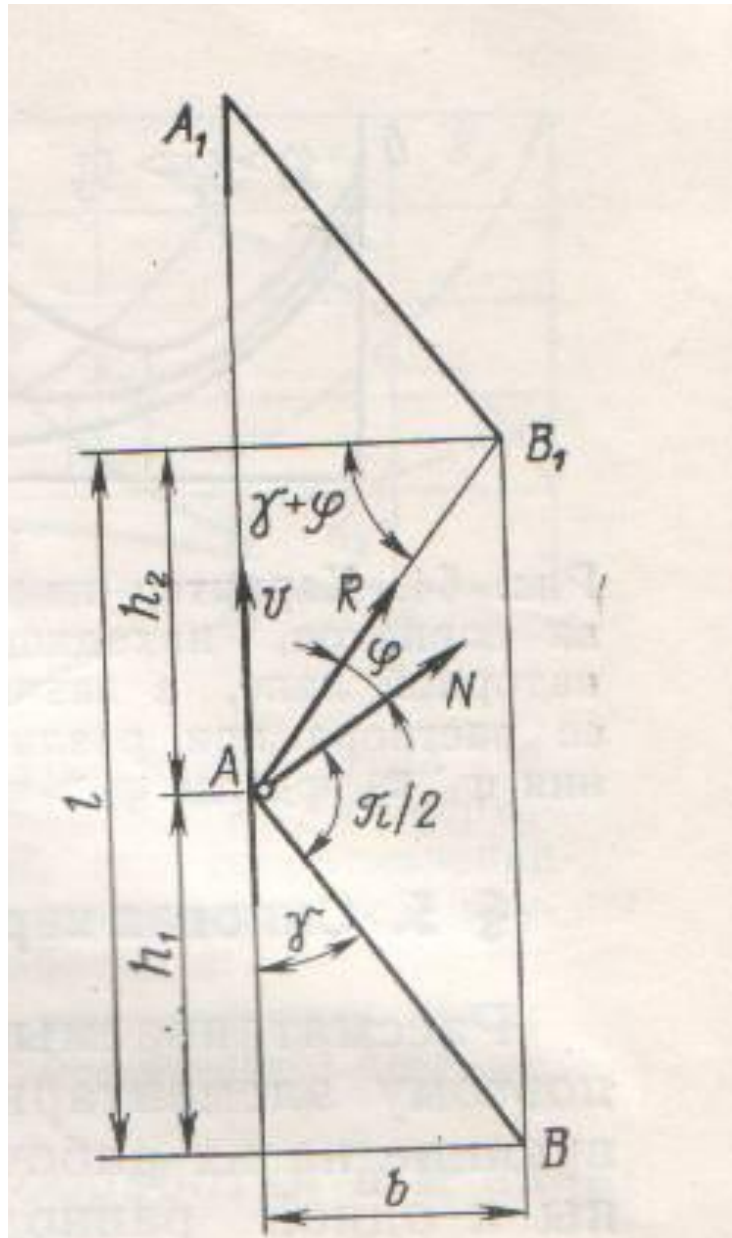
Оптимальное значение угла раствора лезвий стрелчатых лап

- Пусть лезвие АВ односторонней плоскорежущей лапы перемещается в направлении скорости v
- Корень сорняка будет скользить в направлении силы R от А до В пока не сойдет с лезвия

Схема к определению оптимального угла раствора культиваторной лапы

За это время лезвие пройдет путь l
все сорняки в площади ABV_1
сойдут с него, а все сорняки на
площади AA_1V_1 будут обволакивать
лезвие

Количество сорняков
обволакивающего лезвие $Q = S n$ (S – площадь ΔABB_1 , n – кол. сорняков на ед. площади). Определим составляющие этой формулы:



