

Лекция по дисциплине: Основы расчёта машин и процессов в растениеводстве

План

1. История развития сельскохозяйственной техники
2. Общие сведения о проектировании с/х машин
 - 2.1. Особенности проектирования с/х м.
 - 2.2. Содержание и стадии проектирования
3. Основы теории технологического процесса обработки почвы с оборотом

ЛИТЕРАТУРА ОСНОВНАЯ

- 1.Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г.
Сельскохозяйственные машины.- М.:
КолосС , 2008.– 816с.
- 2.Халанский В.М., И.В.Горбачёв.
Сельскохозяйственные машины.- М.:
КолосС, 2004.- 324 с.
- 3.Новая сельскохозяйственная техника за
рубежом (По материалам Международной
выставки «Agritechnika-2007», Ганновер):
Науч. ан. обзор.- М.: ФГНУ
«Росинформагротех», 2008. – 132 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Байнрубо В.И., Мишин П.В., Хузин В.Х. Технология производственных процессов и операций в растениеводстве.- Чебоксары: Изд. «Чувашия», 1999.- 456 с.
2. Федоренко В. Ф., Гольтяпин В.Я. Приборы и оборудование для испытаний сельскохозяйственной техники: Каталог.-М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2004.-104с.
3. Дроздов В.Н., Кандеев В.Ф., Сердечный А. Н. Настройка и регулировка сельскохозяйственной техники для возделывания зерновых культур. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 223 с.

ПРОДОЛЖЕНИЕ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

4. Аванесов Ю.Б., В. И. Бессарабов, И. И. Русанов. Свеклоуборочные машины. – М.: Колос, 1979. – 351 с.
5. Боршов Т.С., Лисовский И.В. Настройка и регулировка мелиоративных машин:
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-х томах.-М.:Колос,1968
7. Ксеневи́ч И.П., Варламов Г.П., Колчин Н.Н. и др. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Том 4-16.- М.: Машиностроение, 1998.

ПРОДОЛЖЕНИЕ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

8.Руденко Н.Е., Землянов Л.С. Справочник по индустриальным технологиям производства овощей. М.: Агропромиздат, 1986.- 288с

10.Справочник конструктора с.х.м. под ред.
.....Красниченко 2 тома

11.Справочник конструктора Ан.....

11. Бодунов И.М., Киселёв В.Е. РАТУРЫ

Плющильные аппараты

льноуборочных машин (конструкция и расчёт).- Тверь: ГУПТО, 2002.-138с.

12. Попов Г.Ф. и др. Тепличное хозяйство. М.: Россельхозиздат, 1986.- 120с.

13. Хвостов В.А. , Рейнгард Э.С. Машины для уборки корнеплодов и лука (конструкция и расчёт).- М.: Полимат, 1995.-230с.

1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сельскохозяйственные машины развивались от простого ручного труда до научно обоснованных систем машин, агрегатов и комплексов. В создании и развитие машин большой вклад внесли учёные, мыслители и мастера, так Михаил Григорьевич Павлов – выпускник математического и медицинского факультетов Московского института является создателем плуга с полувинтовой рабочей поверхностью и ножом скользящего резания, которые применяются в зарубежных и отечественных плугах.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ НАУКИ О

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ

МАШИНАХ

Наука о сельскохозяйственных машинах начала формироваться в конце 19 века. Её основоположником является академик В.П. Горячкин (1868-1935). В своём основном труде «Земледельческая механика» (1919) и других работах он впервые применил законы механики к исследованию технологических процессов работы с/х машин и орудий, классифицировал эти процессы и вскрыл возможности их рационализации. Он разработал общую теорию плуга, молотильного

ПРОДОЛЖЕНИЕ ИСТОРИИ О

СХМ
барабана, методов подобия,
уравновешивания сил инерций, теорию
масс и скоростей . Благодаря трудам В.
П. Горячкина и его последователей -
академиков И.И. Артоболевского, П. М.
Василенко, В.А. Желиговского, А. Н.
Карпенко, М. В. Сабликова, М.Н.
Летошнева и современных учёных Г.Н.
Синеокова, Г.Д. Петрова Н.И. Кленина,
В.А.Сакуна и многих других в нашей
стране сложилась стройная наука о с/х
машинах,

ПРОДОЛЖЕНИЕ ИСТОРИИ О С/Х М

послужившая основой подготовки высококвалифицированных инженеров по специальности 110301.65 - «Механизация сельского хозяйства».

Значительно возросший интерес исследователей нашей страны к теоретическим основам рабочих процессов с/х машин, развитие методов автоматизированного проектирования свидетельствуют о том , что путь создания техники не соответствует современным требованиям.

В настоящее время используется принцип
2. СОДЕРЖАНИЕ И СТАДИИ
перехода от системных машин к системам
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
машинных технологий, отвечающих
различным природным условиям и
организационным формам хозяйств.

В современной технике используют
электронное управление процессами
сгорания топлива, компьютерное
регулирование рабочих органов,
оптимальные условия труда в кабинах
операторов. **Поэтому при**
проектировании, эксплуатации и
техобслуживании с.х.м. необходимо
учитывать

следующие особенности: 1- рабочие органы
2. 1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
с/х машин взаимодействуют с

С/Х М.

материалами, в которых происходят биологические процессы;

2- почвообрабатывающие, посевные, корнеуборочные и др. машины, работающие в абразивной среде, снизить износ рабочих органов;

3- с/х машины совмещают основной технологический процесс при движении по неровному рельефу поля, на что затрачивается тем больше энергии, чем больше их масса.

2.2.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ С.Х. М.

Проектирование – процесс создания машины , установки, узла или детали. Проектирование включает изучение конструкции существующей машины , патентный поиск прототипа и подачу заявки на изобретение, выполнение технологических и конструкторских расчётов, представление чертежей на машину и узлов в двух проекциях, рабочие чертежи деталей и составление спецификаций.

Государственный стандарт устанавливает пять стадий разработки конструкторской документации на проектируемую машину: 1- техническое задание; 2-техническое предложение; 3-эскизный проект; 4-технический проект; 5- рабочая документация.

1. Техническое задание содержит назначение машины, техническую характеристику и показатели качества, агротехнические требования и технико-экономические показатели.

2. Техническое предложение включает техническое и экономическое обоснование целесообразности проектирование в соответствии с техническим заданием и варианты его реализации. В этом предложении конструктор обосновывает главные особенности проектируемой машины или узла в сравнении с прототипом, компоновку и характеристику

3. Продолженный проект содержит сведения о назначении машины, устройстве, принципе работы, основных параметрах и её общий вид.

4. Технический проект содержит окончательные технические решения: общие виды машины, общие виды сборочных единиц, спецификации на машину и узел, рабочие чертежи на все детали.

5. Рабочая документация включает: чертежи сборочных единиц и рабочие чертежи всех деталей, кинематическую, гидравлическую, электрическую схему, спецификацию и пояснительную записку.

Все стадии проектирования предусматривают сравнения технических решений изделия и выбора лучшего варианта.

ОЦЕНКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫБОРА ВАРИАНТА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Для оценки правильности выбора варианта технического решения методом сравнения его с лучшими отечественными и зарубежными образцами – аналогами составляют карту технического уровня и качества продукции. Её содержание включает определение следующих показателей : назначение; технологичность изготовления; технико- экономические ; эстетические; стандартизация и унификация; надёжности и долговечности.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Проектирование современных с.х.м. связано с решением качественно новых задач, с внедрением последних достижений науки и техники. Если нет аналогов рабочих органов , методики расчёта и представления об особенностях их работы, то проводят НИР и ОКР. В процессе НИР и ОКР разрабатывается метод решения поставленной задачи , проектируется узел, изготавливается действующий макет и его испытывают.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЕ О ПОСТАНОВКИ НОВОЙ
Машина для производства постановки
новой машине на производство
подсчитывают её **экономическую**
эффективность. Одним из
показателей эффективности
является **себестоимость** машины
или узла, которая зависит от
сложности конструкции , так же её
технологичности, стандартизация
и унификация

Технологичность – свойство конструкции , позволяющее изготовить изделие с возможно меньшими затратами труда. Принято считать, чем сложнее конструкция , тем она менее технологична. Оценка этого свойства зависит от типа производства(единичное , серийное или массовое) и наличие оборудование на заводе – изготовителе.

Стандартизация играет важную роль в постановке новой машины на производство и эффективности их производства. Она обеспечивает взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц, снижает затраты труда при проектировании и изготовлении машин.

Унификация – это приведение различных видов продукции и средств производства к наименьшему числу типоразмеров, форм, свойств и т.п. В этом ряду одна модель – базовая, а другие её модификации, которые различаются рабочими органами. Унификация повышает серийность и качество продукции и облегчает эксплуатацию машины. Пример .СЗ-3,6 А- базовая модель, СЗУ-3,6; СЗТ-3,6

3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ОБОРОТОМ ПЛАСТА

Обработку почв^(РЕЗНИКОВ) с оборотом пласта (вспашку) выполняют плужным корпусом, рабочая поверхность которого представляет собой развитый пространственный клин. Пересекая тремя взаимно перпендикулярными плоскостями корпус плуга, получают пространственный клин, например $OABC$, с определенными α , γ значениями углов и β соответственно в плоскостях XOZ , XOY и YOZ (рис. 1).

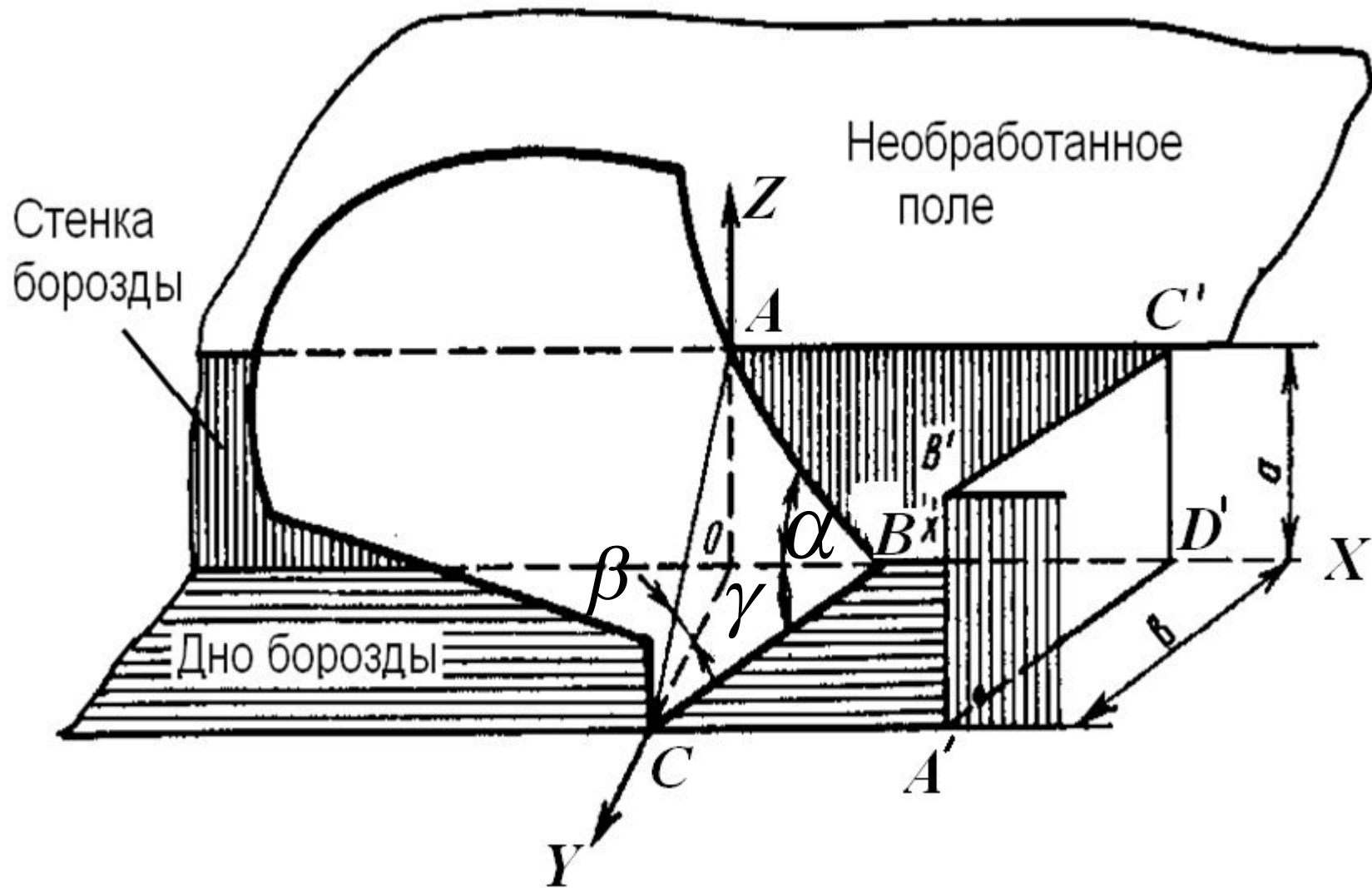


Рисунок 1.-Схема плужного корпуса в открытой борозде

В процессе работы корпус
плуга перемещается в
направлении оси X и подрезает
снизу лезвием лемеха BC
почвенный пласт шириной
захвата b на глубине a
сечением $A'B'C'D' = a \cdot b$

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЦЕССА

ВСТАШКИ

отделяет пласт полевым обрезом АВ от основного массива в вертикальной плоскости и смещает, раскрашивая и оборачивая вправо по ходу движения (правооборачивающий корпус). В образованной борозде различают вертикальную стенку и горизонтальное дно борозды.

АГРОТРЕБОВАНИЯ К ОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПЛУГОМ

К обработке почвы плугом предъявляются следующие основные требования:

- вырезаемые корпусами пласты должны иметь одинаковую высоту и ширину захвата;
- при плотном прилегании пластов друг к другу, находящиеся первоначально на поверхности растительные остатки и удобрения должны быть полностью заделаны в почву;
- поверхность пашни должна иметь слабогребнистый вид;
- стенка и дно борозды должны быть ровными;
- борозда у стенки должна быть свободна от почвенных глыб.

КИНЕМАТИКА ПЛАСТА ПРИ

ВСПАШКИ
На рисунке 2 схематично представлен процесс смещения двух смежных почвенных пластов в поперечном направлении относительно вектора движения агрегата, что соответствует работе двухкорпусного плуга. Впереди идущий корпус вырезает пласт $DCEF$, а последующий — пласт $ABCD$ шириной захвата b и высотой a , равной глубине обработки.

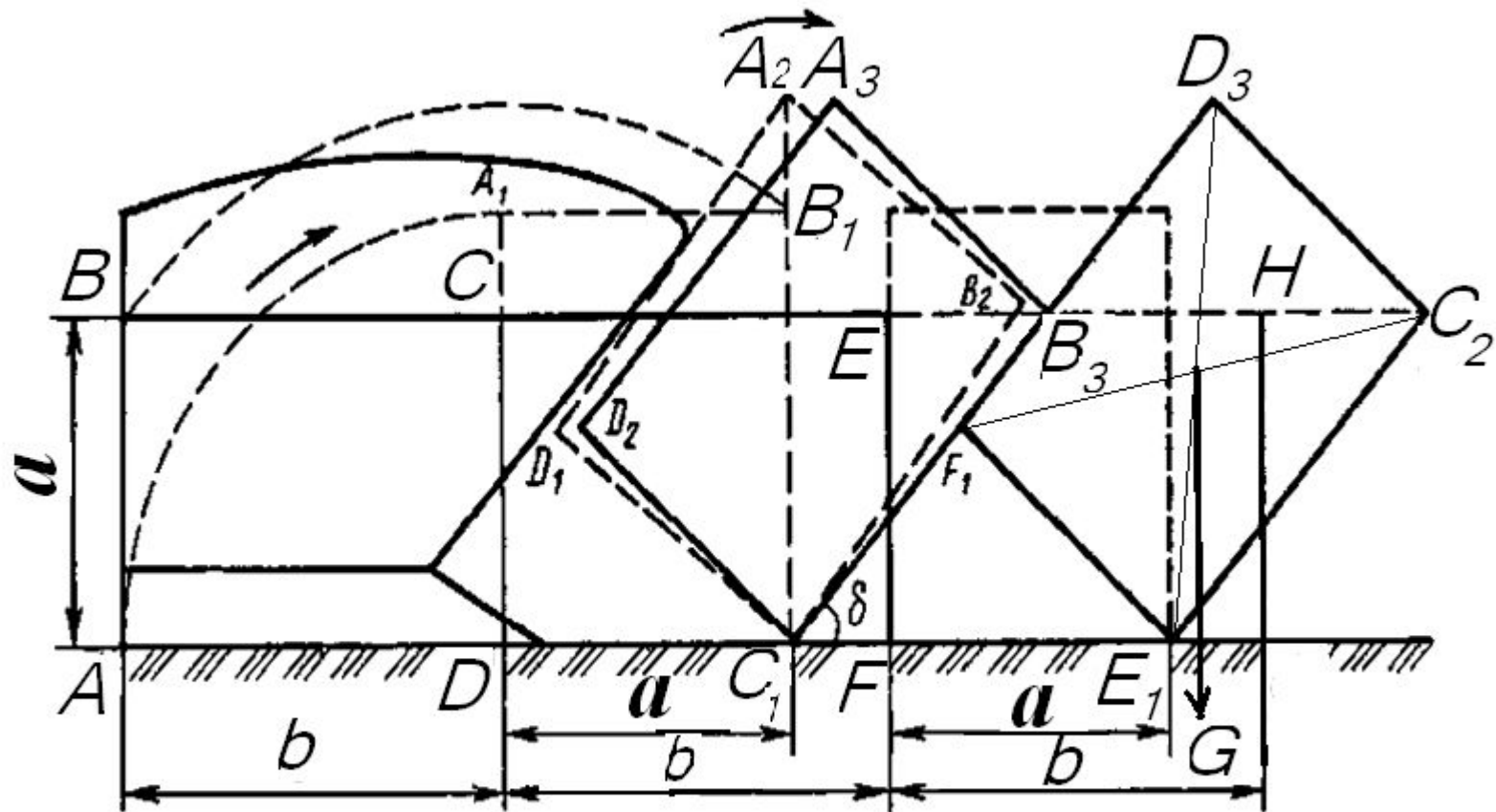


Рисунок 2.- Схема смещения почвенных пластов плужным корпусом в поперечном направлении

ПРОЦЕСС ОБОРОТА ДВУХ СМЕЖНЫХ ПОЧВЕННЫХ ПЛАСТОВ

Считая, что первый пласт ранее занял положение $F_1 D_3 C_2 E_1$ рассмотрим основные фазы перемещения пласта $ABCD$. Отделённый по линии AD лезвием лемеха, а по линии AB полевым обрезом корпуса почвенный пласт вращается относительно точки D по ходу часовой стрелки до тех пор, пока не достигнет положения $DA_1 B_1 C_1'$, условно считая, что пласт не деформируется внутри отделяемого от основного массива объема.

Затем пласт под действием корпуса начинает вращаться в том же направлении относительно другого временного центра вращения, находящегося в точке $C_{1'}$, до соприкосновения с ранее отваленным пластом по плоскости F_1D_3 . В процессе вращения пласта вокруг точки C_1 точка A пласта проходит положение A_2 , когда диагональ C_1A_2 перпендикулярна ко дну борозды. Положение точки A_2 характеризует самое высокое положение пласта над дном борозды, которое является неустойчивым (рис.3)

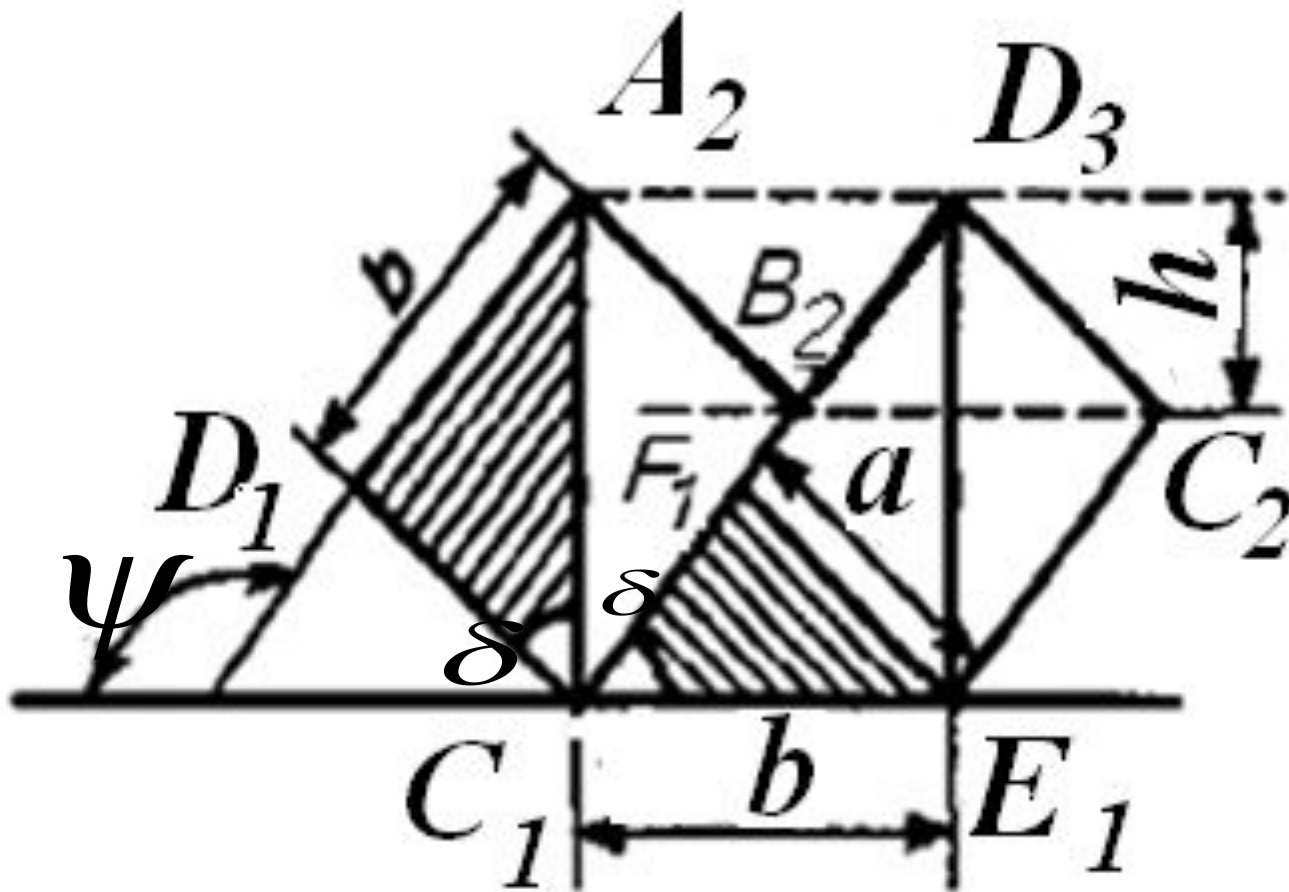


Рисунок 3.- Схема неустойчивого положения пласта

Для того чтобы после прохода корпуса
 плуга пласт не опрокидывался
 обратно в открытую борозду, центр
 тяжести площади поперечного
 сечения пласта должен лежать
 правее точки E_1 пласта о дно
 борозды. Предельное положение
 (неустойчивое) будет таким, при
 котором диагонали $C_1A_2E_1D_3$ и $D_1A_2C_1$,
 располагаются вертикально (рис. 3). Из
 подобия прямоугольных треугольников
 и $C_1F_1E_1$ имеем:

$$\frac{A_2 C_1}{D_1 A_2} = \frac{C_1 E_1}{F_1 E_1}$$

Или

$$\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b} = \frac{b}{a} \quad (1)$$

РЕШЕНИЕ БИКВАДРАТНОГО УРАВНЕНИЯ

Из выражения (1) получим

$$b^4 = a^4 + a^2 b^2 \quad (2)$$

После деления выражения (2) на a^4 получаем

биквадратное уравнение

$$\frac{b^4}{a^4} = \frac{b^2}{a^2} = 1 \quad (3)$$

Обозначив $\frac{b}{a} = k$ и решая это биквадратное уравнение $k^2 = 1$, определим $k_{np} = \pm 1, \pm 2, \dots$

Это означает, что если пахут без предплужников, то глубина не должна быть большей, чем ширина пласта, поделенная на 1,27, иначе пласты вернутся в промежуточное положение, и вспашка будет признана бракованной.