$$Q = Sn$$

$$\bullet S = lb/2, \quad l = h_1 + h_2,$$

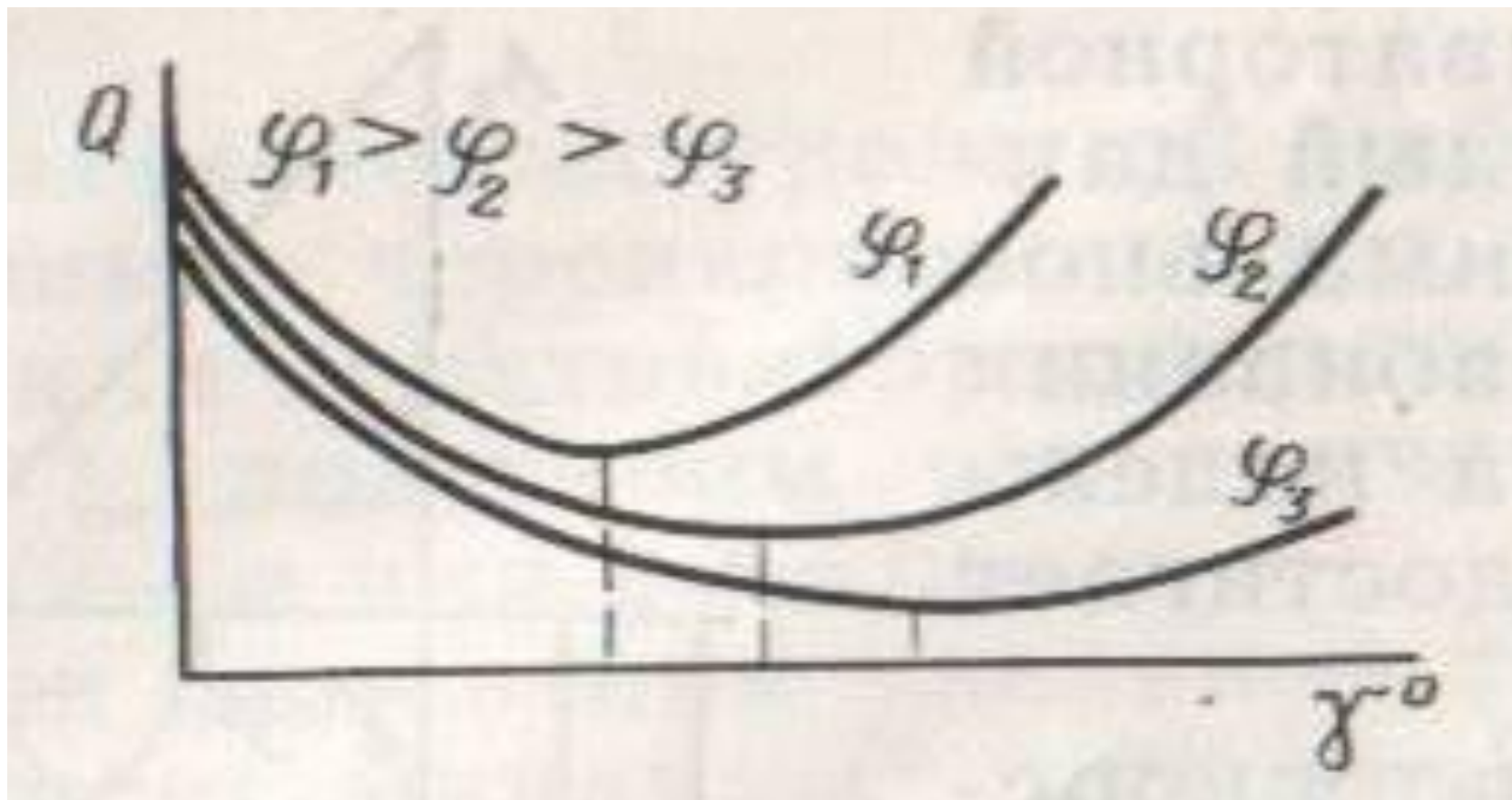
$$\bullet h_1 = b \operatorname{ctg} \gamma, \quad h_2 = b \operatorname{tg} (\gamma + \phi)$$

Тогда количество сорняков, обволакивающих лезвие лапы

$$Q = b^2 n [\operatorname{tg} (\gamma + \phi) + \operatorname{ctg} \gamma] / 2$$

Характер изменения количества сорняков, находящихся на культиваторной лапе, в зависимости от угла его раствора при различных углах трения ϕ

- Функция $Q = f(\gamma)$ имеет минимум