Например, при ширине захвата корпуса 35 см вспашка на глубину более 27 см приводит к нарушению геометрии укладки пластов, и если все-таки надо пахать глубже, то предплужники обязательны.

Чем больше угол наклона k , тем
вспашки δ **действие эффективнее.**

Критическим положением, при котором пласт может свалиться в одну или другую сторону, является неустойчивое положение пласта,

когда диагональ $C_1 A_2$ перпендикулярна ко дну борозды. Устойчивое положения будет k

1,27. Поэтому максимально допустимая

глубина вспашки $a_{max} = b/1,27 = 0,8b$, а

предельный

наклон пласта

$$\delta_{max} = \arcsin \frac{a_{max}}{b} = \arcsin 0,79 = 52^{\circ}$$

Для плугов общего назначения коэффициент k равен 1,4...2,0, при этом крошащие корпуса (с культурными отвалами) принимают меньшие, а оборачивающие (с полувинтовыми и винтовыми отвалами) — большие значения. Специальные плуги, предназначенные для обработки задернелых (луговых, болотных) почв, оборудуются корпусами, обеспечивающими $k = 2... 3$. При необходимости заделки верхнего слоя на максимальную глубину используют предплужник, который устанавливают впереди основного корпуса.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОБОРОТА ПОЧВЕННОГО ПЛАСТА

Угол поворота пласта из первоначального положения δ . Для полной заделки растительных остатков необходимо выдержать условие, чтобы точки B_3 , C_2 и т. д. отвального пласта располагались ниже или на уровне необработанной поверхности почвы.

Показателем качества оборота почвенного пласта плужным корпусом принято считать отношение $b/a = k$ или его обратную величину $1/k = \sin \delta$, где δ — угол наклона пласта к горизонту.

4. ПОСТРОЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ БОРОЗДЫ (ОЧНИКАМ НЕ ИЗЛАГАТЬ) (ЛИСТОБАД С.462)

Под построением профиля борозды понимается вычерчивание на бумаге последовательных положений поперечного сечения пласта при обороте его плугом. Построенный профиль борозды позволяет вычислить площадь поверхности пашни, ее гребнистость и допустимую глубину пахоты данным плугом. Построение делается в предположении, что пласт почвы во время оборота не деформируется.

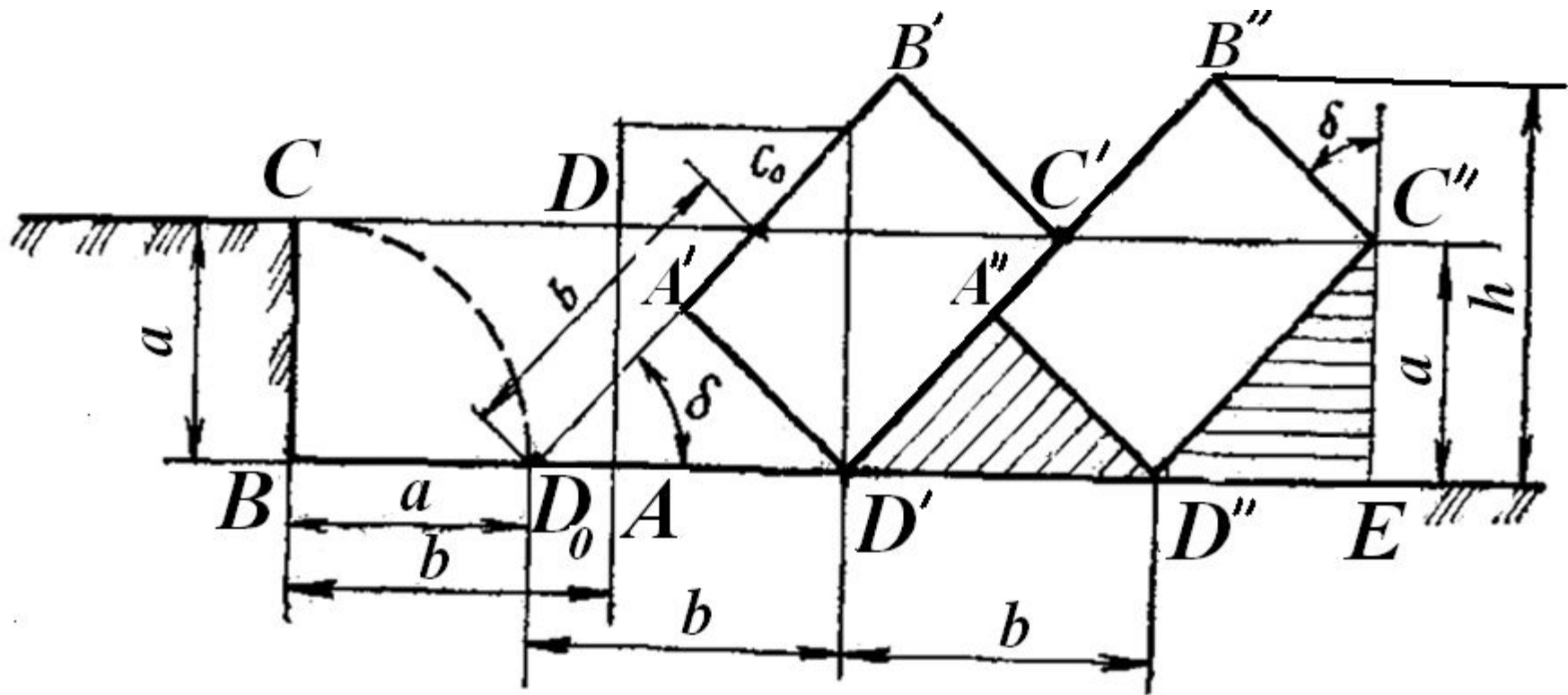


Рисунок 1.- Схема оборота пласта

Пусть a — глубина пахоты, b — ширина захвата корпуса плуга. При построении схемы оборота пласта используются следующие геометрические соотношения (рис. 1).

Ребра пластов D' , D'' и т. д. будут удалены одно от другого на расстояние, равное ширине пласта b .

Грань $A' B'$ отваленного пласта, продолженная до пересечения с дном борозды, отсечет на ней линию BD_0 , длина которой от стенки борозды равна глубине пахоты a .

Точки, стыка отваленных пластов C'' , C'' и т. д. лежат на уровне непаханого поля.

Последнее вытекает из подобия треугольников $D''C''E$ и $A''D''D'$, у которых две стороны и угол δ равны. Учитывая эти соображения, для построения профиля борозды нужно:

1. Отложить на линии дна борозды точку D_0 (сделать засечку на дне борозды из точки B радиусом a);

2. Из точки D_0 , как из центра, сделать засечку радиусом $D_B C_0 = b$ на уровне непаханого поля;

3. Той же дугой, равной b , сделать засечки D' , D'' , а также C'' , C''' и т. д. соответственно на линии дна борозды и на уровне непаханого поля;

4. Восстановить из этих точек перпендикуляры к соответствующим граням пластов, например, CB' , $D'A'$ и т. д.

Угол δ наклона отваленного пласта к горизонту определится из соотношения:

$$\sin \delta = \frac{a}{b} \quad (1)$$

Из подобия прямоугольных треугольников $D'A''D''$ и $D''EC''$ вытекает, что $C''E=A''D''=a$.

Из рисунка видно, что высота точек B' , B'' и т. д. от дна борозды $h=a(1+\delta \cos \delta)$, откуда теоретическая

вспушенность пашни

$$\frac{h}{a} = \frac{a(1 + \cos \delta)}{a} = 1 + \cos \delta \quad (2)$$

Длина S линии $B'C'B''$ поверхности пашни, пропорциональная увеличению площади поверхности, будет равна

$$\begin{aligned} S &= B'C' + C'B'' \\ &= b[\cos(90 - \delta) + \cos \delta] \end{aligned} \quad (3)$$

Очевидно S достигнет максимума при $\delta = 45^\circ$. Учитывая, что $a = b \sin \beta$, будем иметь:

$$\frac{b}{a} = \frac{1}{\sin 45^{\circ}} = 1,41 \approx 1,5 \quad (4)$$

Следовательно, максимальная площадь поверхности пашни будет в том случае, если ширина борозды примерно в 1,5 раза больше ее глубины. При этом выветривание пашни максимальное. Для борьбы с ним необходимо присоединять к плугу борону или устанавливать предплужники. В последнем случае пласт обернется полнее.

4.ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГА

Все более важное значение приобретает необходимость надёжного и точного расчёта тягового сопротивления плуга и нахождения путей по его снижению в целях повышения производительности и снижения расхода топлива.

Сопротивление перемещению плуга при вспашке зависит от многих факторов , типа почвы, её влажности, плотности и твёрдости.

Но существенное влияние оказывает конструктивные особенности корпусов и других рабочих органов плуга : материал, из которого изготовлены рабочие поверхности; тип и расположение опорных колёс.

Расчёт элементов рамы и деталей прицепа или навески , и предохранителей выполняют по максимальному тяговому

РАСЧЁТ ДЕТАЛЕЙ ЛЕМЕШНОГО ПЛУГА

сопротивлению плуга, т.е.

где P – среднее значение P_{max} тягового сопротивления, которое рассчитывается по формуле В.П. Горячкина (1)

$$P = fG + k_{\epsilon} abn + \epsilon abnV^2 \quad (2)$$

k_{ϵ} - коэффициент запаса прочности, который по рекомендации В.Н.Щучкина, составляет для 3-х корпусного плуга 1,7; 4-х корпусного 1,6; 5 корпусного – 1,5 ; 6 ... 8- 1,4.....1.3.

РАСЧЁТ СТОЙКИ КОРПУСА ПЛУГА

Стойку корпуса плуга определяют по сопротивлению аварийно нагруженного корпуса

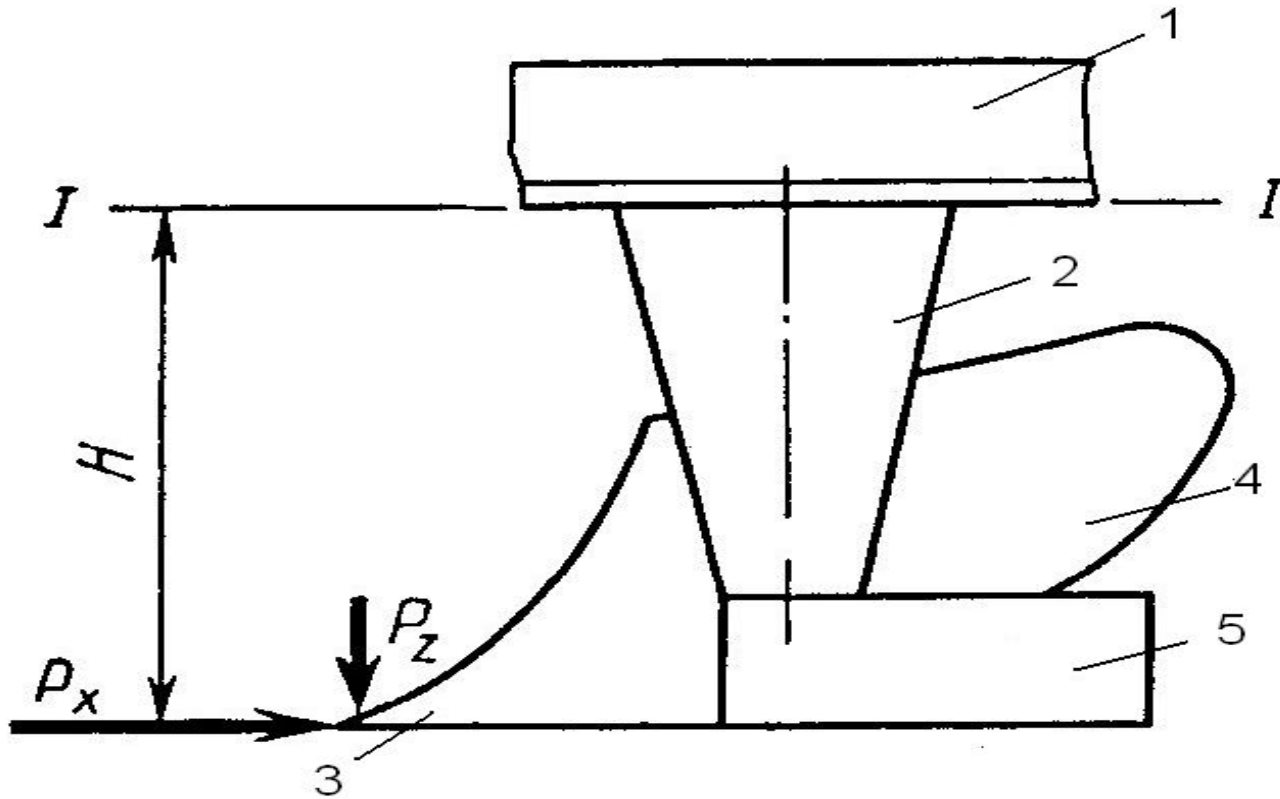
$$P_{ав} = P_{max} - (n - 1)P' \quad (3)$$

где n - число корпусов;

P_{max} - сопротивление одного корпуса, Н

P' - пространственная сила, наклонена к горизонту под углом α , а в горизонтальной плоскости – от перпендикуляра к лезвию лемеха на угол трения ϕ почвы по стали.

Действие сил на плужной корпус на виде с боку



1-балка главная; 2- стойка; 3- лемех; 4- отвал;
5 – доска полевая Рисунок 3.- Схема к расчёту стойки корпуса плуга

Действие сил на плужной корпус на виде сверху

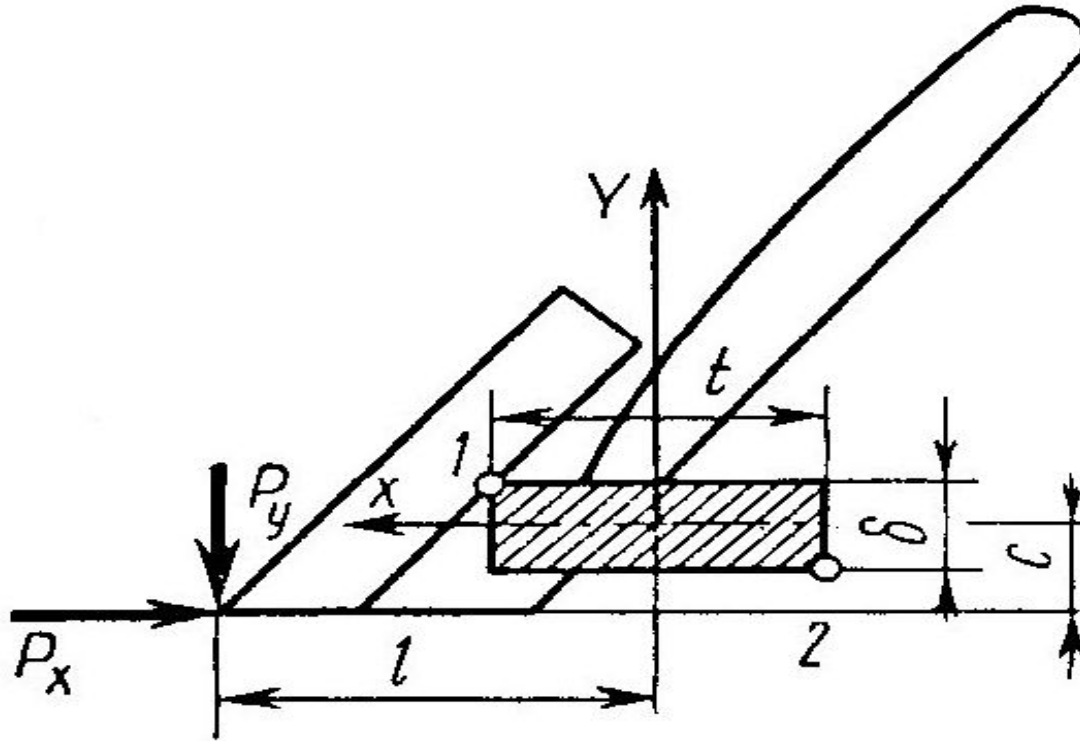


Рисунок 4.- Схема к расчёту стойки корпуса в сечении 1-1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛЫ $P_{ав}$ НА ОСИ КООРДИНАТ

Прикладывая силу $P_{ав}$ к носку лемеха и проектируя на оси координат, получим её проекции, которые принимают в пределах:

$$P_x = 0,95P_{ав}; P_y = 0,35P_x; P = \pm 0,2P_x \quad (3)$$

Учитывая более опасный случай, когда P направлена вниз (рис.3и 4). Стойка прямоугольного сечения подвергается действию косоуго изгиба в двух плоскостях, кручения и внецентрового растяжения. Наиболее нагружено сечение 1-1.

РАСЧЁТ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА СТОЙКИ КОРПУСА ПЛУГА

Начало координат выбирают в центре тяжести опасного поперечного сечения, а оси координат совпадают с главными его осями. В продольно-вертикальной плоскости действует изгибающий момент

$$M_y = P_x H + P_z l, \quad (4)$$

где H - высота стойки, м;
 l - расстояние от носка лемеха до центра сечения стойки.

РАСЧЁТ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА В ПОПЕРЕЧНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

В поперечно-вертикальной плоскости

$$M_x = P_y H - P C \quad (5)$$

Опасное сечение воспринимает крутящий

момент $M_{кр} = P_x C + P_y l \quad (6)$

Наиболее опасной следует считать точку 1, так как в ней возникают нормальные напряжения растяжения.

В точке 1 с координатами $x_1 = \frac{t}{2}$ и

$y = \frac{\delta}{2}$ определяют нормальные напряжения от изгибающего

момента в продольно-вертикальной плоскости

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{6M_y}{\delta t^2}$$

РАСЧЁТ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОДОЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

$$\sigma_y = \frac{M_y \cdot x_1}{I_y} \quad (7)$$

или

где W_y - момент сопротивления стойки относительно оси Y;

I_y - момент инерции сечения стойки относительно оси Y.

$$I_y = \frac{t\delta^3}{12} \quad (8)$$

РАСЧЁТ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОПЕРЕЧНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Нормальные напряжения от изгибающего момента в поперечно-вертикальной плоскости определяют из выражений

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{6M_x}{t\delta^2} \quad \text{или} \quad \sigma_x = \frac{M_x \cdot x_1}{I_x} \quad (9)$$

где W_x - момент сопротивления стойки относительно оси X;

I_x - момент инерции сечения стойки относительно оси X;

$$I_x = \frac{t \cdot \delta^3}{12} \quad (10)$$

РАСЧЁТ НАПРЯЖЕНИЯ
 Напряжения растяжения вызываемые
РАСТЯЖЕНИЯ сил растяжения вызываются из выражения

$$\sigma_p$$

$$P_z$$

(11)

Суммарное нормальное напряжение в
 точке 1 от косоугольного изгиба и растяжения
 составит

(12)

Касательные напряжения от кручения
 стойки

τ

$$\tau = \frac{M_k}{W_k}$$

(13)

РАСЧЁТ ПРИВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ И УСЛОВИЯ ПРОЧНОСТИ СТОЙКИ КОРПУСА

Приведенное напряжение в точке 1
определяют по третьей теории прочности

Стойка удовлетворяет условиям прочности при

$$\sigma_{pr} = \sqrt{\sigma_1^2 + 4\sigma_2^2}$$

где σ_{pr} - допустимое напряжение, МПа. Для стали 45 $[\sigma] = 200$ МПа. При $t = 210$ мм; $\delta = 30$ мм; $[\sigma] = \dots$

5. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГА (ЛЕМЕХА, ДОСКИ)

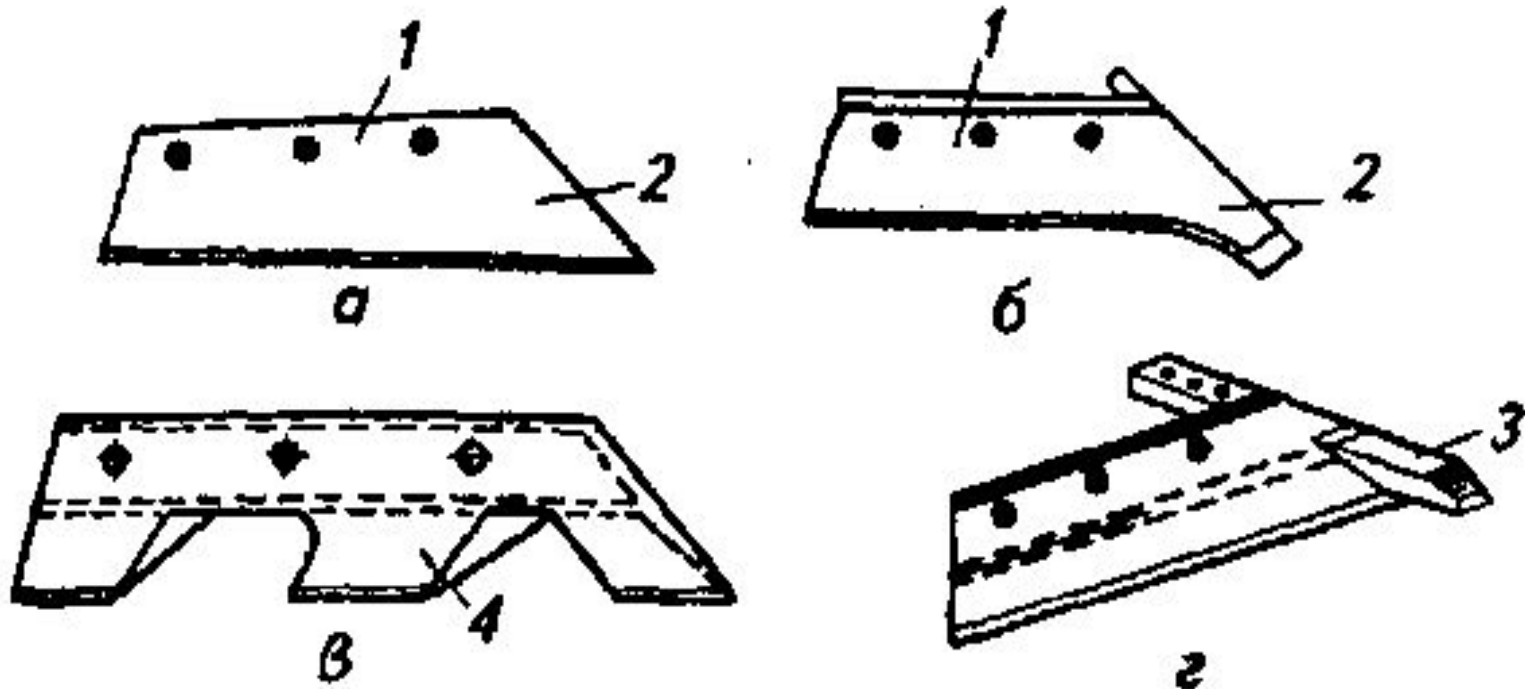
БОСОЙ

Трапецевидные лемеха (рис. 1, а)

устанавливают на корпуса для вспашки легких почв, они проще других при изготовлении, образуют ровное дно борозды, но хуже заглубляются, особенно на плотных почвах, у них быстрее изнашивается носок лемеха. Для восстановления лемехов их оттягивают, используя запас металла (магазин) на их тыльной стороне.