Для отыскания минимума необходимо взять производную и приравнять её нулю

$$\frac{dQ}{d\gamma} = \frac{b^2 n}{2} \left(\frac{1}{\cos^2(\gamma + \varphi)} - \frac{1}{\sin^2 \gamma} \right) = 0.$$

- Очевидно, что нулю равен второй сомножитель, т. е. $\cos(\gamma + \varphi) = \sin \gamma$, или $\cos(\gamma + \varphi) = \cos(90^\circ - \gamma)$, или $\gamma + \varphi = \pi/2 - \gamma$, откуда

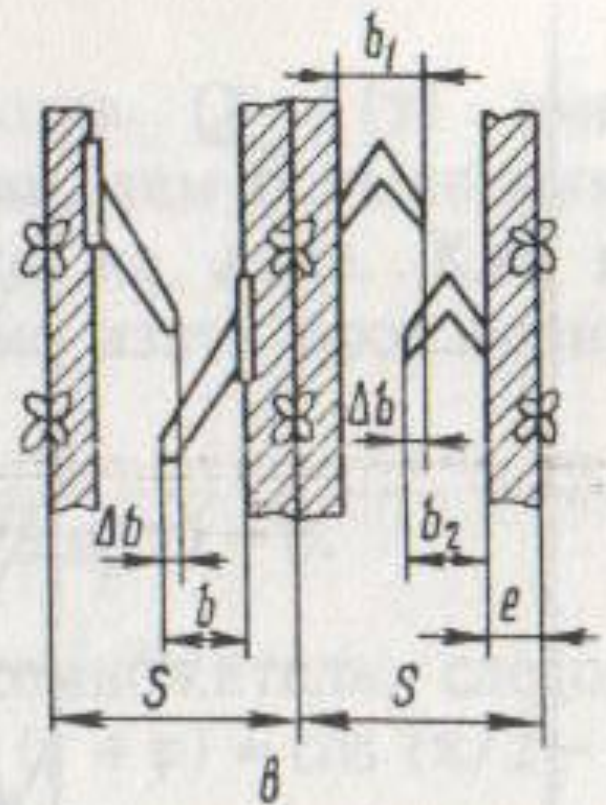
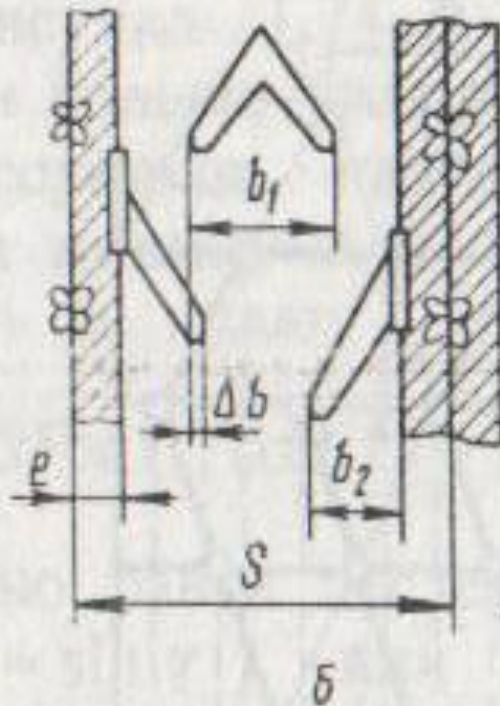
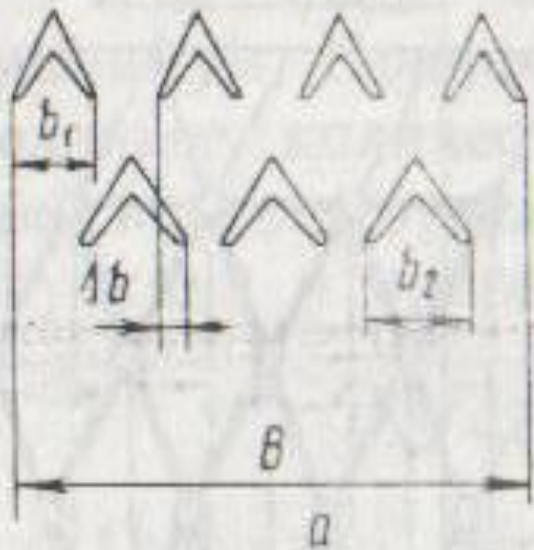
$$\gamma_{\text{опт}} = (\pi/2 - \varphi)/2.$$

С учетом влияния почвы

$$\gamma_{\text{опт}} = [\pi/2 - \max(\varphi_k, \varphi_{\text{п}})]/2.$$

Расстановка лап при междурядной обработке пропашных культур

Схемы размещения лап культиваторов:
а – парового; б – пропашного, трехрядное; в
– то же, двухрядное



- Для полного подрезания сорняков перекрытие $\Delta b = 50 \dots 70$ мм.
- Расстояние между рядами лап $350 \dots 550$ мм.
- Ширину захвата лап определяют по выражениям:

при трехрядном размещении

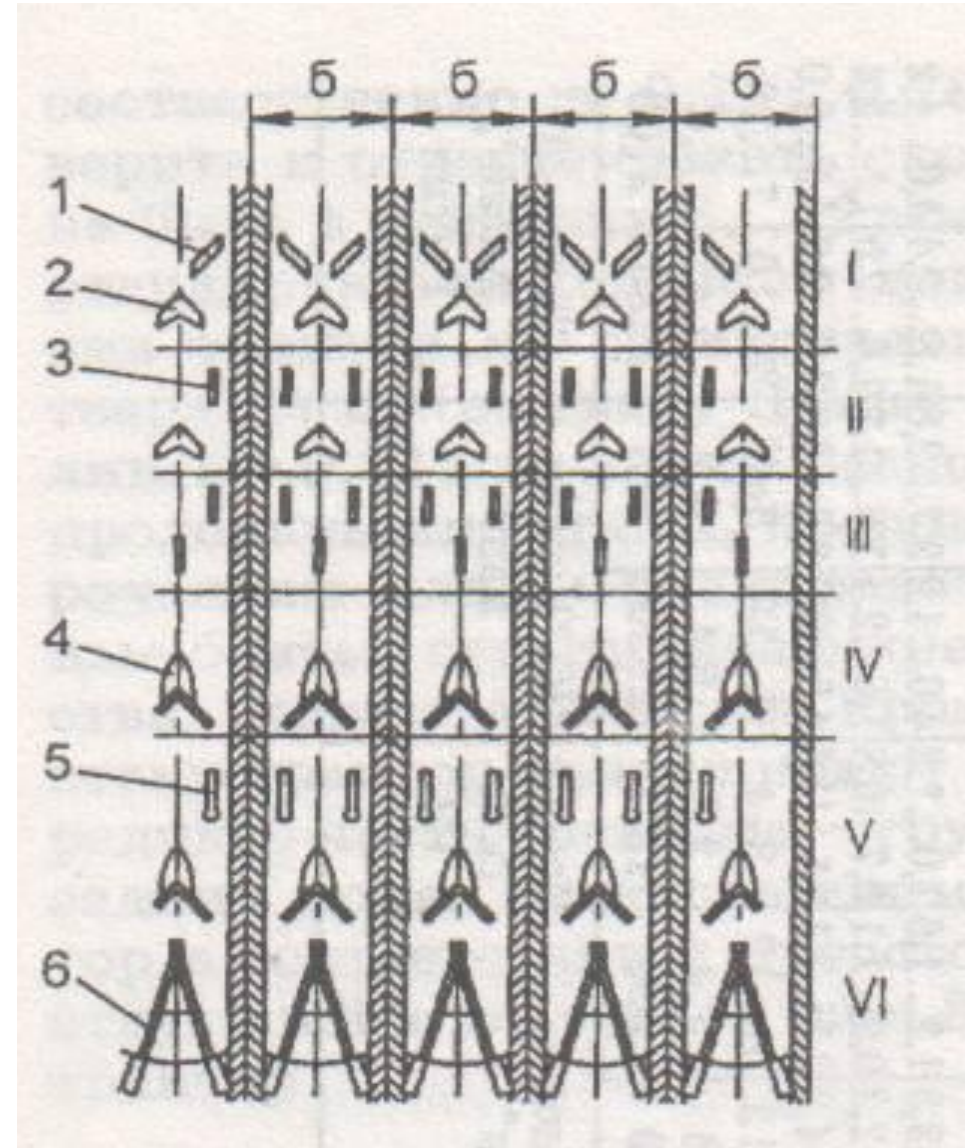
$$b_1 + 2b_2 = S + 2(\Delta b - e);$$

при двухрядном размещении

$$b_1 + b_2 = S + \Delta b - 2e.$$

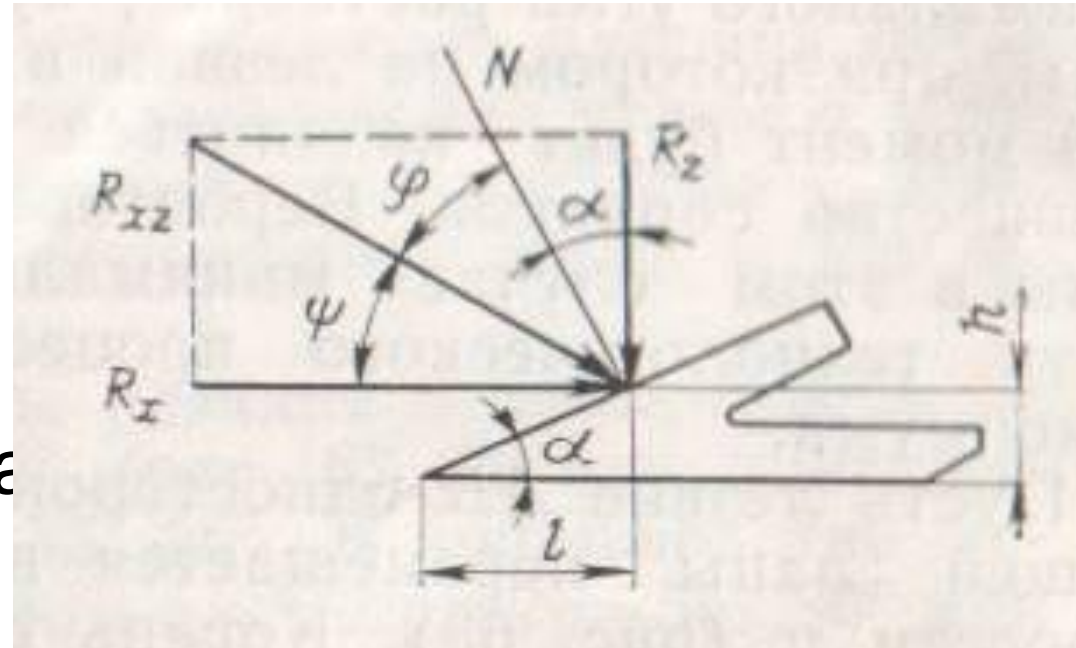
Варианты расстановки рабочих органов пропашного культиватора

- 1 – плоскорежущая лапа;
- 2 – стрелчатая универсальная лапа;
- 3 – долотообразная рыхлительная лапа;
- 4 – окучник;
- 5 – подкормочный нож;
- 6 – прополочная боронка
- I – прополка растений
- II – рыхление и подрезание сорняков
- III – глубокое рыхление
- IV – рыхление и окучивание