Долотообразные лемеха (рис. 1, б) применяют на плугах, предназначенных для вспашки тяжелых почв. Носок 2 таких лемехов выполнен в виде долота, он отогнут в сторону поля на 6 мм и вниз до 10 мм, за счет чего легче заглубляется и устойчивее движется при работе.

Зубчатые лемеха (рис. 1, в) находят применение на плугах для вспашки каменистых почв и на мелиорированных землях, заросших кустарником.



а — трапециевидные; б — долотообразные; в — зубчатые; г — с выдвижным долотом; 1 — пятка; 2 — носок; 3 — долото; 4 — зуб

Рис. 1. - Виды лемехов

Прерывистое лезвие подрезает по длине лезвия лемеха часть пласта, а другую часть отрывает от дна борозды. Отрыв менее энергозатратен в сравнении с резанием, за счет чего уменьшается сопротивление корпуса.

Лемеха с выдвижным долотом (рис. 1, г) применяют для обработки каменистых и обычных почв. Долото закрепляют на лемехе или стойке плуга. По мере износа его можно менять, выдвигать, или переворачивать другим концом (реверсивные долота). Лемеха с долотом реже обламываются, их легче заменить и заточить.

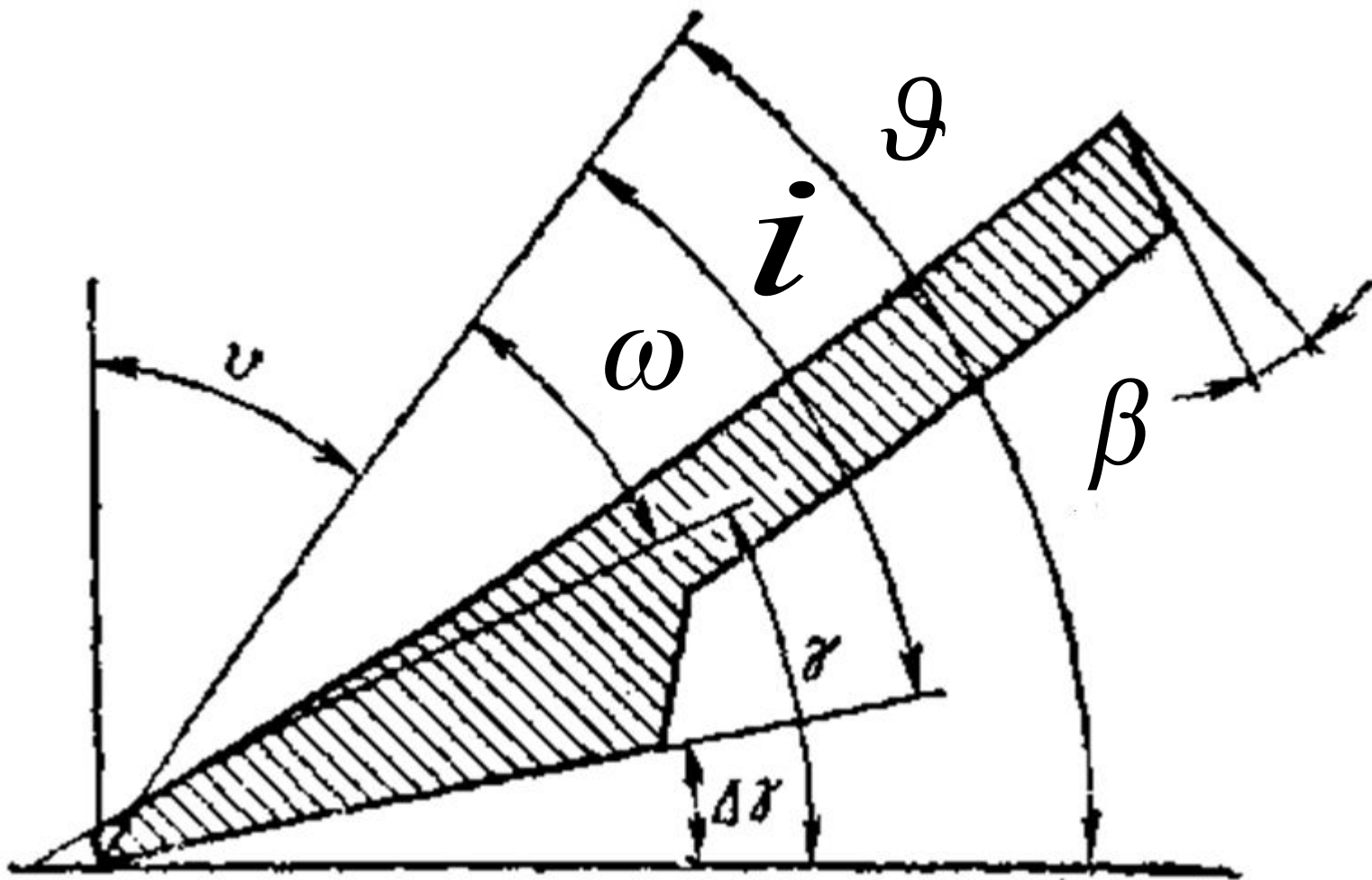
ПЛУЖНЫЙ ЛЕМЕХ РАБОТАЕТ ПРИ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА. ПРИ УСЛОВИИ, ЧТО ЛЕЗВИЕ ЛЕМЕХА РАСПОЛОЖЕНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО К НАПРАВЛЕНИЮ ВЕКТОРА СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ, ГЕОМЕТРИЮ ЛЕМЕХА МОЖНО ПРЕДСТАВИТЬ ТАК, КАК ПОКАЗАНО НА РИС. 2. ЗАДНИЙ УГОЛ ПРЕДОХРАНЯЕТ НИЖНЮЮ ГРАНЬ ЛЕМЕХА ОТ ТРЕНИЯ О СРЕЗАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, Т. Е. О ДНО БОРОЗДЫ, И СВЯЗАН С

УГЛОМ РЕЗАНИЯ i И УГЛОМ ЗАОСТРЕНИЯ ϑ ЗАВИСИМОСТЬЮ

$$\Delta\gamma = \vartheta - i$$

Обычно

$$5^{\circ} \leq \Delta\gamma \leq 10^{\circ}$$



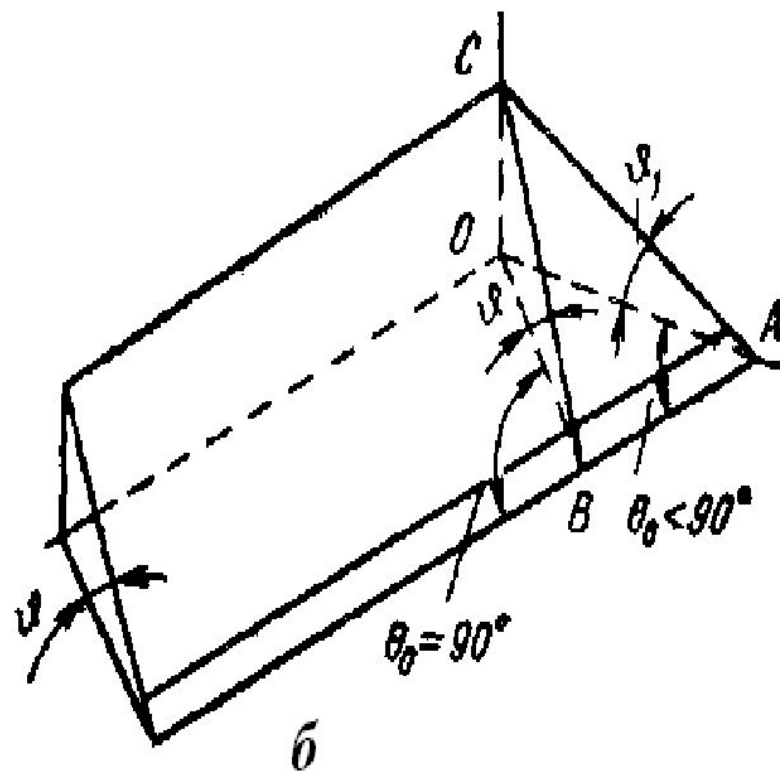
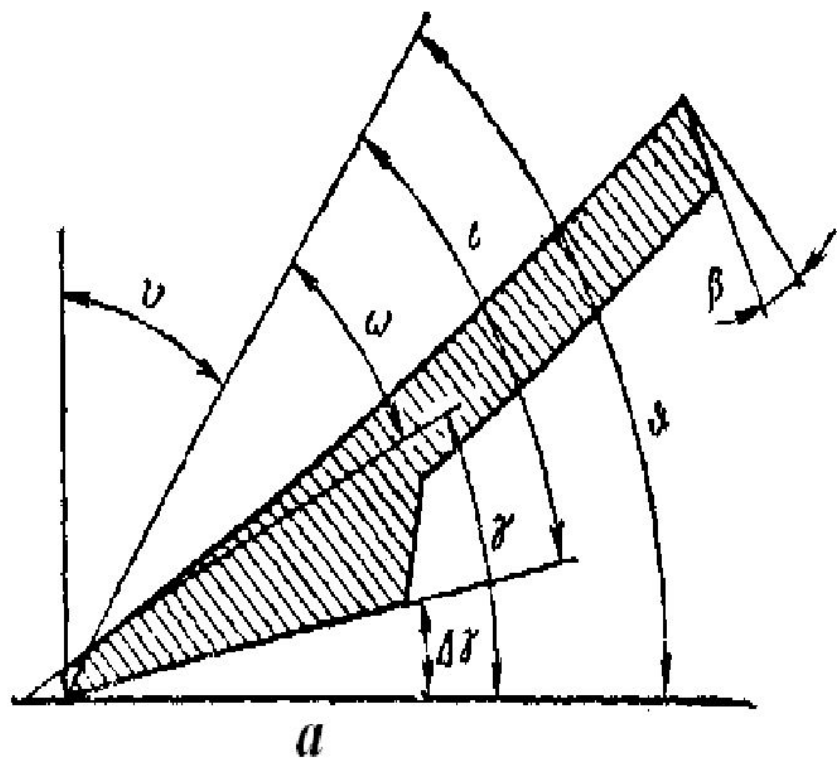


Рис.3.- Углы лемеха (а) и схема для определения кинематических параметров лемеха (б)

Угол γ_1 лемеха характеризует крошащую способность корпуса. С его увеличением повышается крошение пласта, но одновременно возрастает и сила сопротивления крошению. Поэтому при выборе угла γ_1 необходимо учитывать оба эти фактора.

В плугах с винтовыми отвалами, подъем рабочей поверхности у которых более пологий, лемех устанавливают под меньшим углом крошения и, наоборот, в плугах с короткими культурными отвалами лемех устанавливают более круто.

УСТАНОВКА ЛЕМЕХА К ДНУ БОРОЗДЫ

Общий угол установки лемеха к дну борозды принимают равным для культурных и $20—25^\circ$ для подвальных отвалов.

Угол i заострения лезвия оказывает большое влияние на процесс резания и качество среза слоя почвы. С потерей лезвием первоначальной формы возрастает сопротивление почвы и резко снижается качество работы. Наиболее устойчиво и качественно лемех работает при угле заострения

$$25^\circ \leq i \leq 35^\circ$$

При расчете геометрических параметров углы $\Delta\gamma, \gamma_1$ и i являются основными, а остальные — как бы производными от них: угол резания $\vartheta = i + \Delta\gamma$; передний угол $\nu = (\pi / 2) - \vartheta$; угол заточки $\omega = (\pi / 2) - (\nu + \gamma_1)$; угол $\beta = 10^\circ$. Эти параметры относятся к статической геометрии лемеха и указываются на чертежах в сечении лемеха плоскостью, перпендикулярной к лезвию лемеха.

КИНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕМЕХА
НЕСКОЛЬКО ОТЛИЧНО. ЛЕМЕХ ПРИ РАБОТЕ В БОРОЗДЕ
РАСПОЛАГАЕТСЯ НЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО К
НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ, А ПОД НЕКОТОРЫМ УГЛОМ
< 90° (рис. 2,б). ОПРЕДЕЛИМ ОПТИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
УГЛА НАКЛОНА ЛЕЗВИЯ К СТЕНКЕ БОРОЗДЫ В
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ В ИЗВЕСТНОЙ СТЕПЕНИ
ПРЕДОПРЕДЕЛЯЕТ БОКОВОЙ СДВИГ ПЛАСТА И
КРОШАЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ОТВАЛА, А ТАКЖЕ ВЛИЯЕТ И
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ХОДА ПЛУГА В БОРОЗДЕ. ИЗ
ТРЕУГОЛЬНИКОВ ОСА И ОВА

$$OC = OB \operatorname{tg} \vartheta = OA \vartheta_1 \quad (1)$$

КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

ДЕМЕХА

ИЗ ТРЕУГОЛЬНИКА ОВА ИМЕЕМ

Следовательно $OB = OA \sin \theta$, (2)

Из выражения (3) получим $OA \operatorname{tg} \vartheta = OA \operatorname{tg} \vartheta \sin \theta_0$ (3)

По аналогии определяем остальные величины $\operatorname{tg} \vartheta = \operatorname{tg} \vartheta \sin \theta_0$ (4)

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \operatorname{tg} \gamma_1 \sin \theta_0, \quad \operatorname{tg} \Delta \gamma_1 = \operatorname{tg} \Delta \gamma \sin \theta_0 \quad (5)$$

ЗНАЧЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ЛЕМЕХА К СТЕНКЕ БОРОЗДЫ

Акад. В. П. Горячкин рекомендовал принимать угол θ_0 в пределах $35—45^\circ$.

При выборе конкретного значения угла θ_0 в рекомендованных пределах руководствуются назначением отвала: чем больше должны быть крошащая способность отвала или сдвиг пласта в сторону пашни, тем ближе к верхнему пределу надо выбирать угол θ_0 . Кроме того, для рабочих поверхностей, предназначенных для работы на повышенных скоростях ($8—9$ км/ч), углы θ_0 и γ принимают несколько меньшими: $\theta_0—32\dots38^\circ$ и $\neq 23\dots27^\circ$.

РОЛЬ ЛЕЗВИЯ ЛЕМЕХА В РАБОТЕ ПЛУГА
На долю лемеха приходится примерно 40% общих затрат энергии на вспашку, что составляет 50—60% сопротивлений рабочей поверхности корпуса плуга. Остальные 50—40% сопротивлений приходится на долю отвала.

Значительная часть этой энергии расходуется на уплотнение дна борозды. При этом происходит образование так называемой «плужной подошвы», которая вредно сказывается на водном и воздушном режиме почвы.

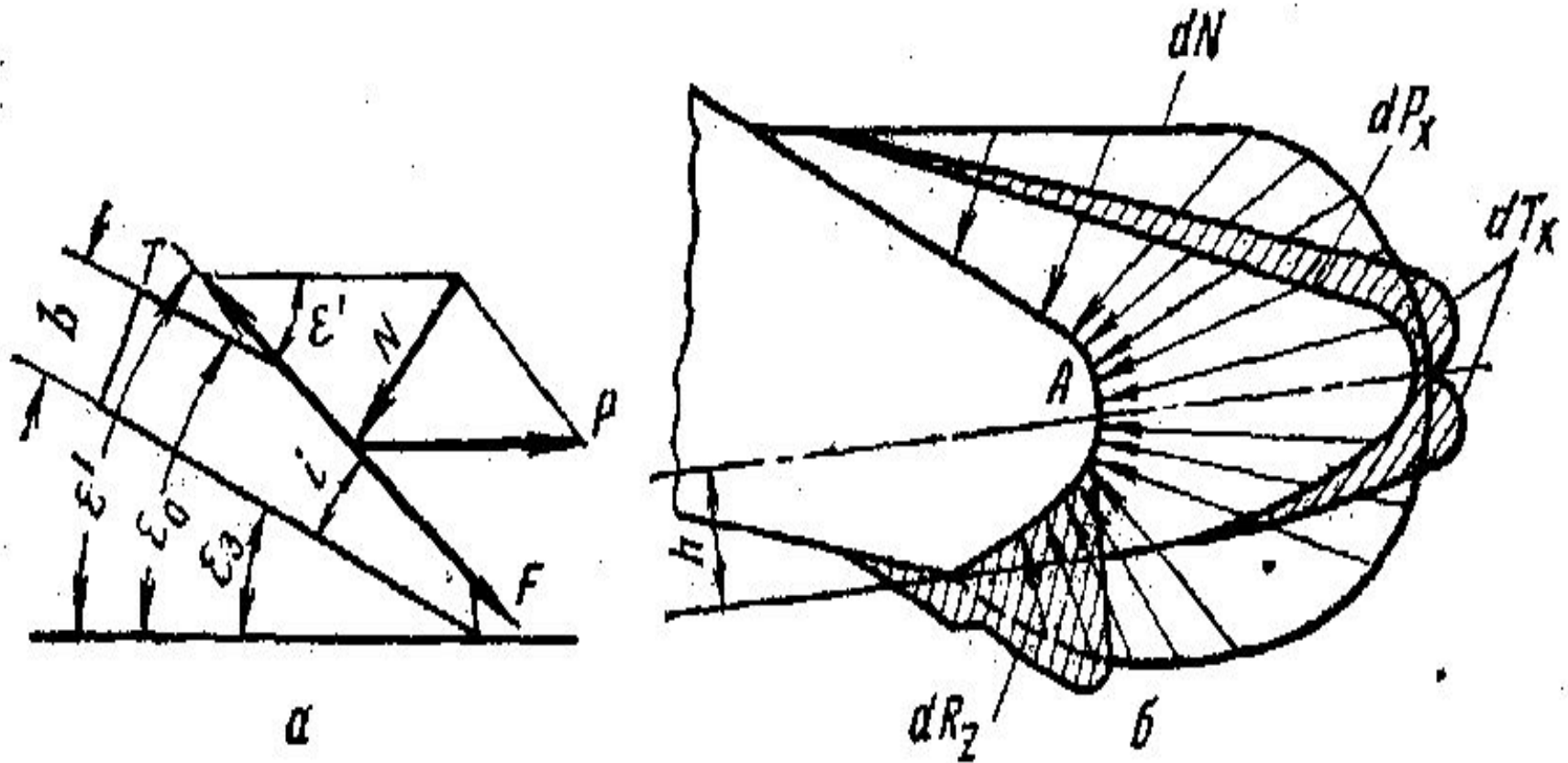
В работе лемеха особо важная роль принадлежит лезвию. Работа лезвия отличается от работы остальной части лемеха и отвала главным образом тем, что лезвие лемеха уплотняет (сгруживает) лежащую впереди его почву, тогда как для остальной части поверхности корпуса сгруживание почвы недопустимо. В результате сгруживания почвы впереди лемеха образуется уплотненное ядро. Оно не имеет ярко выраженных границ перехода к массиву почвы, и его размер быстро изменяется .

Вначале диаметр ядра по значению близок к ширине фаски лезвия, затем ядро увеличивается до тех пор, пока окружающая почва не разрушит его силами трения и нормального давления. После этого образуется новое ядро, т. е. процесс циклически повторяется на отрезке пути примерно 5—15 мм.

Одновременно с разрушением ядра в окружающей его почве образуются мелкие трещины, которые затем увеличиваются при подъеме пласта по поверхности корпуса плуга.

Необходимо, чтобы ядро располагалось выше дна борозды, иначе начальные трещины окажутся на дне борозды, где они не нужны.

Следовательно, не лезвие, а идущее впереди него ядро из уплотненной почвы разрушает связи пласта со дном борозды. Лезвие лемеха участвует в образовании ядра — создает для этого предпосылки и защищает дно борозды. Поэтому лезвие изнашивается с нижней стороны быстрее, чем с верхней. Лемех оттягивают не для того, чтобы он лучше резал,



а — силы, действующие на лезвие лемеха; **б** — изменение элементарных сил нормальных давлений dN , касательных dT_x , горизонтальных dP_x и вертикальных dR_z при затуплении лезвия лемеха

Рис. 4. Схема сил, действующих на лезвие лемеха:

а напротив, делают угол α' между лезвием и дном борозды таким, чтобы лежащая впереди лезвия почва сгруживалась. Для этого касательная сила $T = Mg \sin \alpha'$ (рис. 4, а) должна быть меньше силы трения $F = N \tan \varphi$ или $\alpha' \leq 90^\circ - \varphi$.

Известно, что $\varphi = 14-42^\circ$, $\alpha_0 = 30^\circ$ у обычных и $20-25^\circ$ у скоростных плугов; угол α' лезвия должен быть в пределах $50-75^\circ$. Отсюда угол заточки лемеха для разных почв $20...45^\circ$.

По мере затупления лезвия лемеха (рис. 4, б) возрастает нормальное давление элементарных сил dN , составляющих сил трения dT_x , составляющих реакций со стороны дна борозды dR_z , выталкивающих плуг из почвы, и составляющих элементарных сил dP_x сопротивления плуга. Все это увеличивает сопротивление плуга до 30% и более, ухудшает условия его заглубления в почву и делает ход плуга неустойчивым.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ
Лемеха изготавливают из двухслойной стали, верхний слой из лемешной стали Л53 повышенной прочности, а нижний — из высоколегированной хромистой стали Х6Ф1. Такие лемеха подвергают закалке с отпуском на ширину 35...70 мм, большая ширина соответствует полевому обреза лемеха. Твердость в обработанной зоне должна соответствовать HRC 47...59. Затачивают лемеха с верхней поверхности под углом 25...35° и толщине заточенного лезвия не более 1 мм.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ
ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОТЫ
ЛЕМЕХА для повышения долговечности работы за
счет наплавления с нижней стороны
лемеха слоя из твердых сплавов, а
также включения в слой пластинок из
карбида, а также из керамических
материалов. **Лемеха**
выбраковывают после того , как их
ширина уменьшится до 90 мм и
болты крепления начинают касаться
дна борозды.

2. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВОЙ ДОСКИ

Существует две методики расчета длины полевой доски – по В.П. Горячкину и по Г.Н. Синеокову.

Прямолинейность движения и равномерность хода по глубине обеспечивается полевыми досками, которые упираясь в стенку и дно борозды, препятствуют смещению плуга как в горизонтальной так и в вертикальной плоскостях (рис.5).