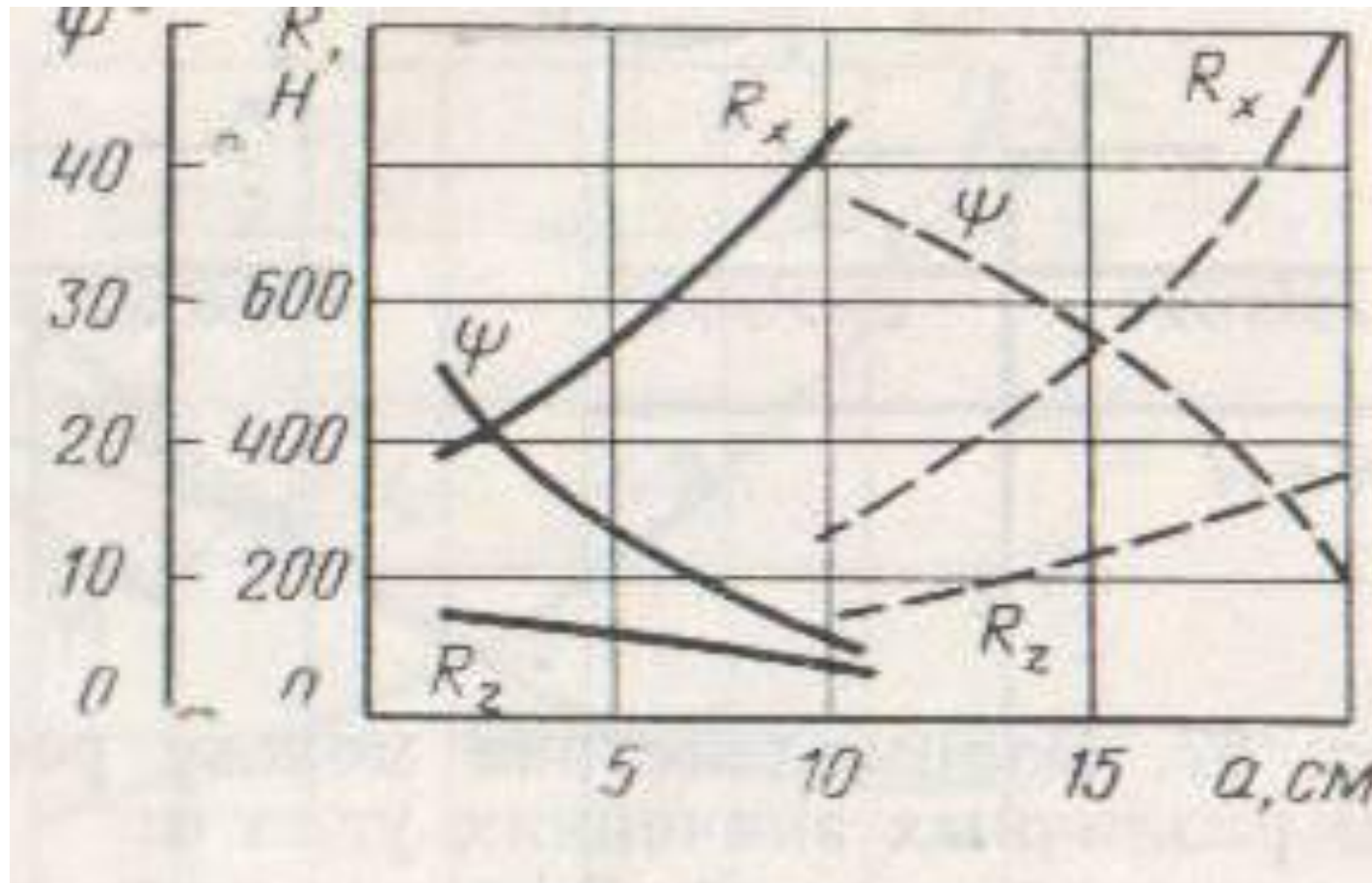
Силы, действующие на рабочие органы культиватора

- R_x составляет тяговое сопротивление
- R_z способность лапы к заглублению
- $h = (0,3 \dots 0,5)a$ (a – глубина обработки)
- $l = 0,5b$ (b – ширина захвата)
- Направление равнодействующей



$$\psi = \pi/2 - (\alpha + \varphi).$$

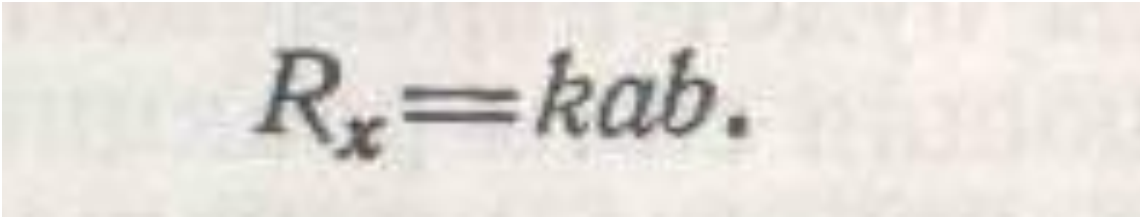
Изменение угла ψ , горизонтальной и вертикальной сил сопротивления в зависимости от глубины обработки a



- ---- - рыхлительная лапа
- ____ - плоскорежущая лапа

Определение силы сопротивления R_x

- Она пропорциональна ширине захвата b , глубине обработки a и зависит от удельного сопротивления почвы k


$$R_x = kab.$$

**Удельное сопротивление почвы может принимать
следующие значения, кПа**

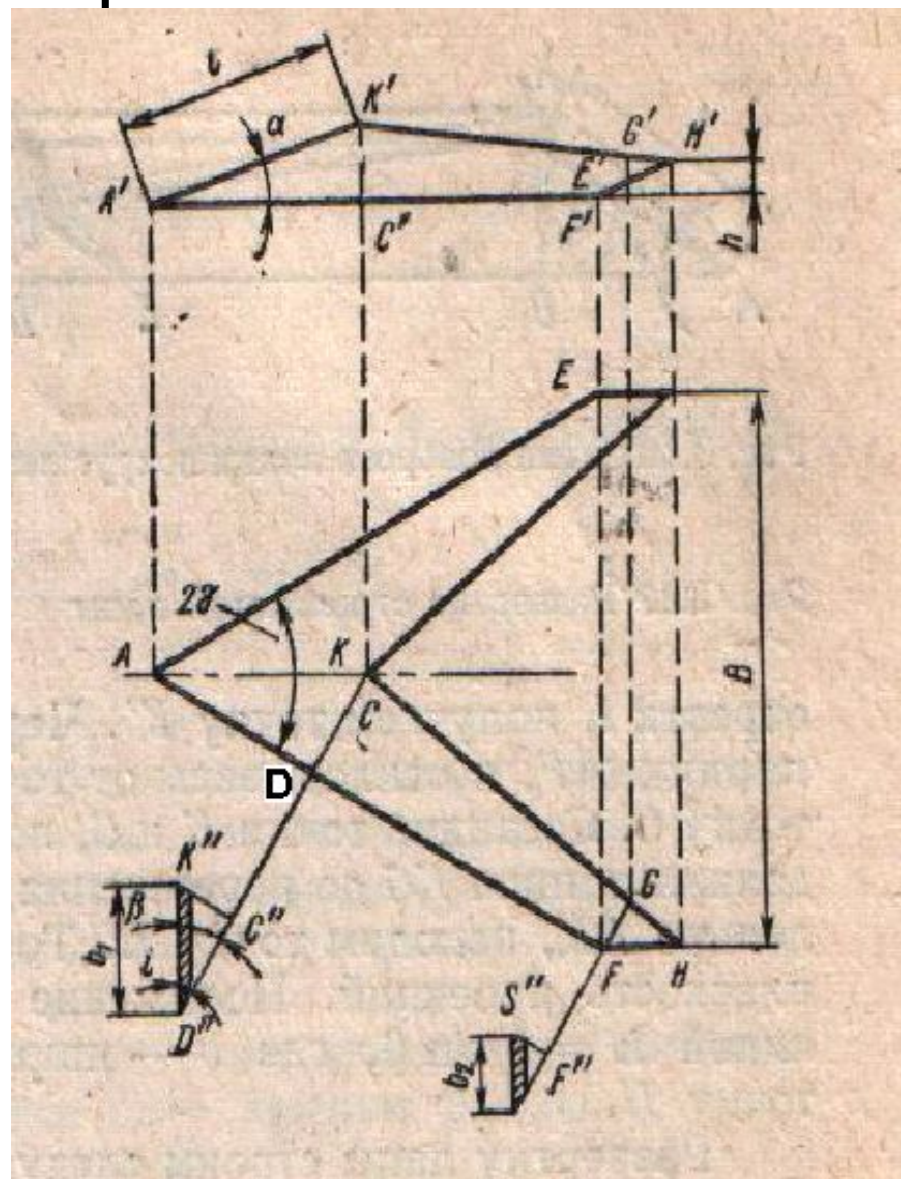
стрельчатые лапы	11...20
рыхлительные лапы	50...100
зубья тяжелых борон	15...30
лапы плоскорезов-глубокорыхлителей	31...46
подкапывающие лемеха	50...60

Проектирование стрелчатых лап

- Исходными данными для проектирования являются ширина b захвата лапы; угол 2γ раствора лезвия, угол крошения β , угол i заточки лезвия, ширина полок лапы b_1 и b_2 , толщина материала δ и радиус закругления в местах перегиба лапы.

К проектированию стрелчатых лап

- Для построения проекций и развертки лапы необходимо найти угол α , образуемый линией $A'K'$ с опорной плоскостью



Проектирование стрелчатых лап

- Угол α определим из выражения

$$\operatorname{tg} \alpha = K'C' / A'C'$$

- а так как $K'C' = K''C'' = b_1 \sin \beta$ и $A'C' = b_1 \cos \beta / \sin \gamma$
- можно записать $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma$

- при этом $A'K' = l = b_1 \sin \beta / \sin \alpha$

Проектирование стрелчатых лап.

Развертка стрелчатой лапы

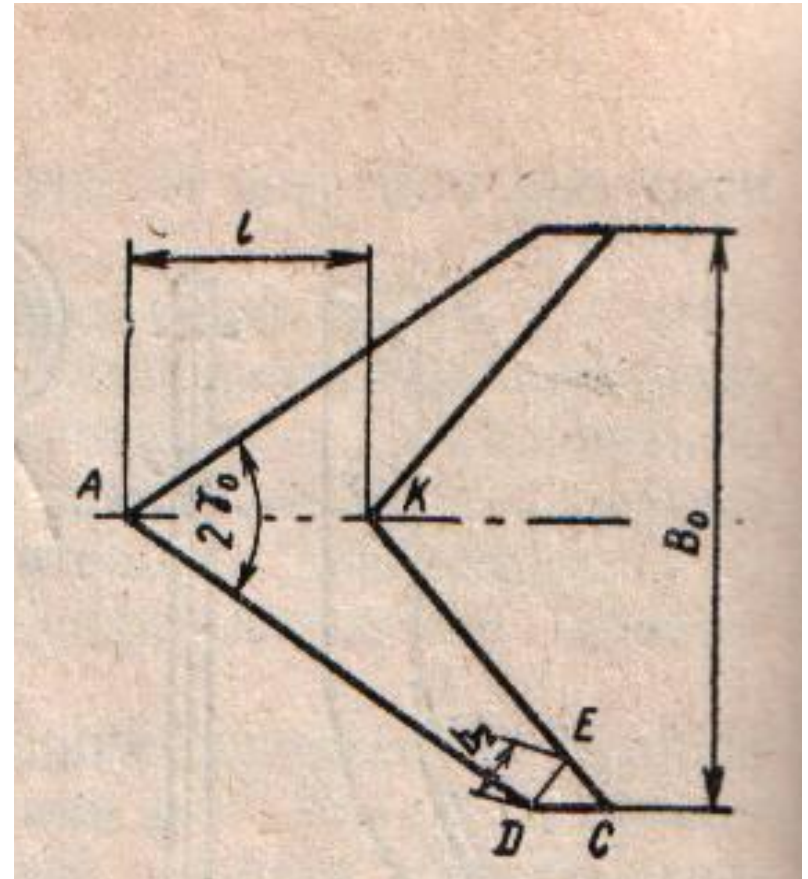
- Для построения развертки необходимо определить угол $2\gamma_0$ раствора полок заготовки