7. Расчет длины полевой доски

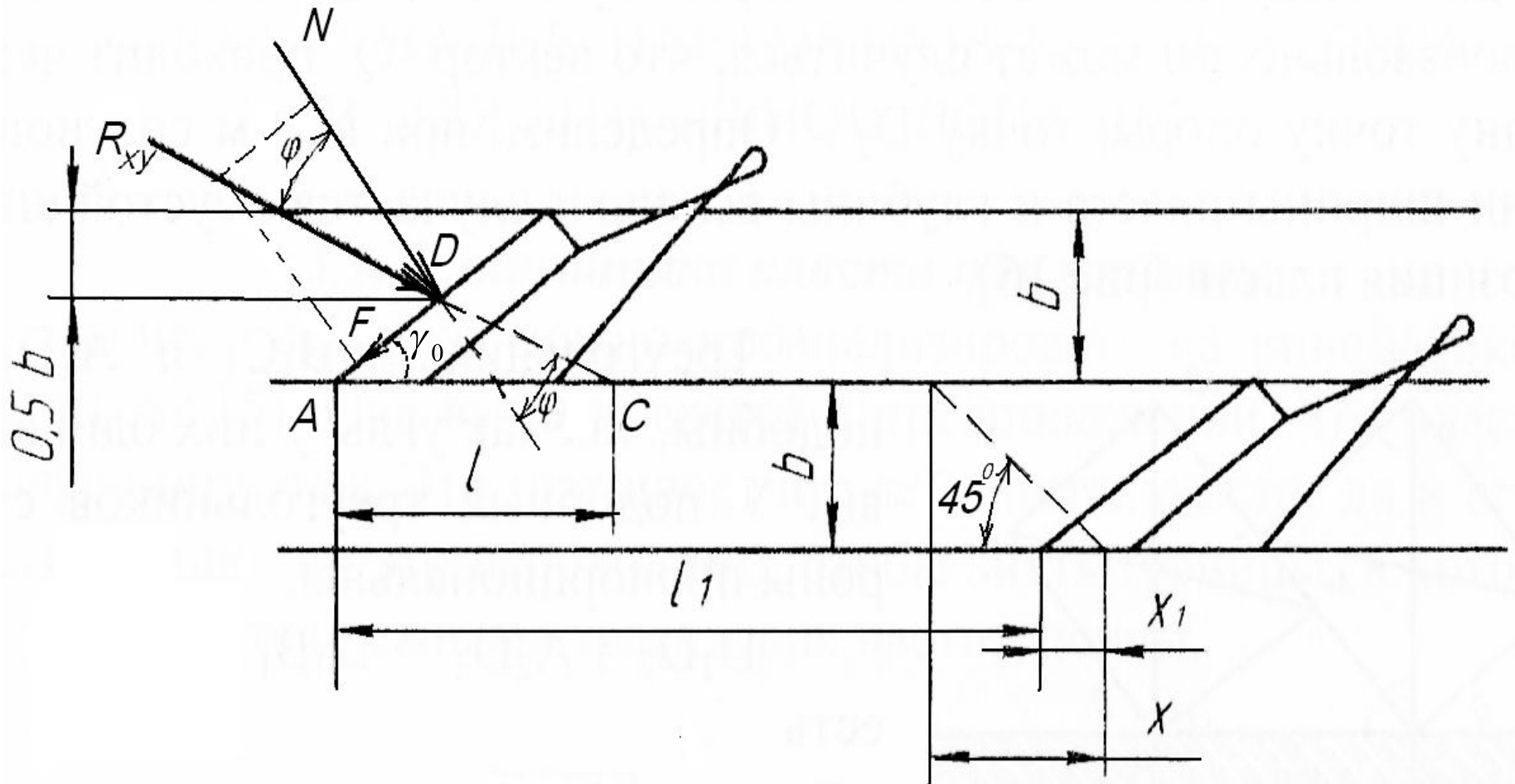


Рисунок 5.- Схема к расчёту длины полевой доски

МЕТОД РАСЧЁТА ДЛИНЫ ПО В. П.

ГОРЯЧКИНУ

По В.П. Горячкину, длина полевой доски выбирается такой, что бы её хватило до точки пересечения линии действия силы R_{xy} со стенкой борозды. Из треугольника ADC по теореме синусов можно записать соотношение сторон:

$$\frac{AC}{AD} = \frac{\sin(90 - \varphi)}{\sin(90 - \gamma_0 - \varphi)} \quad (1)$$

ДАЛЕЕ РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДОСКИ

Где $AC = \frac{b}{2 \sin \gamma_0}$ (2)

Отсюда $AC = l = \frac{b \cos \varphi}{2 \sin \gamma_0 \cos(\gamma_0 + \varphi)}$ (3)

Ширина полевой доски должна быть не более $2/3a$, иначе в верхнем слое она не воспринимает нагрузку.

Её площадь должна обеспечивать давление не более 5 Н/см^2 , или $0,05 \text{ МПа}$.

РАСЧЁТ ДЛИНЫ ПОЛЕВОЙ ДОСКИ ПО Г. Н. СИНЕЖКОВУ
По Г.Н. Синержкову, полевая доска не должна мешать работе следом идущего корпуса. Перед лемехом в почве постоянно образуется опережающая трещина, идущая вперёд пол углом примерно 45° к направлению движения. Она начинается на отставании x_1 от носка лемеха и выходит в открытую борозду, продолжаясь на удаление x по ходу плуга. Чтобы эта опережающая трещина не упиралась в полевую доску переднего корпуса и имела свободный выход в открытую борозду, надо размещать корпуса по просторнее, то есть

ПРОДОЛЖЕНИЕ РАСЧЁТА ДОСКИ ПО Г. Н. СИНЕОКОВУ

$$l + x_1 \geq l + x$$

$$x_1 \approx 0,5a; x = b$$

отсюда

$$l \leq l_1 + 0,5a - b$$

УГОЛ УСТАНОВКИ ПОЛЕВОЙ ДОСКИ

доска должна быть поставлена под углом α_0 к стенке и дну борозды, чтобы она могла воспринимать давление до того, пока корпус развернется на уменьшение угла γ_0 , а задняя полевая доска

может быть длиннее других, так как она не мешает другим корпусам.

В процессе взаимодействия полевой доски с почвой пятка быстро изнашивается. Поэтому на плугах применяют доски со сменными пятками.

МАТЕРИАЛ ПОЛЕВОЙ

ДОСКИ

Полевые доски изготавливаются из полосовой стали и подвергаются закалке и отпуску, обеспечивая твёрдость в пределах HRC 47...59.

Сменные пятки полевых досок отливают из высокосортового белого чугуна.

В некоторых плугах задние полевые доски заменяют сферическими дисками или упорными роликами, что снижает на 2..3% сопротивление корпуса и обеспечивает большую прямолинейность хода плуга

Силы сопротивления почвы,
СИЛЫ ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА КОРПУС ПЛУГА
преодолеваемые при работе корпусом
БСОИ
плуга, представляют собой
пространственную систему сил и не могут
быть приведены к одной
равнодействующей. Однако в каждой
плоскости проекции, т. е. в горизонтальной
 xOy (рис. 1) и вертикальной zOx (рис.2) и
поперечной zOy (рис.3) , суммарное
действие элементарных сил сопротивления
почвы можно представить одной
резльтирующей силой определенной
величины и направления.

Значение этих сил определяют пространственным динамометрированием плужного корпуса .

В горизонтальной плоскости проекции (рис. 1) на корпус действует сила R_{xy} образующая с направлением движения (осью x) угол α (пределы наиболее часто встречающихся значений).

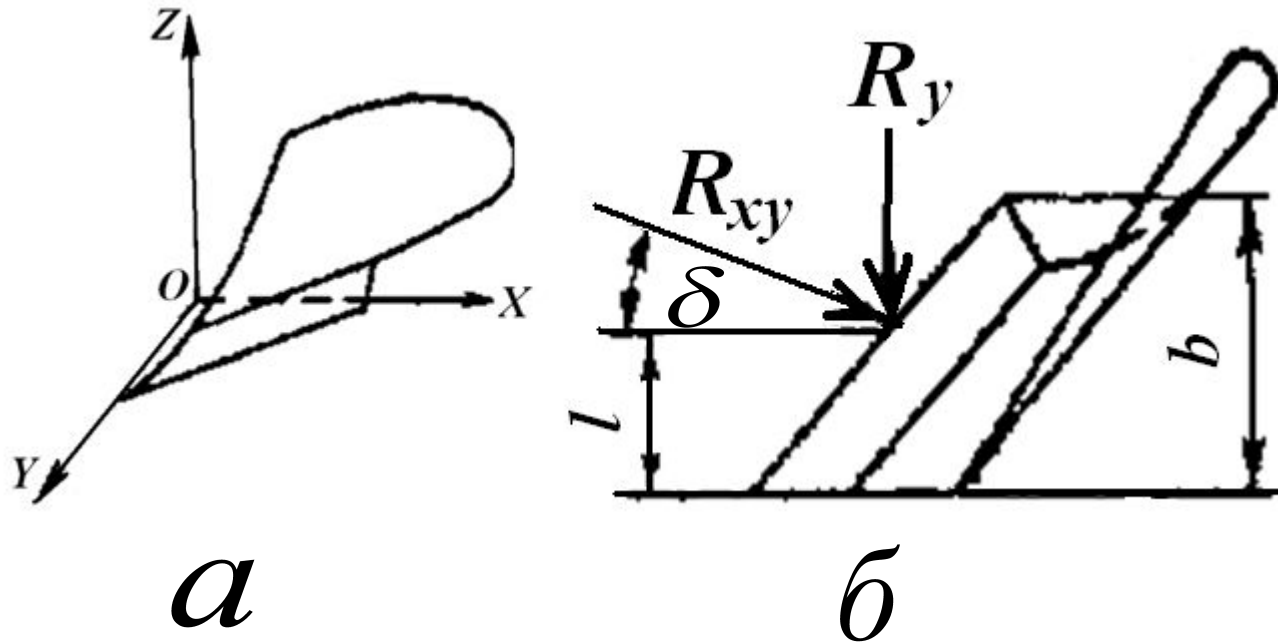


Рисунок 1.- Схема корпуса плуга в пространственной системе координат (а)и действие сил на корпус в горизонтальной плоскости -б

Точка приложения силы определяется расстоянием $l = 0,4b$, где b — ширина захвата корпуса.

Проекцию силы R_{xy} на ось x определяют из выражения

$$R_x = \eta \cdot k \cdot a \cdot b,$$

где η — КПД плуга $\eta = 0,6 \dots 0,8$;

k — удельное сопротивление почвы:

a — глубина пахоты.

Для определения проекции R_{xy} на ось y используют соотношение между силами

R_y и R_x , т. е.

$$\frac{R_y}{R_x} = \operatorname{tg} \delta$$

или

$$R_y = R_x \operatorname{tg} \delta = (0,27 \dots 0,47) R_x$$

Приближенно $R_y = R_x / 3$

В вертикальной плоскости ZOX (рис. 2) на корпус действует сила $R_{зд}$, образующая с направлением движения (осью x) угол ψ . Значение угла ψ , в основном зависит от свойств почвы, остроты лезвия лемеха и от глубины пахоты и колеблется в пределах от $+18^\circ$ до -23° , причем отрицательное значение угла ψ имеет место при работе корпуса с затупленными лезвиями лемехов и иногда достигает своего максимального

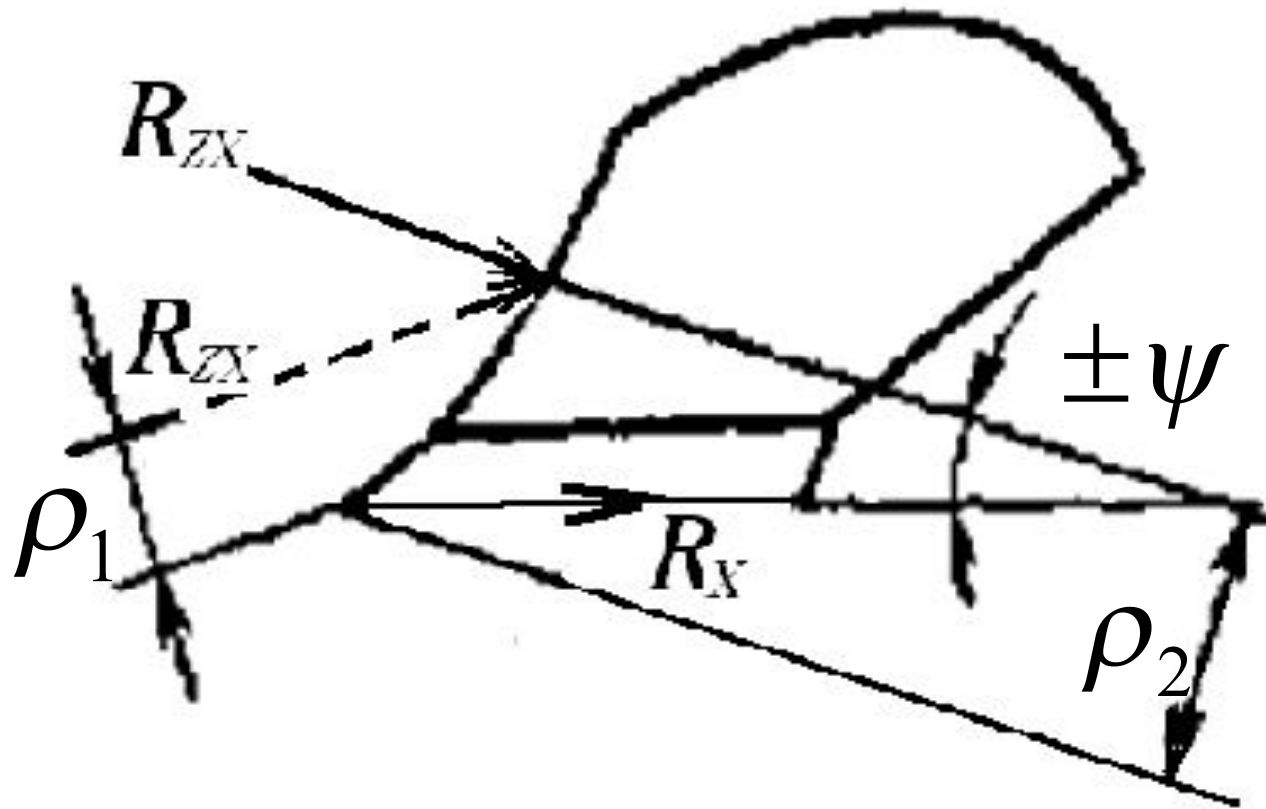


Рисунок 2.- Схема действие сил на корпус в вертикальной плоскости ZOX

отрицательного значения -23° при работе с затупленными лезвиями на очень тяжелых почвах. В качестве расчетного следует принимать

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

Для определения проекции R_{ZX} на ось z используют соотношение между силами R_z и R_x :

$$\frac{R_z}{R_x} = \operatorname{tg} \delta, \text{ или } R_z = R_x \operatorname{tg} \psi = \pm 0,2 R_x$$

Расстояние от носка лемеха до вектора
 силы R_{ZX} равно:

угла $\rho_1 = \frac{1}{2} a \div \psi$ при положительном значении

угла $\rho_2 = \frac{1}{3} a -$ при отрицательном значении

(на рис. 2 штриховое изображение силы R_{ZX}).

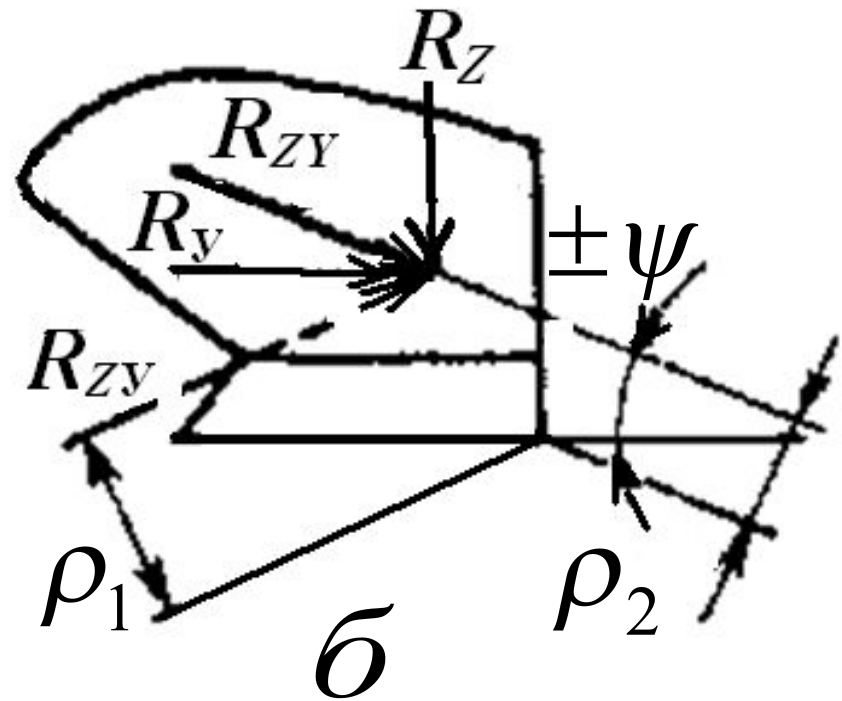
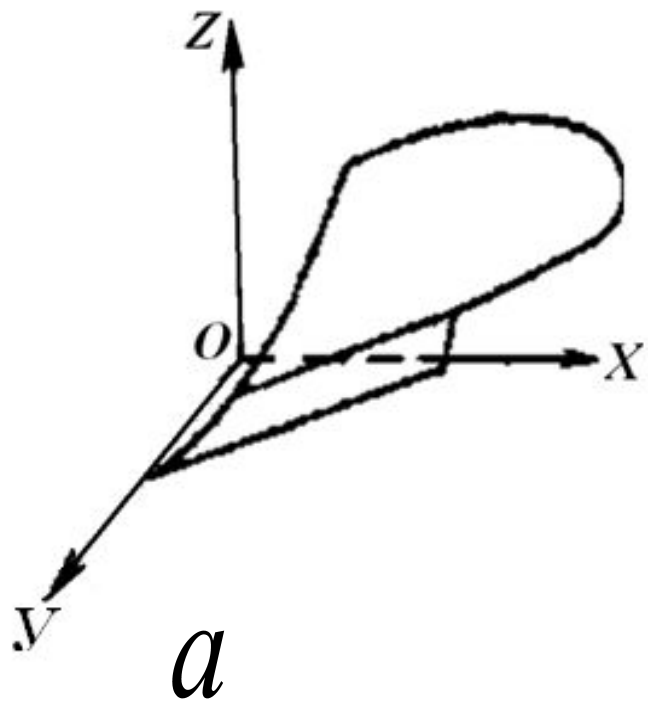


Рисунок 3.- Схема корпуса плуга в пространственной системе координат (а) и б-действие сил на корпус в поперечной плоскости ZOY

В поперечной плоскости проекции zOy (рис. 3) на корпус действует сила $R_{zy'}$ образующая с направлением силы R_y угол ε . Тангенс этого угла

$$tg\varepsilon = \frac{tg\delta}{tg\psi}$$

Следовательно, угол ε может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Значение силы R_{zy} равно геометрической сумме сил R_z и $R_{y'}$:

$$R_{zx} = R_x \sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta + \operatorname{tg}^2 \psi}$$

Расстояние ρ от носка лезвия лемеха до вектора R_{zx} равно:

$\rho_1 = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$ при положительном значении угла α , ε
 $\rho_2 = \frac{3}{\operatorname{tg} \alpha}$ при отрицательном значении угла α . ε

Значение R_x принимают одинаковое как при работе с предплужниками, так и без них, значения углов l , ρ_1 , и δ, ψ размеров l, ρ_1 — такими же, как при работе плуга с предплужниками.

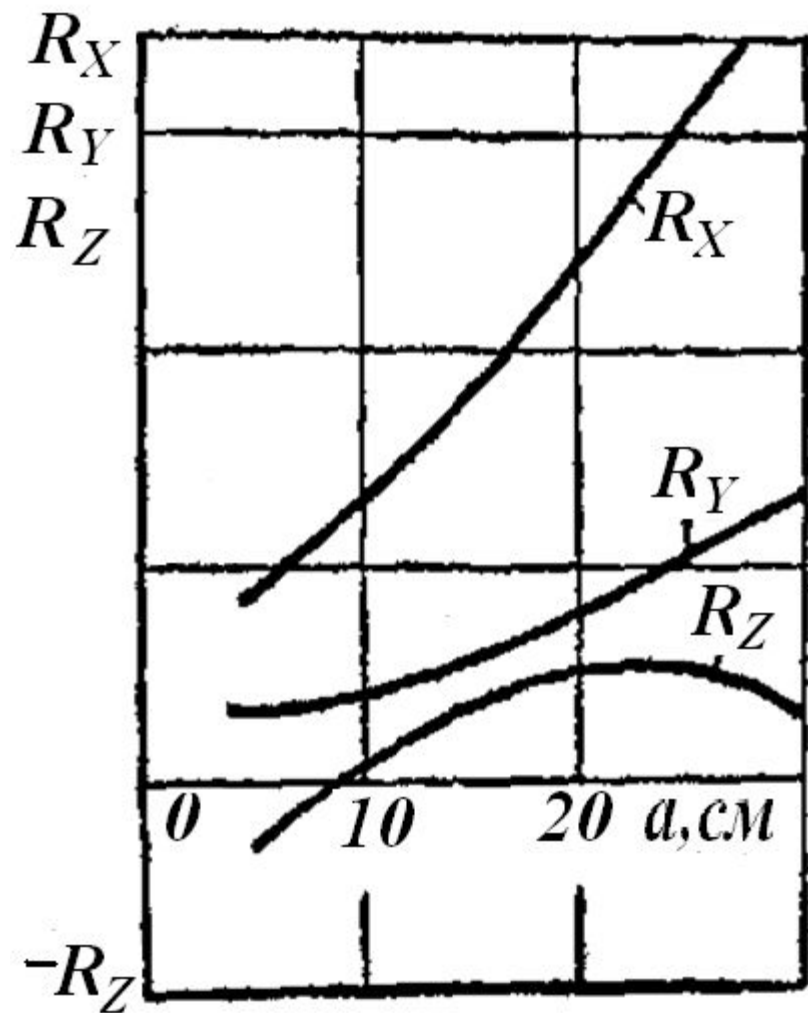


Рис.1.- Изменение слагающих R_x , R_y , R_z сопротивления плужного корпуса с увеличением глубины a вспашки.

8. СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА КОРПУС

На каждый участок плужного корпуса действуют нормальные и касательные силы, которые в разных точках криволинейной поверхности корпуса различны по значению и направлению. Они не приводятся к одной равнодействующей.

Однако для решения практических задач, таких, как определение давлений на полевые доски, устойчивости движения плуга по глубине и ширине захвата и др., требуется знать силы в трёх плоскостях проекций, их значение, направление и точку приложения.

Эти данные получают путём
пространственного
динамометрирования
плужных корпусов на специальных
установках, позволяющих
одновременно замерять
сопротивление в направлении
перемещения корпуса плуга в
горизонтальной плоскости -

ПРОДОЛЖЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СИЛ НА КОРПУС ПЛУГА

, перпендикулярной перемещению плуга - R_x и в вертикальной - R_z . Эти силы принимаются за проекции главного вектора элементарных площадок сопротивлений почвы $R_{xy'}$, $R_{yz'}$, R_{xz} .

Силы R_x , R_y и R_z зависят от свойств почвы, глубины вспашки, скорости движения, вида корпуса, остроты лезвия лемеха, наличия ножа и предплужника (рис.6)

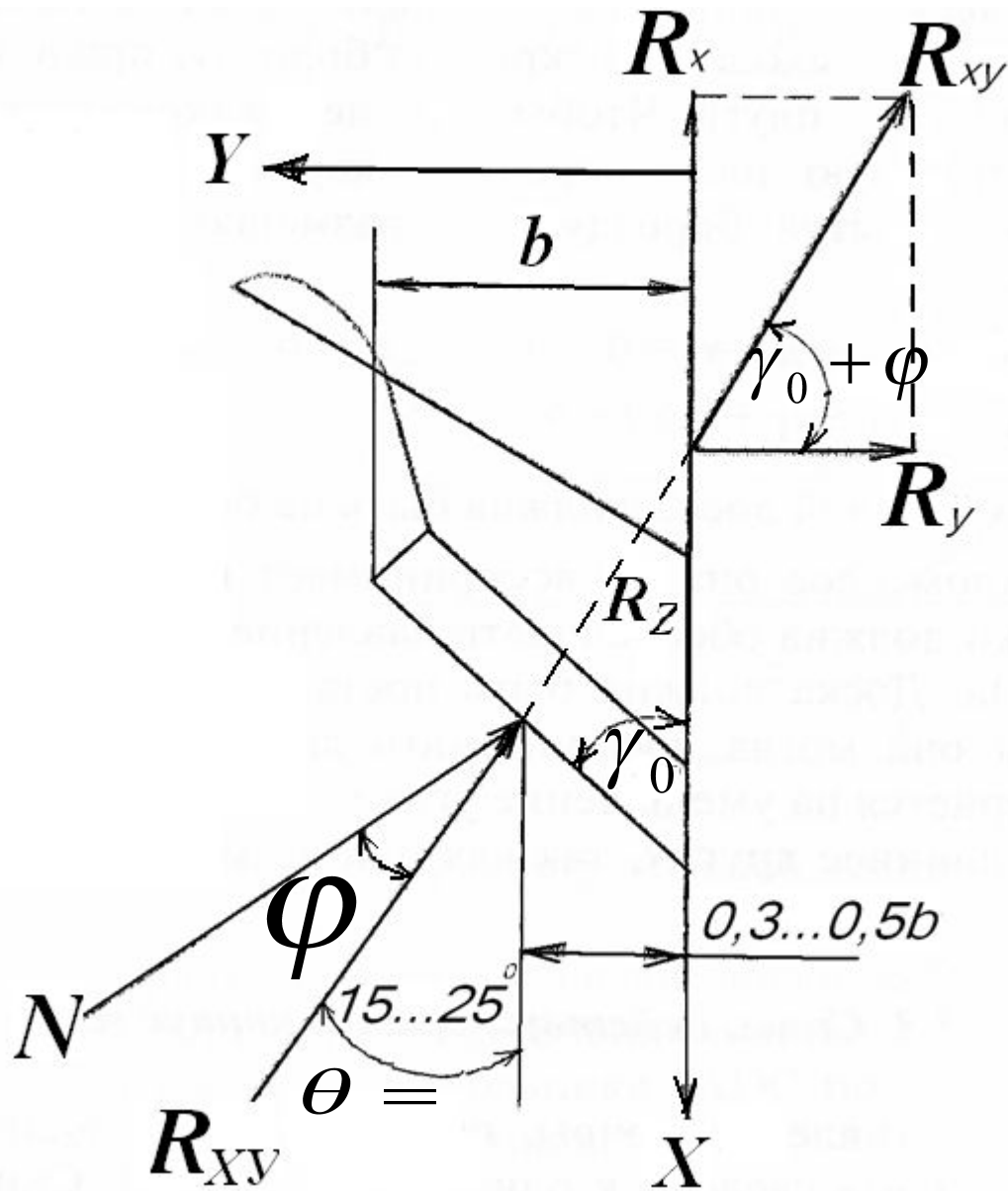


Рисунок 6.- Силы, действующие на корпус плуга

ПРОДОЛЖЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА

КОРПУС

Главная изначальная сила - это

ПЛУСА

сопротивление R_{yz} . Точка приложения этой силы с достаточной для расчетов точностью может быть принята в середине лезвия лемеха, а ее направление проводится под углом трения почвы по стали относительно перпендикуляра к лезвию, исходящего из этой же точки (рис.6). Если перенести эту силу по линии ее действия к точке опоры, то есть к концу полевой доски, то там ее можно разложить на два вектора - R_x и R_y .

ПРОДОЛЖЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КОРПУС

R_x - тяговое сопротивление корпуса. Это основная расчетная величина. Между тяговым сопротивлением корпуса R_x и сопротивлением плуга существует зависимость

$$R_x = \eta \frac{P_x}{n},$$

где η - к. п. д. плуга, равный 0,6...0,8;

n - число корпусов плуга

РАСЧЁТ РЕАКЦИИ СТЕНКИ БОРОЗДЫ R_z

Боковая составляющая (реакция стенки борозды) R_y , равна

$$R_y = R_x \cdot \operatorname{ctg}(\gamma_0 + \varphi) \approx 0,33R_x$$

где γ_0 - угол, образуемый лезвием лемеха со стенкой борозды;

φ - угол трения почвы

Реакция в вертикальной плоскости R_z приложена на груди отвала, ее величину и даже направление определить трудно.

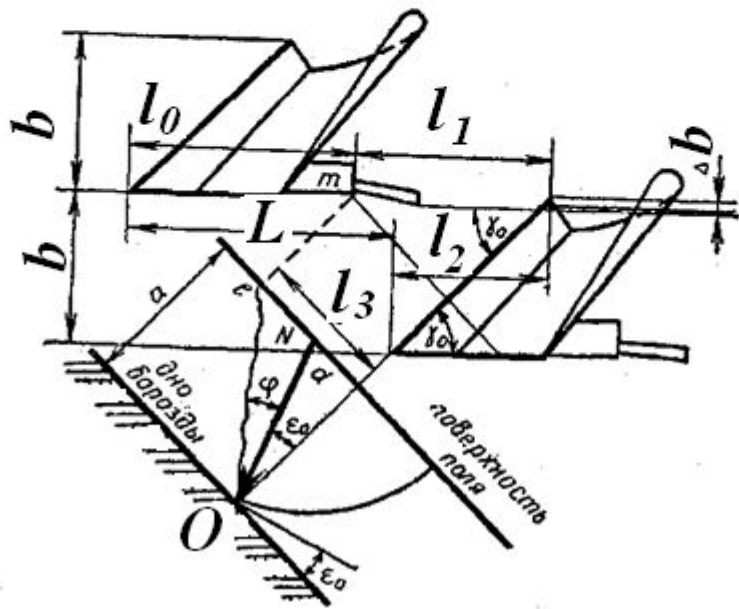
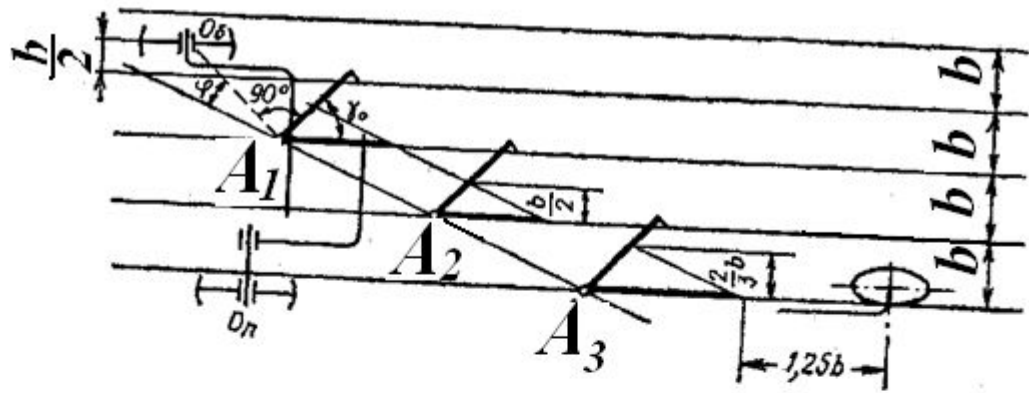
Ординисс сс значстис ВЕРТИКАЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ принимают

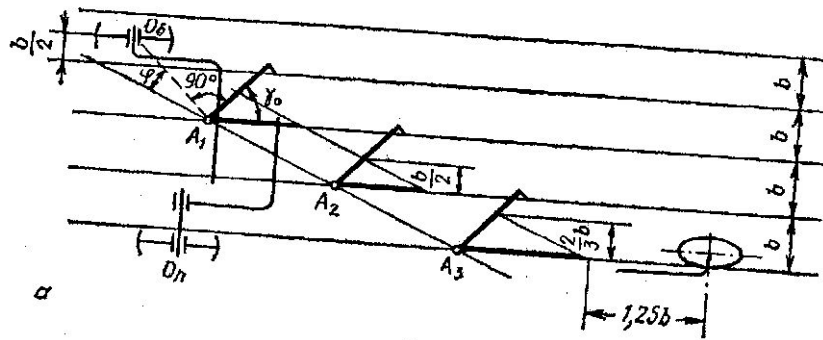
Считается, что при острых лемехах положительна, то есть направлена вниз, а при тупых лемехах она отрицательна и препятствует заглублению плуга.

9. РАЗМЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И КОЛЕС НА РАМЕ

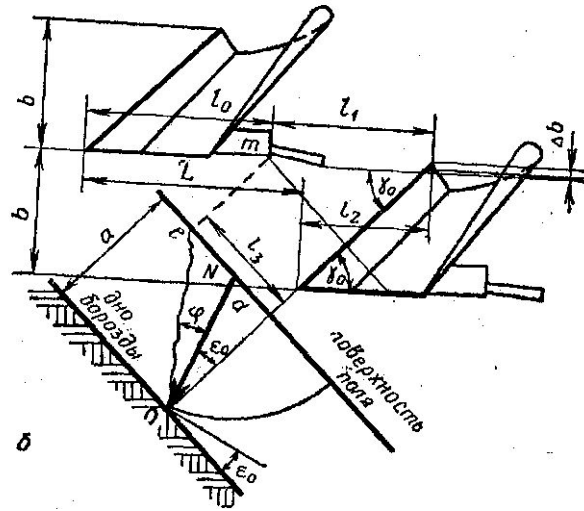
ЛЕМЕШНОГО ПЛУГА
Размещение основных корпусов и колес на раме плуга представлено на рисунке 276, а.

Носки (точки A_u , A_z , A_a) лемехов, установленные под углом γ , к направлению движения, должны лежать на пересечении продольных линий условно изображающих ряды рамы и расположенных один от другого на расстоянии ширины захвата b корпуса) и линии ЛИЗ,





a



b

отклоненной от нормали к лезвию лемеха на угол $\leq \rho$ трения почвы о сталь.

Центр бороздного колеса O_6 лежит на нормали к носку лемеха переднего корпуса.

Положение полевого колеса определяется из условия равенства его наклоненного колена с коленом бороздного колеса, а также максимального сближения горизонтальных колен осей обоих колес.

Рабочие органы на раме плуга размещают таким образом, чтобы устранить бесполезные потери энергии на трение о стенку борозды рабочих органов, расположенных сзади.

При выборе смещения переднего рабочего органа в сторону непаханого поля, например ножа и предплужника, учитывается возможность перекоса плуга в работе, поэтому оно берется большим (до 2 см), чем это требуется с учетом только допустимых отклонений на неточность сборки плуга.

Расстояние между носками корпусов
по длине плуга должно быть таким,
чтобы впереди расположенный корпус
не препятствовал скалыванию и
отваливанию пласта задним корпусом.
Из этого условия, согласно рисунку 276,
б,

$$L = l_0 + l_1 - l_2,$$

где $l_1 = \frac{l_3}{\sin \gamma_0}$; l_3 - проекция линии
ОС

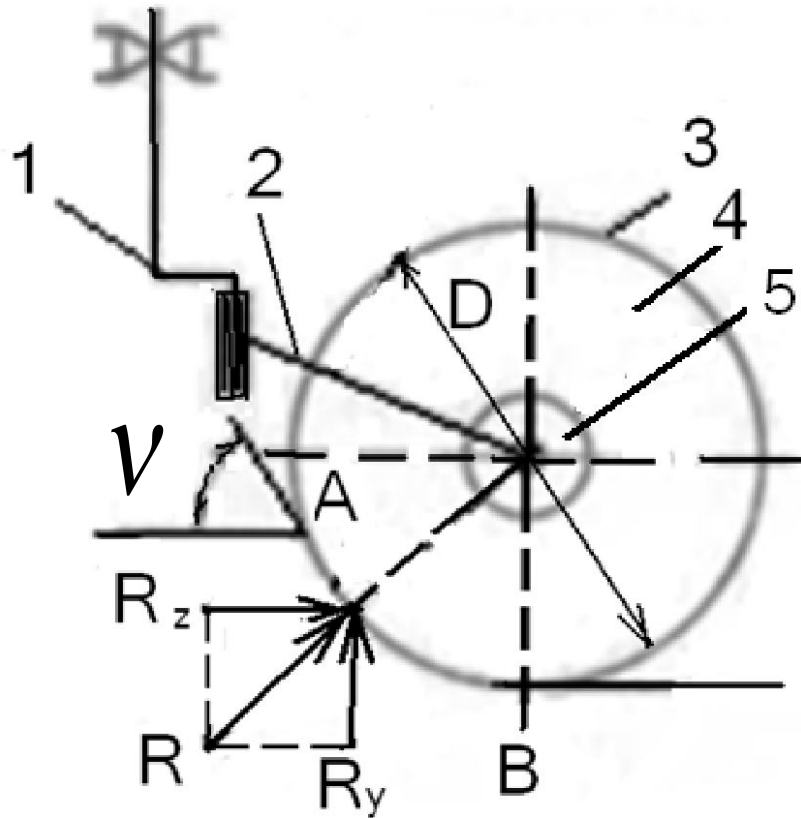
УСТАНОВКА И РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЛУЖНЫХ НОЖЕЙ

Плужные ножи предназначены для подрезания почвенного пласта в вертикальной плоскости и выравнивания стенки борозды. Ножи подразделяют на дисковые, черенковые и плоские.

Дисковые ножи в плугах общего назначения устанавливают перед последним корпусом, а на задернелых почвах - перед каждым корпусом.

Дисковый нож испытывает действие силы сопротивления почвы лезвия ножа R (рис.1)

Схема дискового ножа



1-стойка коленчатая; 2- вилка; 3 – лезвие; 4- диск ножа; 5- фланец диска

Рисунок 1.- Действие сил на дисковый нож

Силы, действующие на дисковый нож
Слагающие силы направлены: R_x - вверх
вертикально, R_y - параллельно поверхности,
назад по ходу.

Равнодействующая этих сил сводится к
результатирующей R . Сила R приложена в
середине рабочей дуги АВ, которой нож
режет почву и направлена по радиусу к
центру. Сила

- сила сопротивления почвы движению в
ней ножа, а сила R_z оказывает на нож
выталкивающее действие. Чем больше
диаметр дискового ножа и чем больше его
толщина,

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО НОЖА

тем больше и значение выталкивающей
силы

 R_y

Диаметр диска определяется из выражения

$$D = 2(a_1 + \Delta l + \frac{d_\phi}{2})$$

где a_1 - глубина хода ножа, мм;

Δl - запас на микрорельеф почвы,
равный 10...20мм;

d_ϕ - диаметр фланца диска, равный 100мм

ПАРАМЕТРЫ ДИСКОВОГО

НОЖА
При глубине работы ножа 130...150мм
диаметр ножа $D=450...460$ мм.

Толщина диска принимается равной $0,01D$, угол заточки диска ,
большие значения 20° ... 30° соответствуют диску с
большим диаметром. Дисковые ножи
изготавливают из стали 65Г или 70Г,
закаливают на ширину 70...75мм с
последующим отпуском с твёрдостью
320НВ.

РАСЧЁТ ЧЕРЕНКОВОГО НОЖА

Черенковые ножи применяют при вспашке кустарниково-болотных, лесных, плантажных и каменистых почв. Различают черенковые ножи с прямолинейными и криволинейными лезвиями.

Ножи с прямолинейными лезвиями наклоняют как против направления движения плуга (рис. 2), так и по направлению движения (рис. 3).

УСЛОВИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ ПОЧВЫ ПО ПРЯМОЛИНЕЙНОМУ ЛЕЗВИЮ НОЖА

Черенковый нож с прямолинейным лезвием, представляет собой в сечении клин с углом 10...15 градусов. Они ставятся под определённым углом к вертикали.

Рассмотрим работу ножа.

На частицу М, находящуюся на лезвии ножа (рис.2), действуют силы нормального давления ножа на почву N и силы трения почвы о металл ножа F. По направлению равнодействующей этих сил R происходит движение частиц.

Схема взаимодействия ножа с почвой

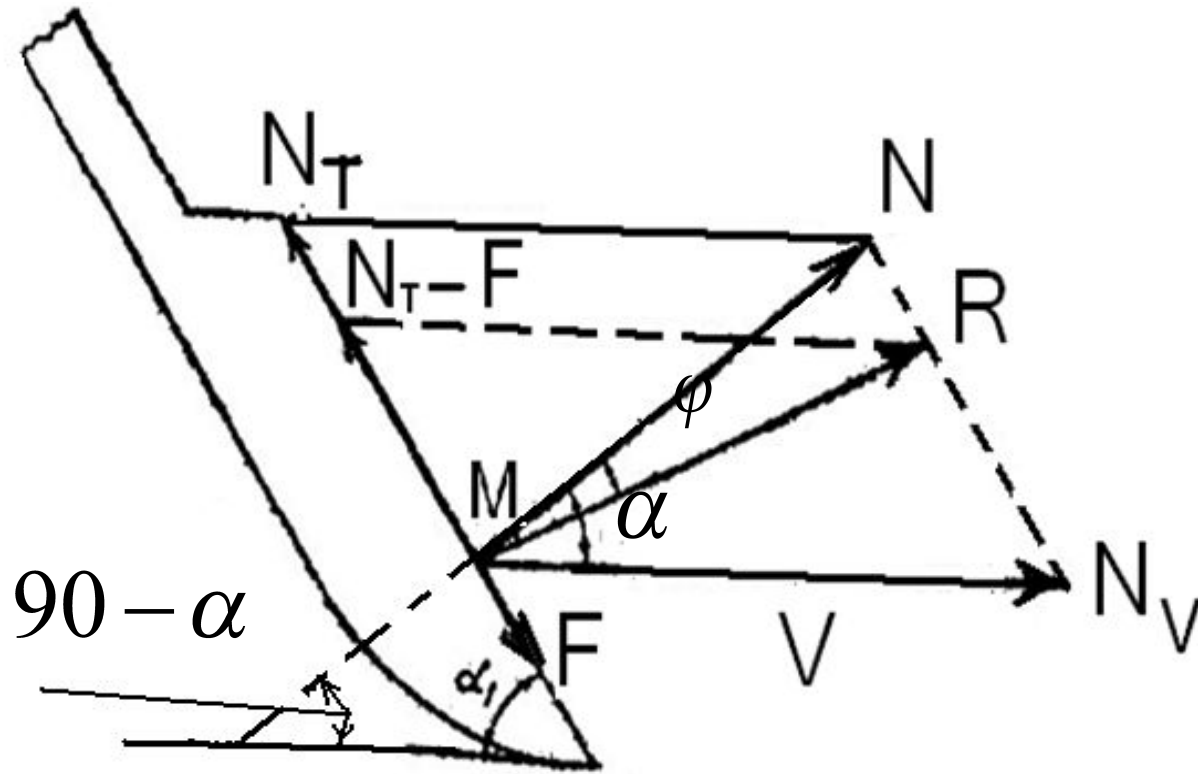


Рисунок 2.- Действие сил на черенковый нож

ПРОДОЛЖЕНИЕ РАБОТЫ

ЧЕРЕНКОВОГО НОЖА С

Разложим силу N на две составляющие: N_{\parallel} , направленную вдоль вектора скорости ножа V и N_{\perp} , направленную вдоль лезвие ножа вверх. Движение частицы M по направлению

силы R возможно тогда, когда $N_{\perp} > F_{max}$ (1)

Так как $N_{\perp} = N \cdot \sin \alpha$, а $N_{\parallel} = N \cdot \cos \alpha$

Подставим значения сил N_{\perp} и N_{\parallel} в выражение (1)

Получим $N \cdot \sin \alpha > N \cdot \cos \alpha \cdot \tan \varphi$ (2)

или $\sin \alpha > \cos \alpha \cdot \tan \varphi$ (3)

Следовательно неравенство (3) есть условие

УСТАНОВКА УГЛА НАКЛОНА ЧЕРЕНКОВОГО НОЖА

движения частицы М в почве под давлением ножа.

При установке черенкового ножа необходимо учитывать условие резания почвы со скольжением. Условие нормальной установки ножа, при котором частицы почвы скользят вверх по лезвию до их разрушения, имеет вид

$$\alpha_1 = 90^\circ - \varphi \quad (4)$$

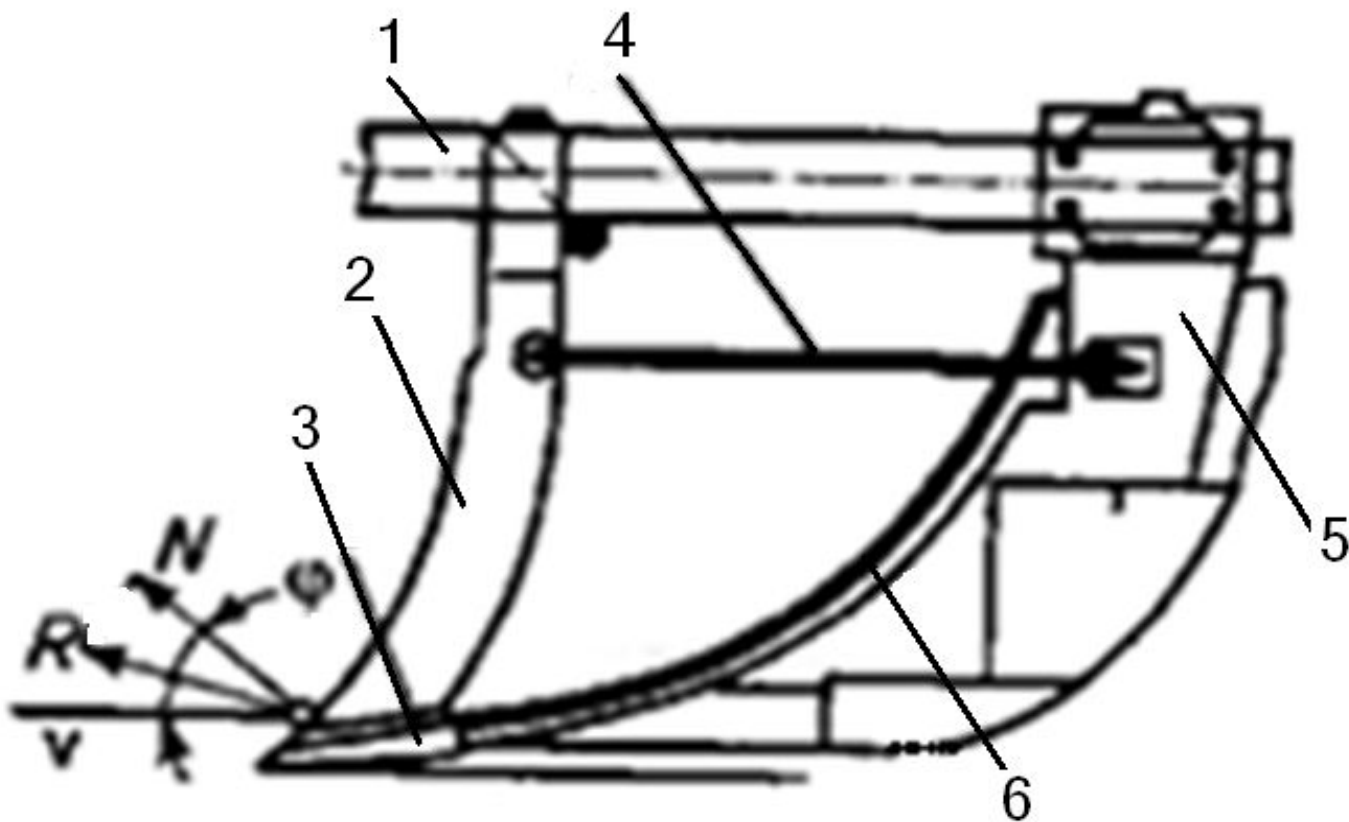
где α_1 - передний угол между лезвием ножа и рамой плуга;

φ - угол трения почвы по лезвию .