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = b_1 / AD$$

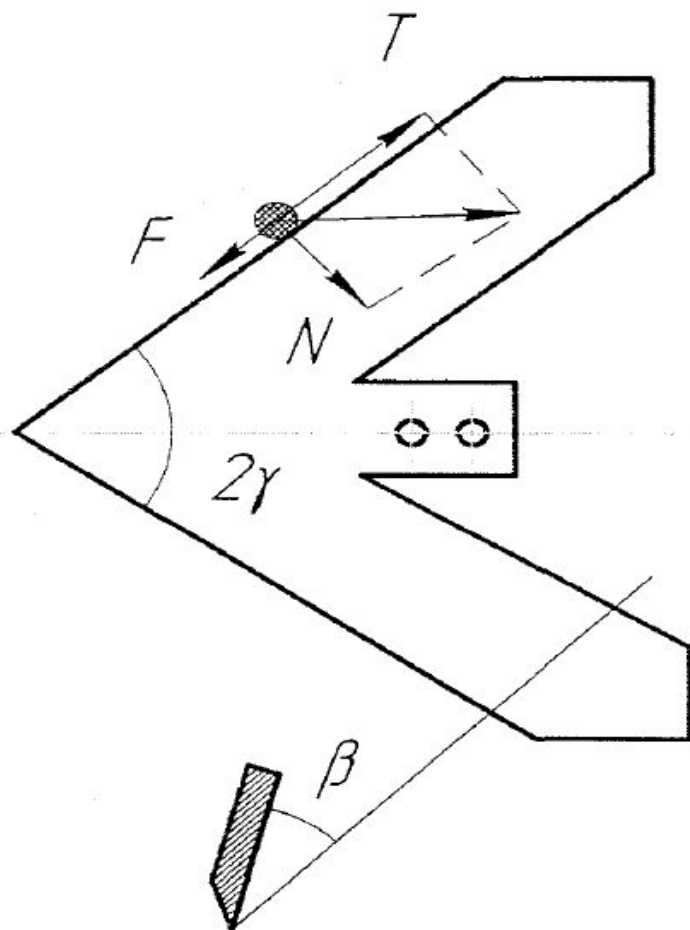
$$\operatorname{tg} \gamma = KD / AD = b_1 \cos \beta / AD,$$

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \operatorname{tg} \gamma / \cos \beta.$$

- Откуда
- Линия CD обреза полки, которая параллельна АК, остается параллельной ей и после совмещения плоскости полки лапы с плоскостью проекции



Обоснование угла раствора стрельчатой лапы



$$T = \frac{N}{\operatorname{tg} \gamma} ; \quad F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi ;$$

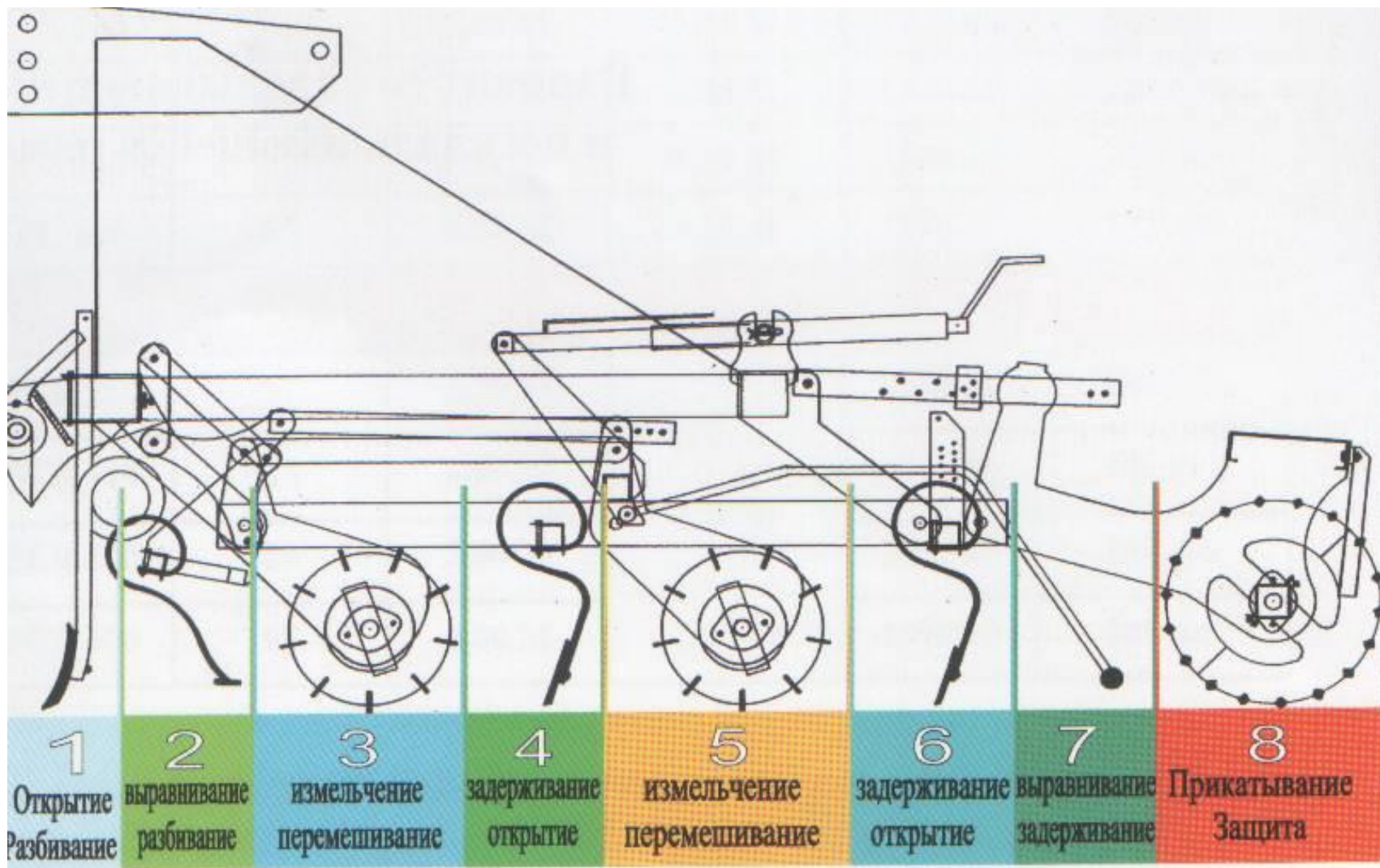
$$\frac{N}{\operatorname{tg} \gamma} \succ N \cdot \operatorname{tg} \varphi ; \quad \operatorname{ctg} \gamma \succ \operatorname{tg} \varphi ;$$