ПРОДОЛЖЕНИЕ УСТАНОВКИ УГЛА НАКЛОНА

При $\varphi \leq 26^\circ$ скольжение происходит при угле $\alpha_1 = 65^\circ$ для цилиндрических корпусов, а для винтовых 60° . Затачивают нож под углом $10 \dots 15^\circ$ при толщине лезвия до 0,5мм.

Нож устанавливают правее полевого обреза корпуса плуга до 12мм. Положение ножа можно изменять по высоте. На среднетяжёлых почвах носок ножа выносят вперёд носка лемеха плуга на 30...40 мм. На тяжёлых задернелых почвах носок ножа устанавливают на одинаковой высоте и на одном уровне с лезвием лемеха.



1-рама; 2- нож; 3 – долото носка лемеха с отверстием; 4 – раскос; 5 – стойка корпуса; 6 – отвал

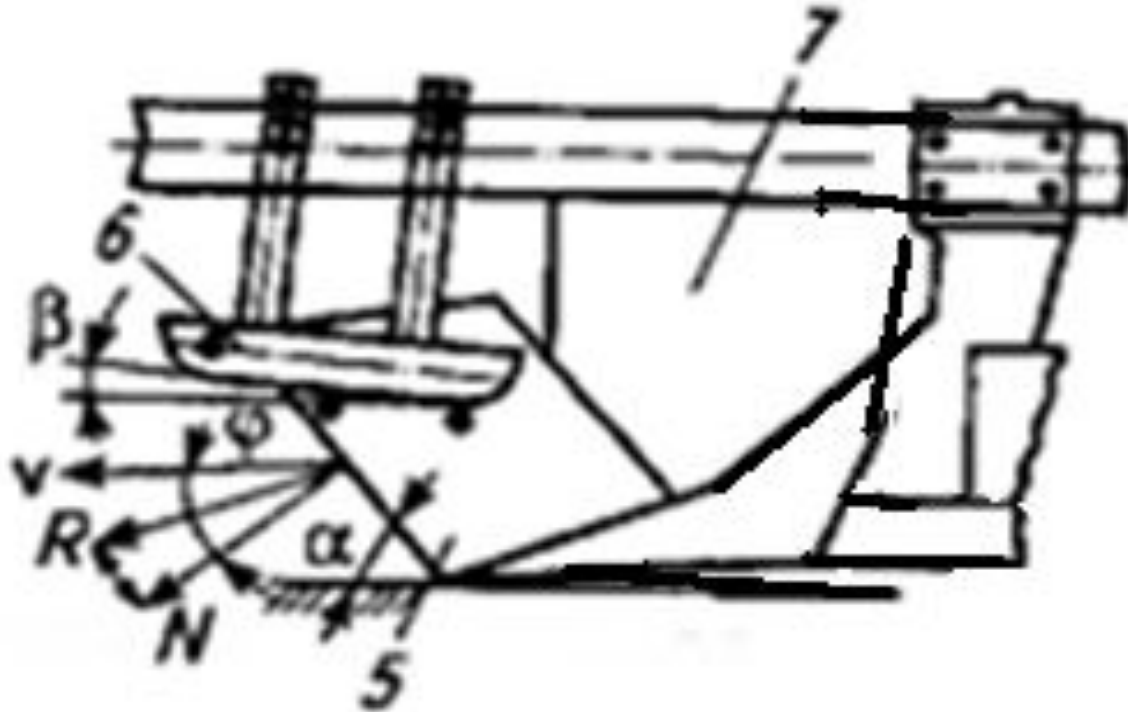
Рис.Схема черенкового двух опорного ножа с криволинейным лезвием

УСТАНОВКА ЧЕРЕНКОВОГО ОПОРНОГО НОЖА С КРИВОЛИНЕЙНЫМ ЛЕЗВИЕМ

Черенковые опорные ножи с криволинейным лезвием устанавливаются на плугах при обработке почв, засорённых древесными остатками. Криволинейная лезвия форма способствует скольжению корней, мелких стволов деревьев и вынос их на поверхность поля. **Угол кривизны лезвия изменяется снизу вверх от 25 до 75°.**

Нож крепят в двух опорах: в верхней — к раме, а в нижней части к ножу приварено долото 8 с отверстием, в которое вставляют носок лемеха корпуса. Наряду с этим нож притягивают к корпусу плуга раскосом 9. Носок ножа устанавливают на 40...50 мм ниже опорной поверхности лемеха, поэтому нож работает с перерезом растительных остатков.

углом наклона по направлению движения



5- нож черенковый; 6 – лыжа; 7 – щит

УСТАНОВКА ПЛОСКОГО НОЖА

С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ЛЕЗВИЕМ

Плоский нож с прямым лезвием (рис. 3.10, в), наклоненным вперед, устанавливают на однокорпусных плугах при запашке зарослей кустарников высотой до 4 м.

Угол наклона лезвия $=45...50^\circ$. С двух сторон ножа закрепляют лыжи 6, опорные плоскости которых наклонены к поверхности поля под углом $=5...8^\circ$. Ножи с лыжами крепят к брусу плужной рамы, изменением их положения по высоте регулируют глубину хода ножа.

УСТРАНЕНИЕ ЗАБИВАНИЯ НОЖА

Для устранения забивания ножа, отвала и лыж ветвями кустарника устанавливают щит 7, соединяя его с ножом и рамой плуга. При движении лыжи прижимают ветви к поверхности поля, а нож их подрезает. При износе возможна перестановка ножа противоположным лезвием.

ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ

ПРИЦЕПНОГО ПЛУГА

При разработке схемы плуга исходят из (следующих) начальных условий: назначения плуга, почвенных условий его эксплуатации, числа плужных корпусов, размера и формы вырезаемого пласта. Допустим, что необходимо построить схему прицепа четырехкорпусного плуга общего назначения для культурной вспашки с предплужниками и корпусами, имеющими ширину захвата B и обеспечивающими глубину обработки a (рис. 1).

Удобнее всего начинать построение схемы плуга с горизонтальной проекции. Проводят $n+1$ полос шириной b , где n — число корпусов. На второй полосе из произвольно выбранной точки A под известным углом изображают лезвие лемеха первого корпуса. Положение носков лемехов остальных корпусов определяют точки пересечения прямой $A_2 A_n$, проведенной под углом α_n (угол трения почвы по стали) относительно нормали к лезвию, с горизонтальными прямыми.

РАСЧЕТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ
Расстояние между корпусами будет
равно

$$l = b \operatorname{tg}(\theta + \varphi)$$

Для расчета l применяют угол $\theta = 22...27^\circ$;
угол установки лезвия лемеха к стенке
борозды $\varphi = 40...45^\circ$. В плугах общего
назначения b может быть равна 35, 37, 40
или 42 см, а у плугов с регулируемой
шириной захвата — 35... 45 см. При выборе
величины учитывают также возможность
размещения предплужников и ножей.

РАСЧЕТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОСЯМИ КОЛЕС

Расстояние между осями симметрии бороздного и полевого колес L

определяется выражением

где n — число корпусов; b — ширина обода колеса (при равенстве ширины обода бороздного и полевого колес); m — расстояние от стенки обода до смежного корпуса (по линиям вырезания пласта).

$$L = nb + B + 2m$$

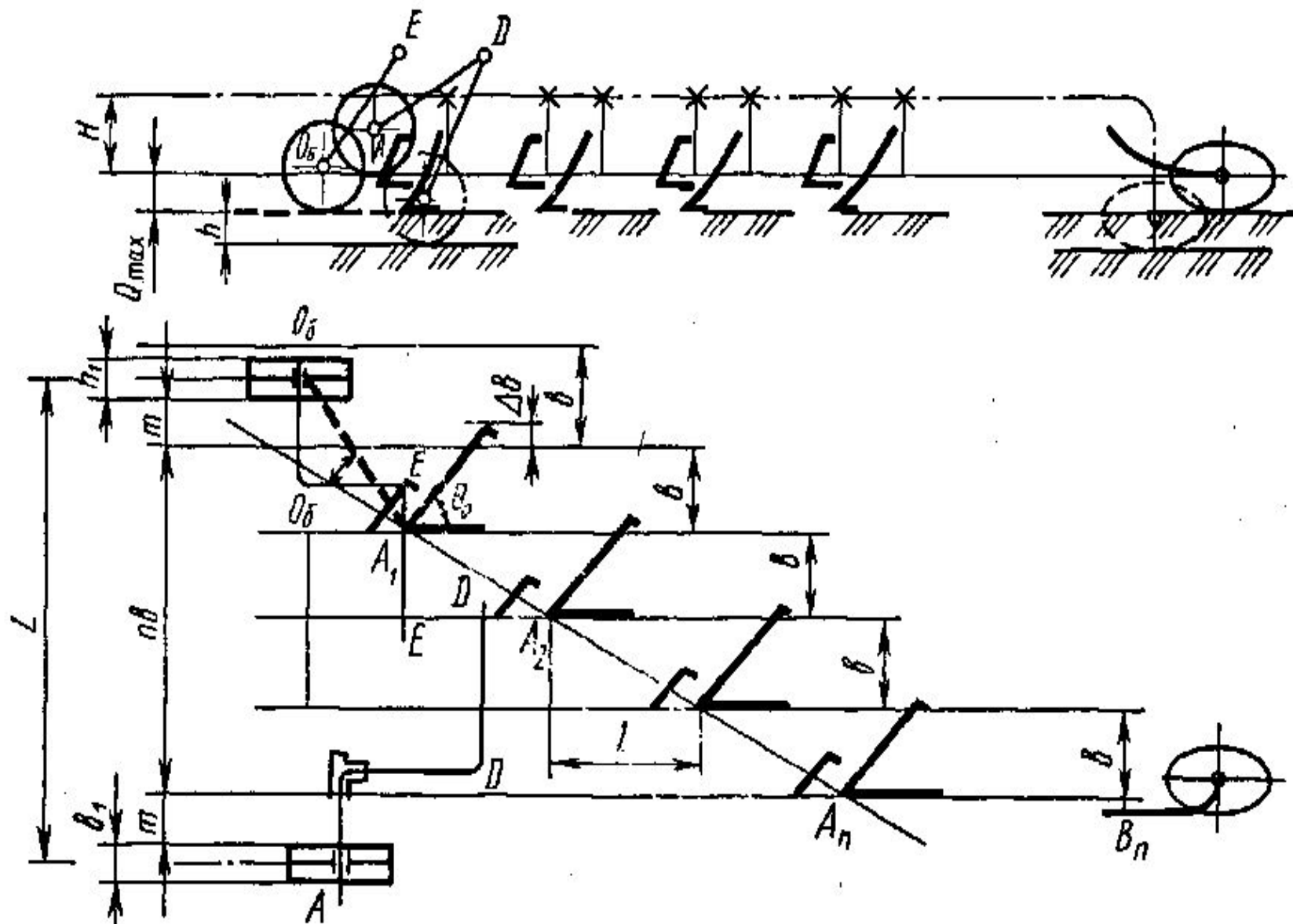


Рис. 1. Построение схемы прицепного плуга

Высота H расположения рамы над уровнем опорной поверхности корпусов принимается из условия свободного прохода обрачиваемого и отваливаемого почвенного пласта. Она зависит от размеров вырезаемого пласта a и b , и равна.

На вертикальной проекции $(H = b + 2a/3)$ наносят положение стоек корпусов, ножей и предплужников, показывают относительное расположение уровней опоры корпусов, бороздного и заднего колес в рабочем и транспортном положениях,

ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

ПЛУГА

где h — высота расположения основных корпусов над поверхностью почвы при транспортировке плуга (транспортный просвет). Он принимается для прицепных и полунавесных — 20... 25 и для навесных плугов 30... 40 см, считая от носка переднего корпуса.

Взаимное расположение рабочих органов плуга представлено на рисунке 2. Дисковый нож относительно предплужника выносят вперед так, чтобы его нижняя точка лезвия находилась на расстоянии $l_1 = 0,40 \text{ м}$, а по глубине — ниже уровня носка лемеха предплужника на 20... 30 мм,

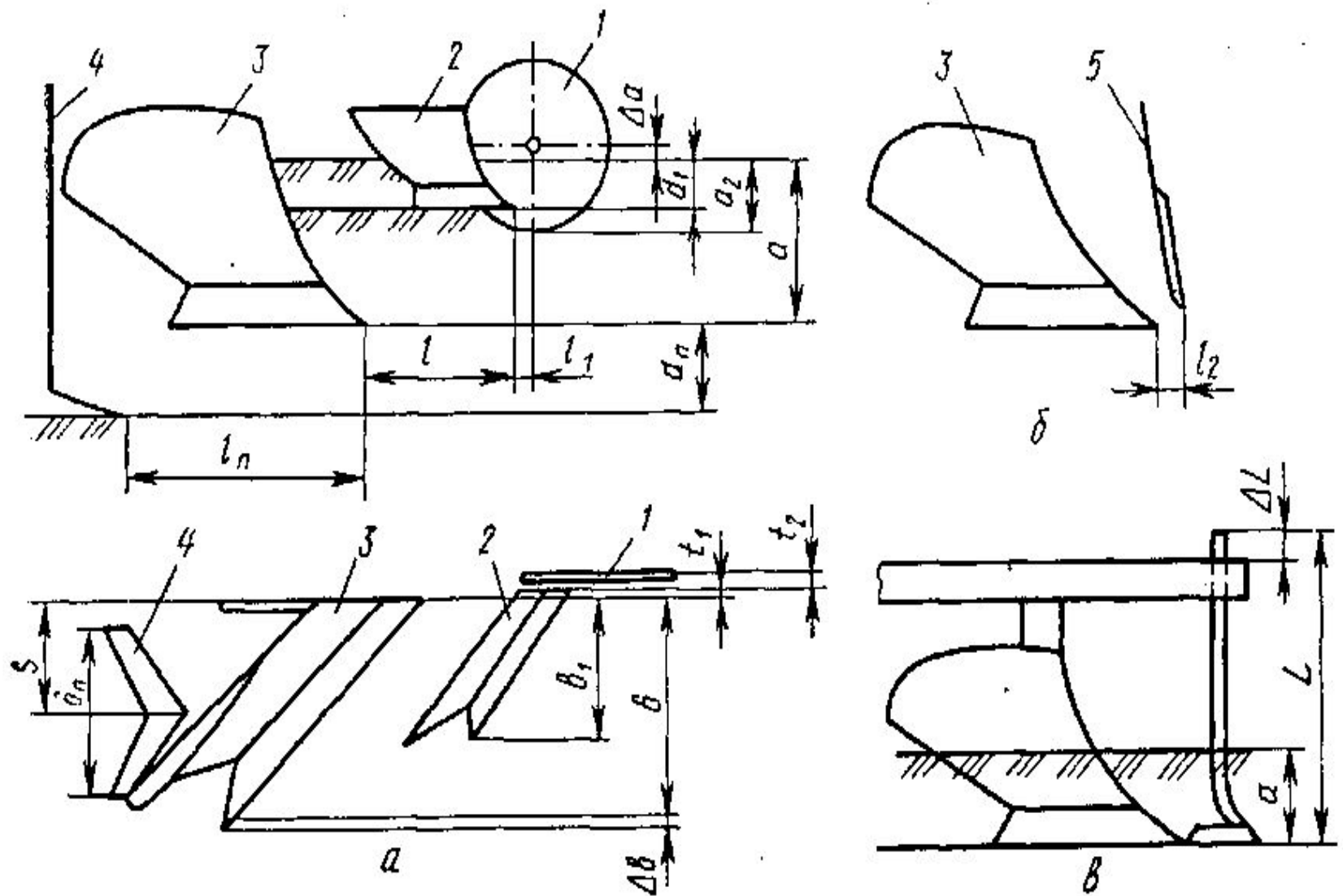


Рис. 3.13. Взаимное расположение рабочих органов плуга:
а — дискового ножа 1, предплужника 2, основного корпуса 3 и почвоуглубителя 4; **б** и **в** — соответственно черенкового ножа 5 и основного корпуса 3.

в полевую" сторону она выносятся на 10... 15 мм. Черенковые ножи с прямым лезвием устанавливают под углом 70... 75° ко дну борозды на расстоянии $l_2 = 20... 30$ мм впереди основного корпуса и выносят в полевую сторону от стенки борозды на 5... 10 мм. Глубину хода этих ножей можно регулировать по высоте.

Нож с криволинейным лезвием сверху крепят на раме, а внизу соединяют с носком лемеха основного корпуса. Такой нож не регулируется по высоте.

УСТАНОВКА НОЖЕЙ НА РАМЕ

Дискосековые ножи устанавливают перед каждым корпусом на плугах общего назначения и специальных при распашке почв, не засоренных камнями и трудно перерезаемыми растительными остатками. При вспашке задернелых почв их ставят перед каждым корпусом, что снижает тяговое сопротивление плуга, улучшает качество вспашки, уменьшает износ лемехов и отвалов.

Черенковые ножи устанавливают на специальных плугах для обработки каменистых, кустарниково-болотных, лесных, задернелых и болотных почв.

Предплужник подрезает пласт почвы шириной захвата $= 2b/3$, глубиной $= 8... 12$ см и устанавливается перед основным корпусом на расстоянии $= 250... 300$ мм. Полевой обрез предплужника выносят относительно обреза основного корпуса в сторону необработанного поля на $5 ... 10$ мм.

Применяемый для рыхления подпахотного горизонта на глубину $a_p = 6...16$ см почвоуглубитель располагают по следу основного корпуса с расстоянием оси его симметрии до полевого обреза корпуса

УСТАНОВКА ПОЧВОУГЛУБИТЕЛЯ

Место установки почвоуглубителя определяется из выражения

$$S = 0,5b + n$$

где b — ширина захвата корпуса плуга;
 $n=15...25$ мм.

Ширина захвата почвоуглубителя

$$b_n = 0,7b$$

РАВНОВЕСИЕ ПРИЦЕПНОГО ПЛУГА В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

(ЛЕКЦИИ)

В качестве примера рассмотрим схему сил, действующих на прицепной трех корпусный плуг. Это сравнительно простая схема, и на ней можно легко освоить метод графического анализа условия равновесия плуга в горизонтальной плоскости.

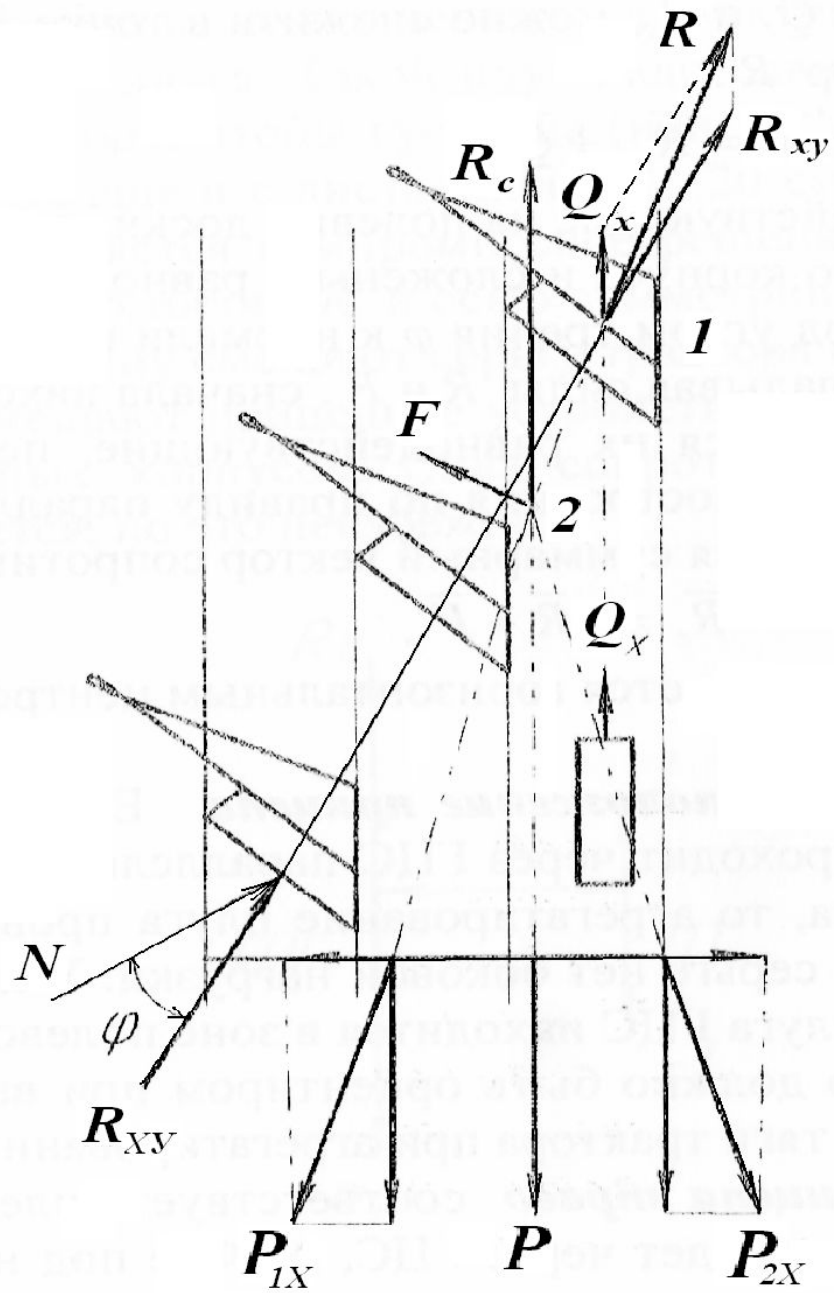


Рис.19.Схема сил, действующих на прицепной плуг в горизонтальной плоскости.

Исходная сила для анализа - это равнодействующая R_{xy} всех элементарных сил, действующих на все корпуса в горизонтальной плоскости (рис.1). Ее точка приложения находится в середине лезвия лемеха на первом корпусе, и направлена она под углом трения к нормали N , проведенной к лезвию в этой же точке. Конечно, эта сила рассредоточена по всем корпусам, но поскольку корпуса располагаются по ее линии действия, то для анализа ее можно сложить в один общий вектор и перенести этот вектор по линии действия до пересечения с линией действия силы Q_x .

Сила Q_x тоже суммарная - это сопротивление качению всех опорных колес плуга, приведенное к точке приложения их равнодействующей.

Векторы Q_x и R_{xy} можно сложить в точке 1, в результате получится вектор R .

$$R = R_{xy} + \overline{Q_x}$$

Силы, действующие на полевые доски, приведены к полевой доске среднего корпуса и сложены в равнодействующую F . Она направлена под углом трения к нормали по отношению к полевой доске.

Складывая силы R и F , сначала находят точку 2, в которой пересекаются их равнодействующие, переносят туда эти силы и проводят построения по правилу параллелограмма. В результате получается суммарный вектор сопротивления плуга R_c .

$$\overline{R}_c = \overline{R} + \overline{F}$$

Точка 2 называется горизонтальным центром сопротивления плуга (ГЦС).

НОРМАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

ПРИЦЕПА
Если вектор силы тяги P_x трактора проходит через ГЦС параллельно направлению движения агрегата, то агрегатирование плуга проведено правильно. На прицепной серьге нет боковой нагрузки. У правильно спроектированного плуга ГЦС находится в зоне полевой доски среднего корпуса, и это должно быть ориентиром при выборе точки приложения силы тяги трактора при агрегатировании плуга.

Сдвиг прицепа вправо соответствует силе

СДВИГ ПРИЦЕПА ВПРАВО
тяги $T_{1x'}$, которая все равно пройдет через ГЦС, но уже под некоторым углом. Эту силу можно разложить на продольную и поперечную. Очевидно, что на серье появляется боковая нагрузка, а продольные силы (от сопротивления плуга и тяги трактора) образуют крутящий момент, который частично разгружает полевые доски. В результате сила сопротивления несколько уменьшится, так как уменьшается сила трения полевых досок, а плуг может развернуться на уменьшение ширины

СДВИГ ПРИЦЕПА ВЛЕВО

захвата, но плуг пойдет менее устойчиво, так как полевые доски теряют опору. Этот вариант присоединения плуга к трактору на практике не применяется. ***Сдвиг прицепа влево*** соответствует силе тяги $P_{2x'}$, которая тоже пройдет через ГЦС и тоже вызовет боковую нагрузку на прицепной серьге. Теперь крутящий момент старается повернуть плуг на увеличение ширины захвата, полевые доски больше прижаты к стенке борозды, сила сопротивления увеличилась. К такому варианту агрегатирования прибегают довольно часто, когда на плуге, мало корпусов, захват невелик, а трактор слишком широк для выбранного плуга.

Такой плуг надо сдвигать вправо по отношению к трактору, чтобы гусеница (или колесо) шла по непаханому полю, да еще и с дистанцией 15...20 см от борозды. В этом случае применяется компромиссное решение: общее несогласование между вектором R_c и осью симметрии трактора делят на три, на эту величину смещают серьгу трактора вправо, а на дне третьих части смещают прицепное устройство плуга влево относительно пахотных корпусов. Сила сопротивления плуга при этом увеличивается.

ВЛИЯНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛУГА

Если центр тяжести плуга (ЦТ) не совпадает по месту расположения с ГЦС, то возникают помехи в равновесии (рис.2). Эти помехи возникают только при неустановившемся движении, когда наблюдаются положительные или отрицательные ускорения движения. Для 5 - корпусного плуга силы инерции доходят до $3000H$, возникает крутящий момент, действующий на плуг то влево, то вправо.

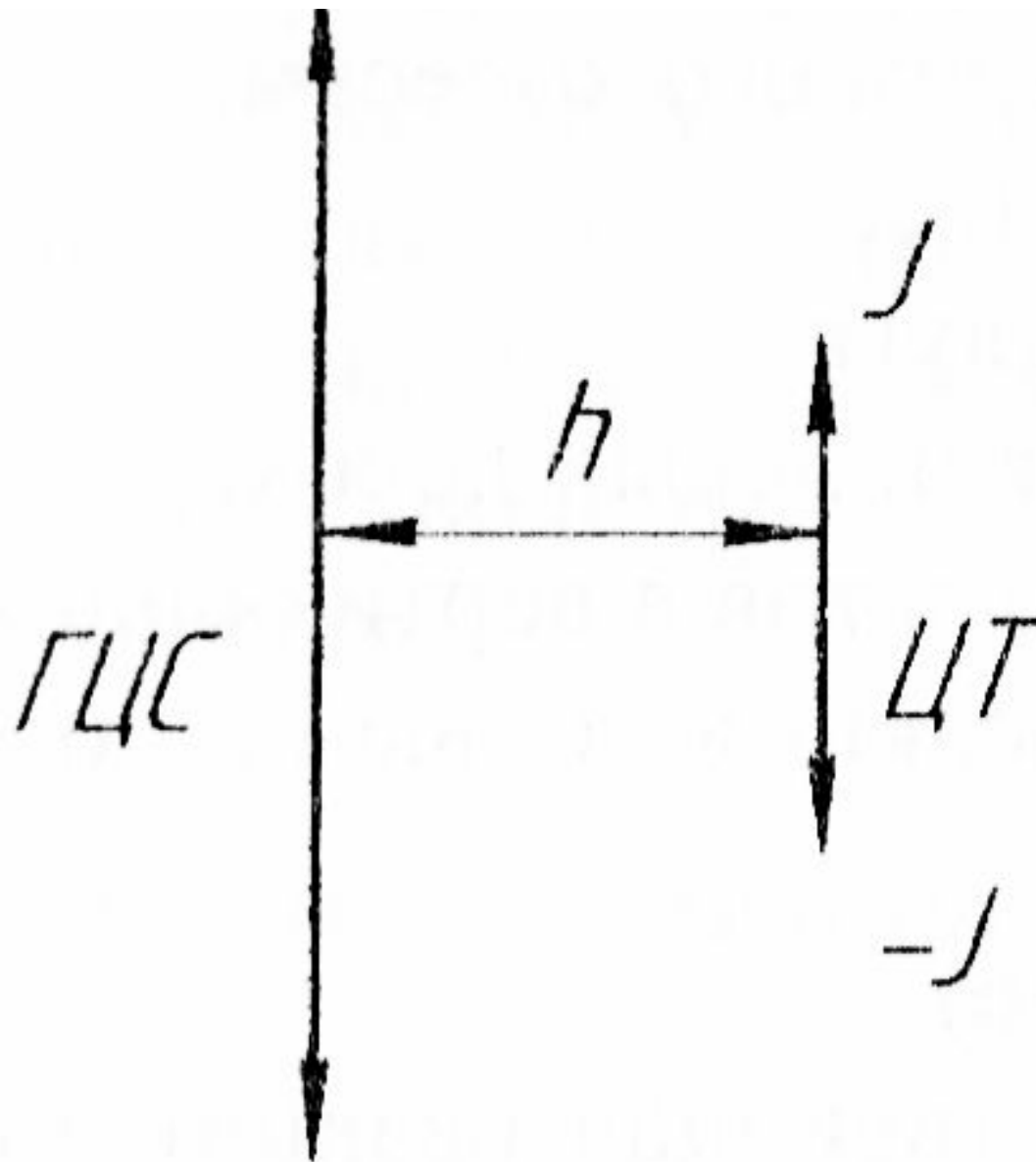


Рис.2.- К расчету влияния сил инерции на равновесие плуга.

Если ликвидировать плечо h , то есть спроектировать плуг так, чтобы у него совпадали центр тяжести и центр сопротивления, то исчезнут моменты инерции относительно ГЦС, и плуг будет устойчив всегда.

РАВНОВЕСИЕ ПРИЦЕПНОГО ПЛУГА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

При правильном проектировании прицепного плуга его сила веса должна распределяться равномерно на все три опорных колеса, когда он стоит на месте. Однако во время работы нагрузка на колеса может резко перераспределиться из-за неправильного присоединения тягового дышла на понизителях рамы плуга. Рассмотрим способ графического анализа действующих сил для определения вектора силы тяги по величине, направлению и точке приложения (рис.3).

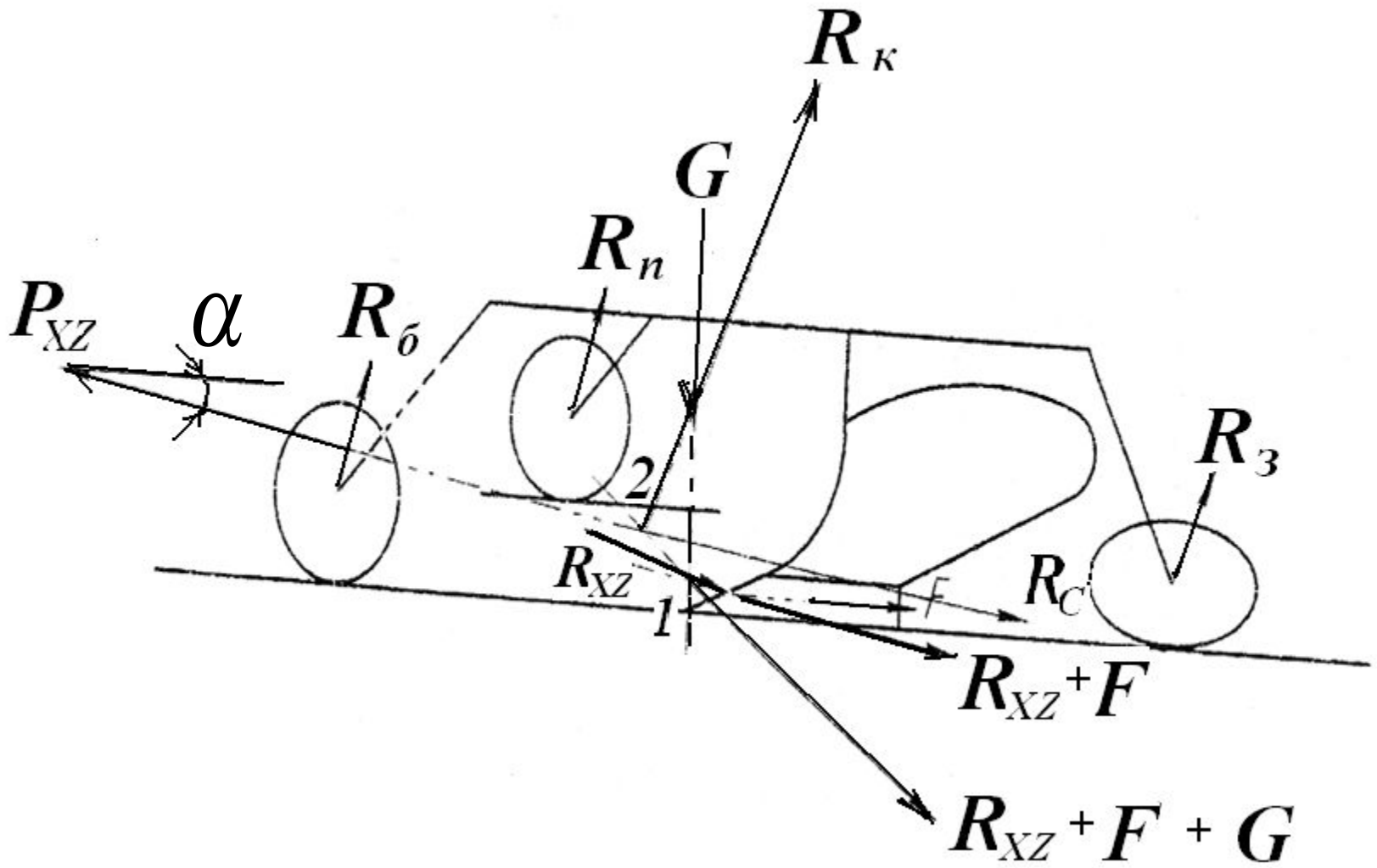


Рис.3.- Схема сил, действующих на прицепной плуг в вертикальной плоскости.

Этот вектор должен быть таким, чтобы во время вспашки не нарушилось равномерное распределение силы веса плуга по всем трем его колесам.

Исходные силы:

G - сила веса плуга;

F - сила трения полевых досок;

R_{xz} - реакция пластов в вертикальной плоскости;

$R_b, R_{п}, R_3$ - реакция почвы на бороздное, полевое и заднее колеса (опорная и на качение);

R_k - равнодействующая реакция почвы на все колеса, проходящая через центр тяжести плуга;

P_{xz} - сила тяги;

R_c - суммарный вектор сопротивления.

Для рассматриваемого графического анализа равновесия плуга надо вычертить схему плуга в масштабе и расставить на ней все исходные силы. Эти силы должны быть тоже в определенном масштабе.

Допускается сложение одинаковых сил, действующих на каждый корпус, и перенос суммарных векторов на средний корпус.

Чтобы получить суммарный вектор сопротивления плуга, складывают векторно силы R_{xz} и F , затем добавляют вектор G .

Полученный суммарный вектор исходит из точки 1. Его линия действия пересекается с линией действия вектора R , в точке 2, которая является вертикальным центром сопротивления (ВЦС).

Если в этой точке сложить полученный суммарный вектор и равнодействующую реакций почвы на колеса, то получим общий вектор сопротивления плуга R_c . Очевидно, что сила тяги трактора должна быть такой же по величине и обратной по направлению, то есть она тоже проходит через точку 2 и показывает на схеме плуга, на какой высоте должно быть тяговое дышло. Если ошибочно дышло будет поднято выше, то создается момент, перегружающий передние колеса, сопротивление плуга возрастает.

на всех колесах. При изменении угла наклона силы тяги от 0 до 18° сила тяги изменяется на 20%, а отношение нагрузок передних колес к заднему - в 15 раз. На практике почти невозможно определить силы R_{zx} и F , поэтому при присоединении к трактору ориентируются на след центра тяжести плуга или на его ГЦС. У правильно спроектированных плугов все три характерные точки - ЦТ, ГЦС и ВЦС должны находиться в зоне полевой доски среднего корпуса, и именно туда надо направлять тяговое дышло при составлении пахотного агрегата.

**СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА
ПОЛУНАВЕСНОЙ ПЛУГ И УСЛОВИЯ
РАВНОВЕСИЯ (БОСОЙ)**

устройству трактора присоединяется шарнирно как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях. Прицепное устройство плуга предусматривает возможность регулирования линии тяги как по высоте, так и в поперечной плоскости. Величина и положение силы G определяется весом плуга и долей веса механизма навески, приходящейся на плуг.

СИЛЫ , ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ПЛУГ В ВЕРТИК.

Для обеспечения качественной работы полунавесного плуга, для обеспечения его равновесия и заглубления необходимо, чтобы сила тяжести плуга превышала сумму вертикальных составляющих сил сопротивления корпусов и силы тяги трактора, способствующих выглублению плуга, особенно при затупленных лемехах, т. е.

В вертикальной плоскости на плуг действуют следующие силы: G - сила тяжести трактора (рис,1); $R_{\Sigma X}$ - проекция суммы вертикальных составляющих сил сопротивления корпусов ; $F_{ПХ}$ - результирующая

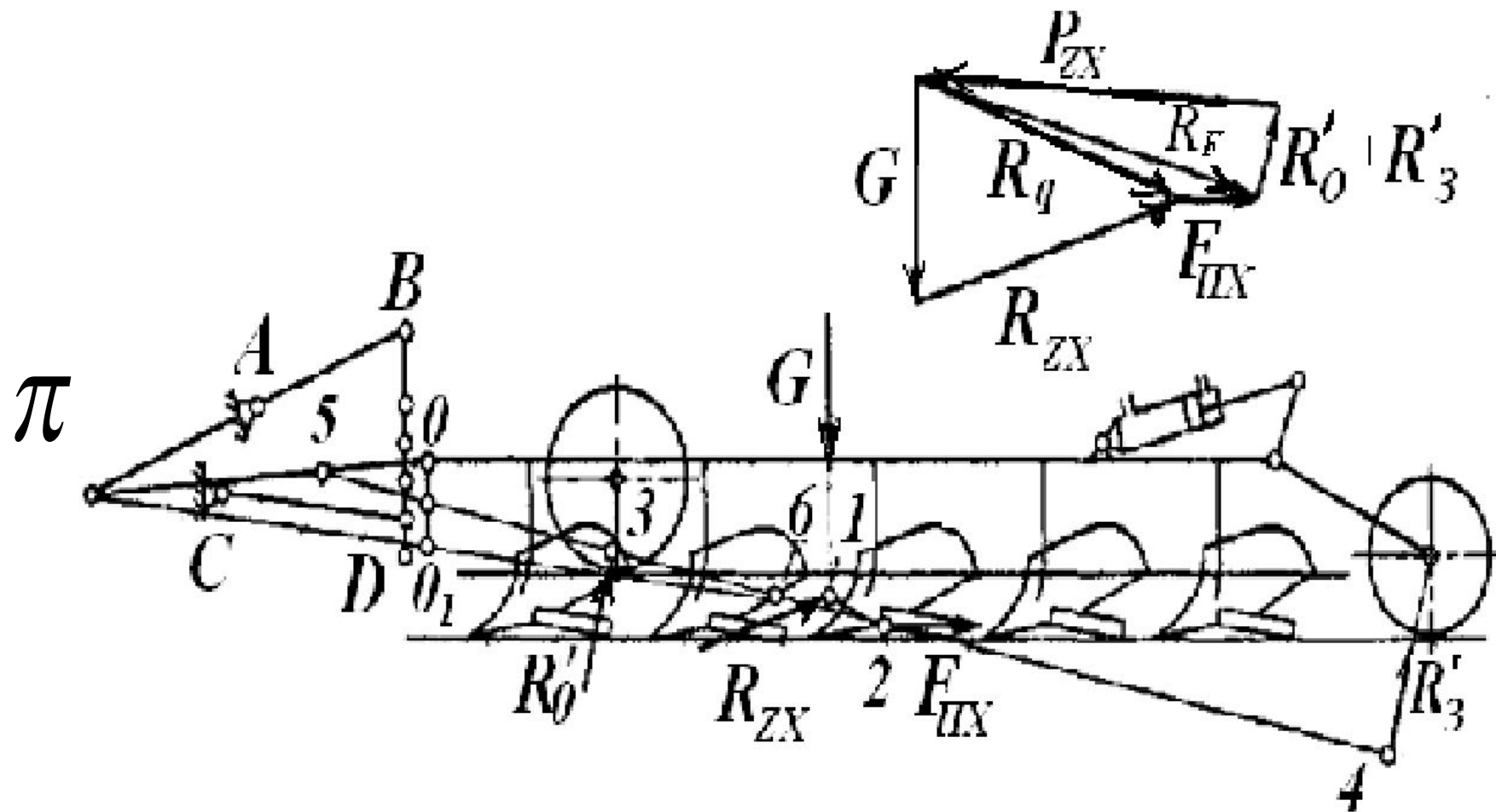


Рис.1.- Схема сил , действующих на полунавесной плуг в продольно - вертикальной плоскости

и

- реакции опорного и заднего колес R'_o
 R'_3 в том сил сопротивления качению.

При построении силового
многоугольника сначала складываем
известные силы G и R'_q , находим их R_{zx}
равнодействующую R_q . На схеме плуга
параллельно равнодействующей
через точку 1, являющуюся точкой
пересечения сил G и R_{zx} , проводим
прямую до ее пересечения в точке 2 с
линией действия силы F_{nx} (прямая 1-2).

Затем в силовом многоугольнике силу R_q складываем с силой R_F и находим равнодействующую $F_{ПХ}$ параллельно которой на схеме плуга через точку 2 проводим прямую 2-3 до пересечения с направлением действия силы R'_3 в точке 3 и прямую 2-4 до пересечения с направлением действия силы R'_4 в точке 4. Прямая, соединяющая точки 3 и 4, должна определять направление силы тяги P_{ZX} . Если направление силы тяги P_{ZX} на схеме плуга пересекает вектор силы R_F вне зоны опоры колес (прямой 3-4), допустим, левее, в точке 5, то плуг, опираясь на опорное колесо,

стремится поворачиваться против часовой стрелки, задние корпуса стремятся к выглублению, и устойчивость хода плуга нарушается. В этом случае в конструкции плуга предусматривается понизитель рамы, обеспечивающий перемещение точки присоединения прицепного приспособления O вниз, а следовательно, и перемещение вправо точки B пересечения направления действия силы тяги с направлением равнодействующей R_F .

Нормальное направление силы тяги, которое должно обеспечить устойчивую работу плуга, определится прямой 3-6. Положение точки 6 на прямой 3-4 определяется из соотношения сил R'_0 и R'_3 . Соотношение сил R'_0 и R'_3 пропорционально длине отрезков 3-6 и 6-4. Определив положение точки 6 и соединив ее с полюсом, найдем направление линии действия силы тяги трактора и необходимое положение точки O_1 на понизителе рамы плуга.

Так как величина и направление силы R_{xz} при работе с острыми и тупыми лемехами различны, что имеет большое значение для условий равновесия плуга в вертикальной плоскости, рекомендуется (по данным Г. Н. Синеокова) построение проводить дважды, т. е. для случаев работы с острыми и тупыми лемехами

СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ПЛУГ В ГОР.
ПЛОСКО
В горизонтальной плоскости на полунавесной плуг действуют P_{xy} — горизонтальная составляющая силы тяги (рис.2) ; R_{xy} — результирующая проекций на плоскость элементарных сил сопротивления почвы, преодолеваемых корпусами плуга; F_{ny} — результирующая сил трения полевых досок о стенки борозд: R''_0 и R''_3 — силы сопротивления перекачиванию переднего опорного и заднего колес.

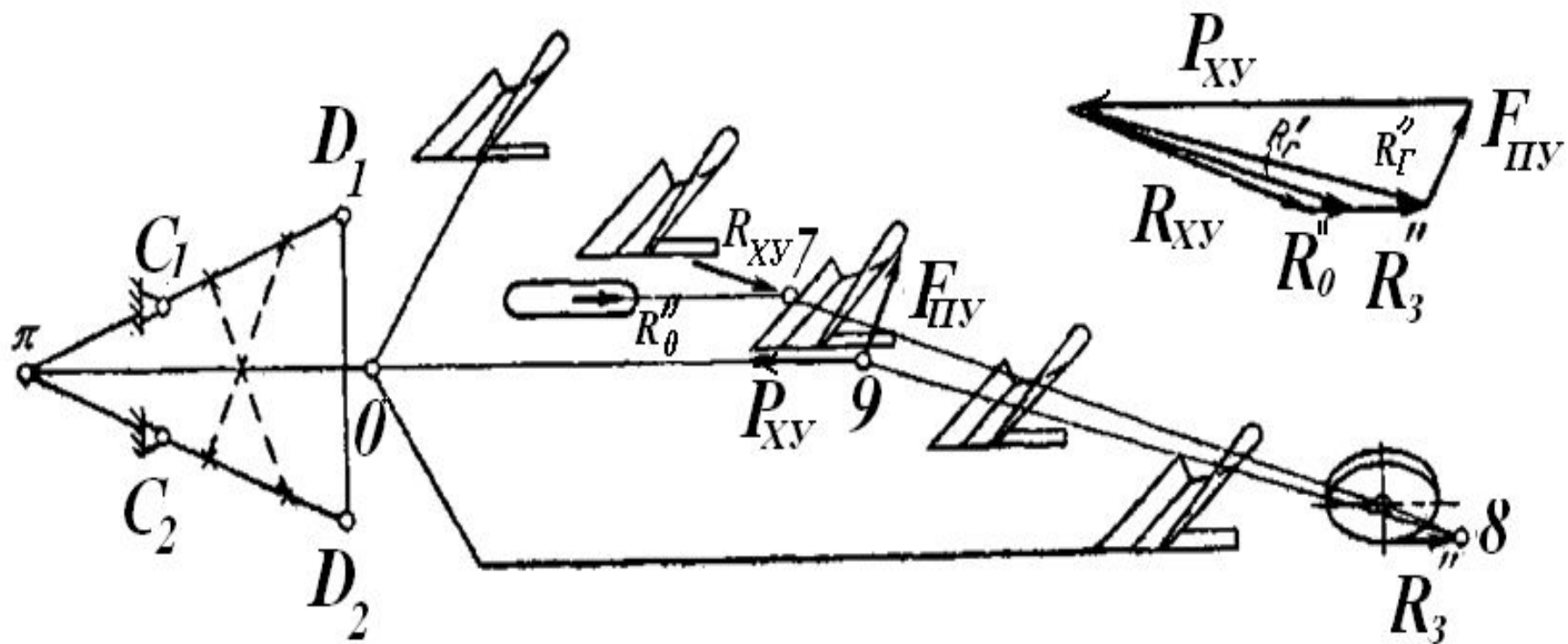


Схема сил, действующих на полунавесной плуг в гориз. плоскости

ПОСТРОЕНИЕ СИЛОВОГО МНОГОУГОЛЬНИКА

При построении силового многоугольника сначала складываем известные силы R_{xy}'' и R_{xy}'' , пересекающиеся на схеме плуга в точке 7, находим их равнодействующую R'_r . Проводим через точку 7 прямую 7-8, параллельную равнодействующей R'_r до пересечения с направлением R''_z действия силы в точке 8. Равнодействующую R'_r складываем в многоугольнике с силою R''_z , приложенной к заднему колесу плуга, и находим равнодействующую R''_r .