$$\operatorname{tg}(90^{\circ} - \gamma) \succ \operatorname{tg} \varphi ;$$

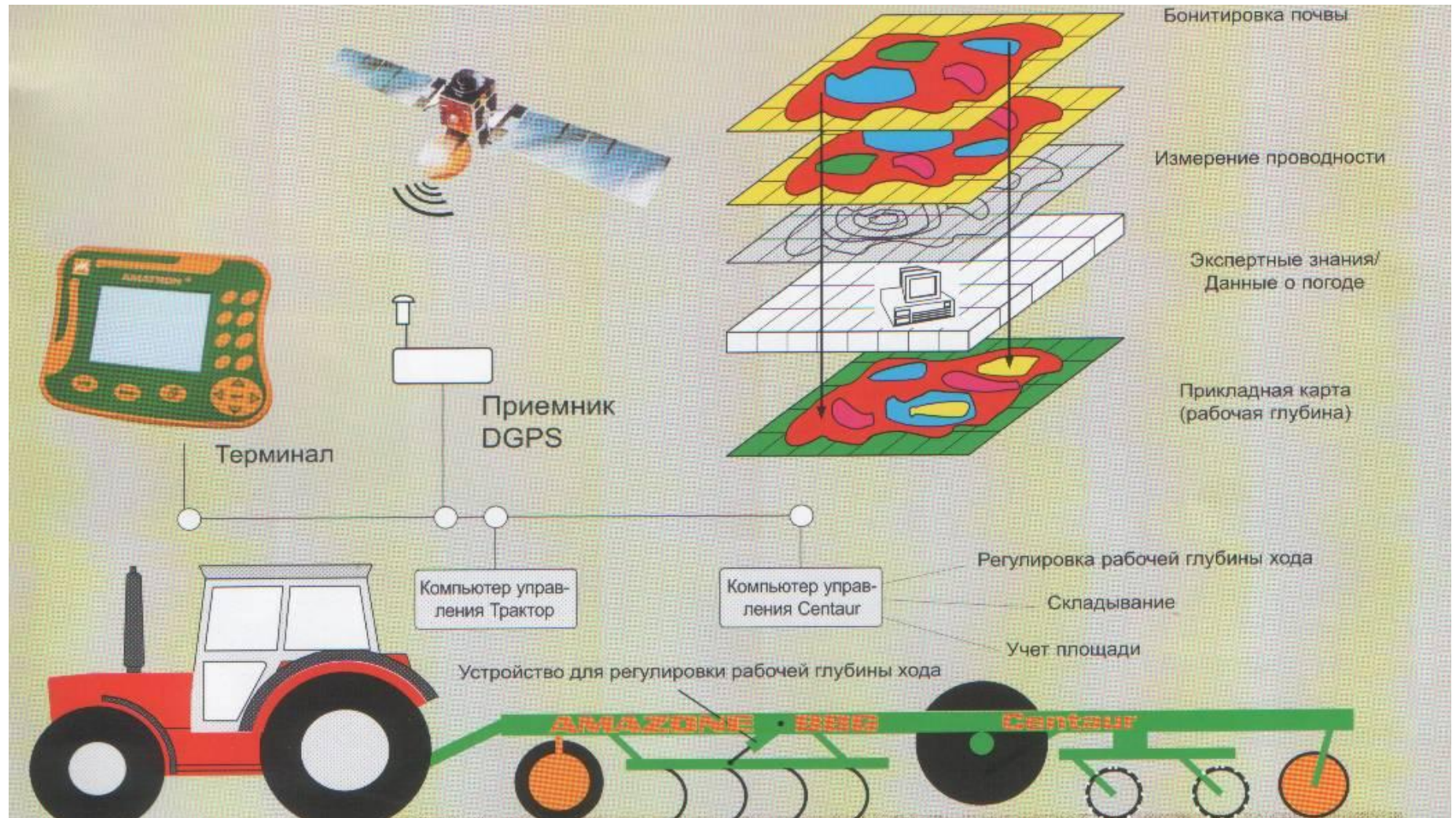
$$90^{\circ} - \gamma \succ \varphi ;$$

$$\gamma \prec 90^{\circ} - \varphi .$$

Современная конструкция комбинированного агрегата
– это 8 одновременно выполняемых операций +
регулируемое измельчение почвы



Энергосбережение при выполнении культивации. Автоматическая установка оптимальной глубины обработки на различных участках поля





Благодарю за внимание!