Проводим через точку 8 прямую 8-9, параллельную равнодействующей R'_r , до пересечения с направлением действия силы F_{ny} в точке 9. Соединяем точку 9 с точкой О — точкой прицепа. Далее разложением силы R''_r вдоль направления 9-О и 9- F_{ay} определяем значение-силы P_{xy} и F_{ny} .

Таким образом точка О линии тяги на прицепе должна располагаться на прямой 9-О, при этом плуг находится в равновесии даже при незаблокированном четырехзвенном механизме

$$C_1 D_1 D_2 C_2$$

но из-за неоднородности почвы по сопротивлению, колебаний хода плуга по глубине точка **9** линии **9-0** может смещаться, нарушая устойчивость хода плуга — в таких случаях

четырёхзвенник рекомендуют

блокировать (на схеме показано

штриховыми линиями).

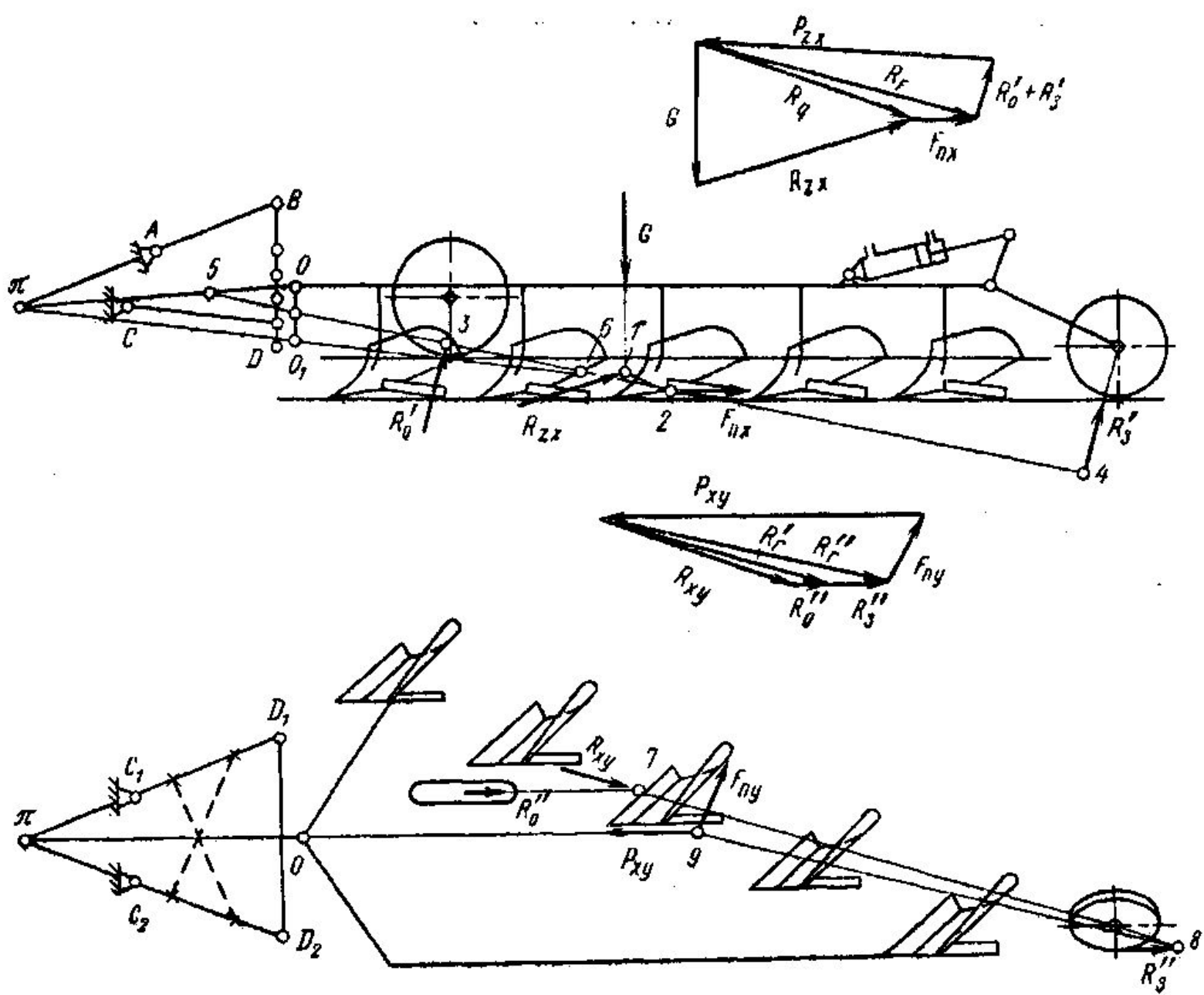


Рис. 2.69 Схема сил, действующих на полунавесной плуг

СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА НАВЕСНОЙ ПЛУГ И УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ

В вертикальной плоскости ZOX на плуг, навешенный на гусеничный трактор, действуют силы (рис.1), G – сила тяжести плуга, P – сила тяги трактора, P_{ZX} – проекция результирующей на плоскости ZX элементарных сил сопротивления почвы, преодолеваемые корпусами; F_{TX} – результирующая сил трения полевых досок о дно борозды и R – реакция на ободке опорного колеса. Заданными силами, являются вес плуга G и результирующая проекций на плоскость ZOX элементарных сил сопротивления почвы R_{ZX} .

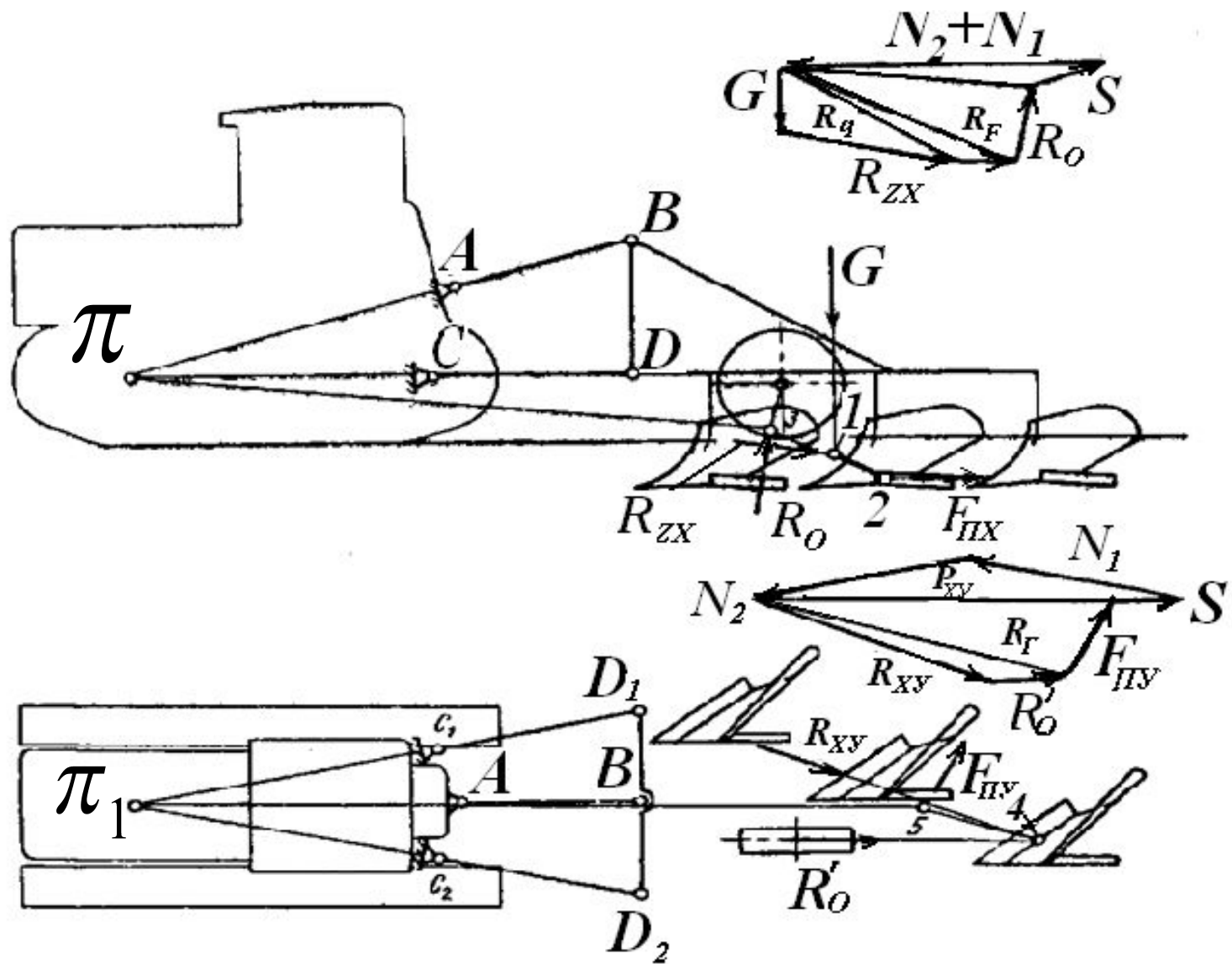


СХЕМА СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА НАВЕСНОЙ ПЛУГ

Необходимо определить силы S_1 и S_2 , кроме того, силы S_1 и S_2 , действующие в верхнем и нижних звеньях механизма $ABCD$ навески трактора.

Для расчета условий равновесия плугов в вертикальной плоскости задаемся значением коэффициента

перекатывания μ колес, что позволяет

определить направление силы R_0 .

Принимаем при работе плуга на плотных почвах $\mu = 0,15$, а на рыхлых $\mu = 0,2$.

Величина силы F_{nx} зависит от целого ряда факторов: от боковой составляющей сопротивления почвы, коэффициента трения f , расположения R_y на раме опорного колеса, направления в плане линии тяги и верхнего звена $A B$ механизма навески и других факторов, которые трудно рассчитать, поэтому величиной силы задаемся исходя из следующего: принимаем, что $F_{ny} = R_y \approx R_x / 3$ и $f = 0,5$. Тогда $F_{nx} \approx R_x / 6$, где R_x — горизонтальная составляющая равнодействующей R_{yx} .

Навесной плуг в вертикальной плоскости находится в равновесии, если равнодействующая всех сил сопротивления и веса плуга проходит через мгновенный центр вращения навесного устройства трактора.

Многоугольник сил строим в следующей последовательности.

В начале складываем силы G и R_{zx} и получаем равнодействующую R_q . На схеме плуга через точку 1 пересечения направлений действия сил G и R_{zx} проводим прямую 1-2 параллельно

равнодействующей R_0 до пересечения с направлением силы R_0 в точке 2. Далее, в многоугольнике сил складываем равнодействующую R с силой F_{yx} и находим их равнодействующую R_F . Через точку 2 параллельно силе R_F проводим прямую 2-3 до пересечения с направлением силы R_0 реакции на ободе опорного колеса в точке 3. Соединив точки 3 и π , определяем нормальное направление силы тяги P_{zx} , обеспечивающее устойчивое движение плуга в борозде.

Разложением равнодействующей по направлению действия сил R_{σ} и R_{ρ} определяем их величины в многоугольнике сил. Если разложим силу P_{zx} по направлениям звеньев навесного устройства трактора, т. е. по направлению верхнего звена AB и направлению нижних CD , то в многоугольнике найдем значение сил S , действующей в верхнем звене, и N_1, N_2 — в нижних звеньях.

В горизонтальной плоскости XOY на плуг действуют силы P_{xy} - горизонтальная составляющая силы тяги трактора;

R_{xy} - результирующая проекция на плоскость элементарных сил сопротивления почвы, преодолеваемых корпусами плуга; $F_{пу}$ - результирующая сил трения полковых досок о стенки борозд и R_0 - сила сопротивления перекатывания опорного колеса.

При построении силового многоугольника вначале складываем силы R_{xy} и R_0 , получаем равнодействующую R'_0 параллельно которой на схеме плуга через точку 4 пересечения направлений действия сил R_{xy} и R_0 проводим прямую 4-5 до пересечения с линией направления действия силы $F_{пу}$.

Полученную точку 5 соединяем с полюсом O_1 . Прямая 5 - определяет направление горизонтальной составляющей силы тяги P_{xy} . Следовательно, нормальный ход плуга в горизонтальной плоскости будет при условии, что точка прицепа трактора располагается на линии продольной оси трактора, совпадающей с линией направления действия силы тяги.

Для определения усилий, возникающих в звеньях AB , C_2D_2 навесного устройства трактора, и C_1D_1 силового многоугольника, построенного для вертикальной плоскости, проектируем и наносим на многоугольник сил, построенный для горизонтальной плоскости, усилие S , воспринимаемое верхним звеном AB навесного устройства. Затем из схемы плуга в силовой многоугольник горизонтальной плоскости переносим направления звеньев C_2D_2 и C_1D_1 определяем усилия N_2 и N_1 , возникающие в этих звеньях.

Колесный трактор при работе с плугом правыми колесами движется по открытой борозде, т. е. в поперечной плоскости имеет наклон в сторону борозды, определяемый глубиной пахоты. Из-за наклона трактора нижние звенья навесного устройства проектируются на продольно-вертикальную плоскость отдельно, каждое звено самостоятельно. В горизонтальной плоскости нижние звенья образуют с осью x различные по величине углы.

Кроме того, из-за наклона трактора направление верхнего звена AB в горизонтальной плоскости проекции не всегда проходят через полюс σ_1 . Таким образом, при построении силового многоугольника эти особенности следует учитывать. Когда равновесие плуга и колесного трактора рассматривают только в продольно-вертикальной плоскости проекций, то наклон трактора можно не учитывать.

10. УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ НАВЕСНОГО ПЛУГА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТЯХ

(КЛЕНИН НОВЫЙ)

Плуги и другие сельскохозяйственные машины соединяют с тракторами навесными системами, состоящими из гидравлических систем, механизмов навески и управления. *Гидравлическая система* включает следующие основные узлы: масляный бак, шестеренный насос, распределитель, гидроцилиндры, гидроарматуру. *Механизм навески и управления* служит для подъема, опускания и регулирования положения машины

Различают трехточечные (рис. 1, а, б) и двухточечные (рис. 1, в) механизмы навески. При трехточечной навеске поперечную балку плугов и других машин присоединяют к звену (горизонтальная проекция) четырехзвенного механизма $D'C'C'D'$, а стойку BC (вертикальная проекция) — к звеньям AB и CD механизма навески $ABCD$. Машины поднимают и опускают механизмом $EFGD$, ведущее звено EF которого поворачивает шток гидроцилиндра. Трехточечная система навески обеспечивает устойчивое прямолинейное движение агрегата

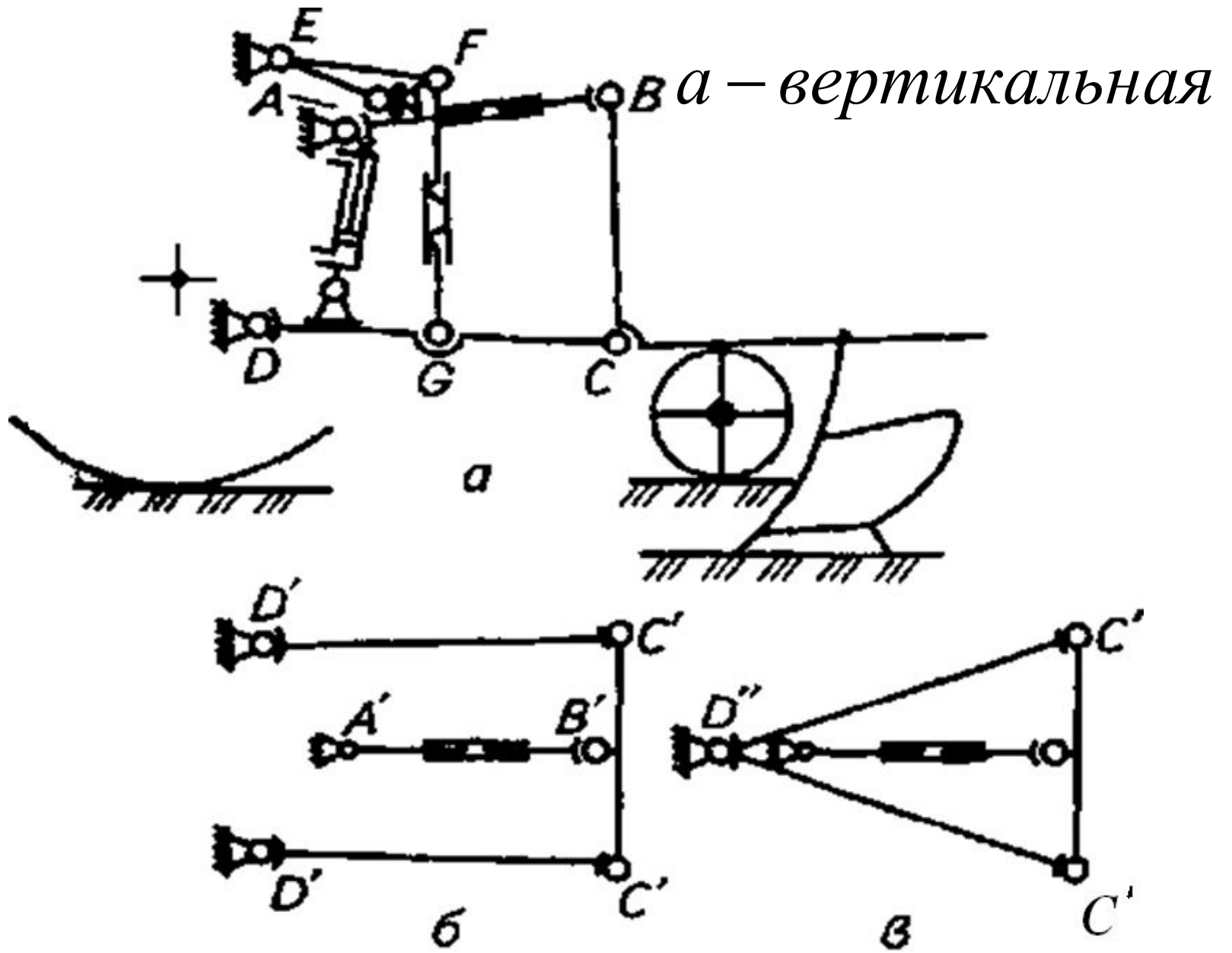


Рис.1.-Схемы механизмов навески

ПОДПИСЬ К РИСУНКУ 1

:
**вертикальная (а),
горизонтальная (б) проекции
трехточечного механизма
навески и горизонтальная
проекция (в) двухточечного
механизма**

Такую навеску применяют при агрегатировании с трех- и четырехкорпусными плугами, сеялками, культиваторами и другими машинами.

Двухточечная система механизма навески (рис. 1, в) предусматривает соединение шарниров в одной точке D'' . По такой схеме навешивают многокорпусные полунавесные плуги, свекло подъемники и другие машины. Двухточечная навеска обеспечивает более устойчивое движение агрегата, снижение нагрузок в деталях навески и в машинах, что особенно проявляется при повороте продольной оси трактора. Для направления линии тяги и смещения плуга в поперечной плоскости относительно трактора положение оси шарнира изменяют в поперечной плоскости.

Верхняя тяга (звено AB) и раскосы (звенья FG) выполняют регулируемой длины с целью изменения горизонтального положения рамы машин как в продольной, так и в поперечной плоскостях. Для ограничения поперечных перемещений машин в транспортном положении нижние тяги (звенья CD) блокируют цепями или растяжками.

Навесные системы подразделяют на три группы:

1- навесная система не связана с гидросистемой трактора в процессе работы (распределитель занимает плавающее положение), глубина пахоты определяется положением опорных колес, колеса трактора не догружаются плугом;

2- в гидроцилиндре механизма навески установлено постоянное по значению избыточное давление, нагрузка на опорные колеса плуга снижается, а ведущие колеса трактора догружаются;

3 - навесное устройство постоянно связано силовой связью с гидросистемой трактора, плуг не имеет опорных колес, глубина пахоты устанавливается силовым регулятором гидросистемы.

Наряду с гидродогрузателями ведущих колес трактора возможно применение и механических устройств, перераспределяющих усилия на колеса трактора и плуга. Так, возможна догрузка ведущих колес тракторов наклоном верхней тяги (звено AB) механизма $ABCD$ навески.

УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ПЛУГА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТЯХ

При проектировании плуга обращают внимание на стабильное выполнение технологического процесса, которое в значительной мере обусловлено его устойчивым ходом в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Движение будет устойчивым при суммарном равенстве действующих активных и реактивных сил, а также равенстве нулю моментов относительно координатных осей.

С некоторым допущением рассматривают статические условия равновесия сил в плугах, т. е. условия прямолинейного и равномерного движения плуга при сохранении заданной глубины обработки. Как активные, так и реактивные силы представляют сосредоточенными и приложенными в определенных точках элементов орудия. К **активным** относят силу тяги и вес машины; к **реактивным** — силы сопротивления рабочих органов, силы трения на полевых досках, реакции опор колес.

УСТОЙЧИВЫЙ ХОД РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГА
УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ПЛУГА
Приравнивая к нулю условия статического

равновесия, когда выполняются три уравнения действующих сил и три уравнения моментов

$$\sum P_x = 0; \sum P_y = 0; \sum P_z = 0 \quad (1)$$

$\sum M_x = 0; \sum M_y = 0; \sum M_z = 0 \quad (2)$
В уравнениях (1 и 2) представлены суммы проекций сил на соответствующие оси и суммы моментов сил относительно тех же осей.

Их решение сводится к определению реакций в опорах, действующих в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Однако аналитический способ определения опорных реакций плуга является трудоемким, в связи с чем предпочтение отдается графическому методу.

Рассмотрим действие сил и условия равновесия орудия графическим способом на примере полунавесного плуга.

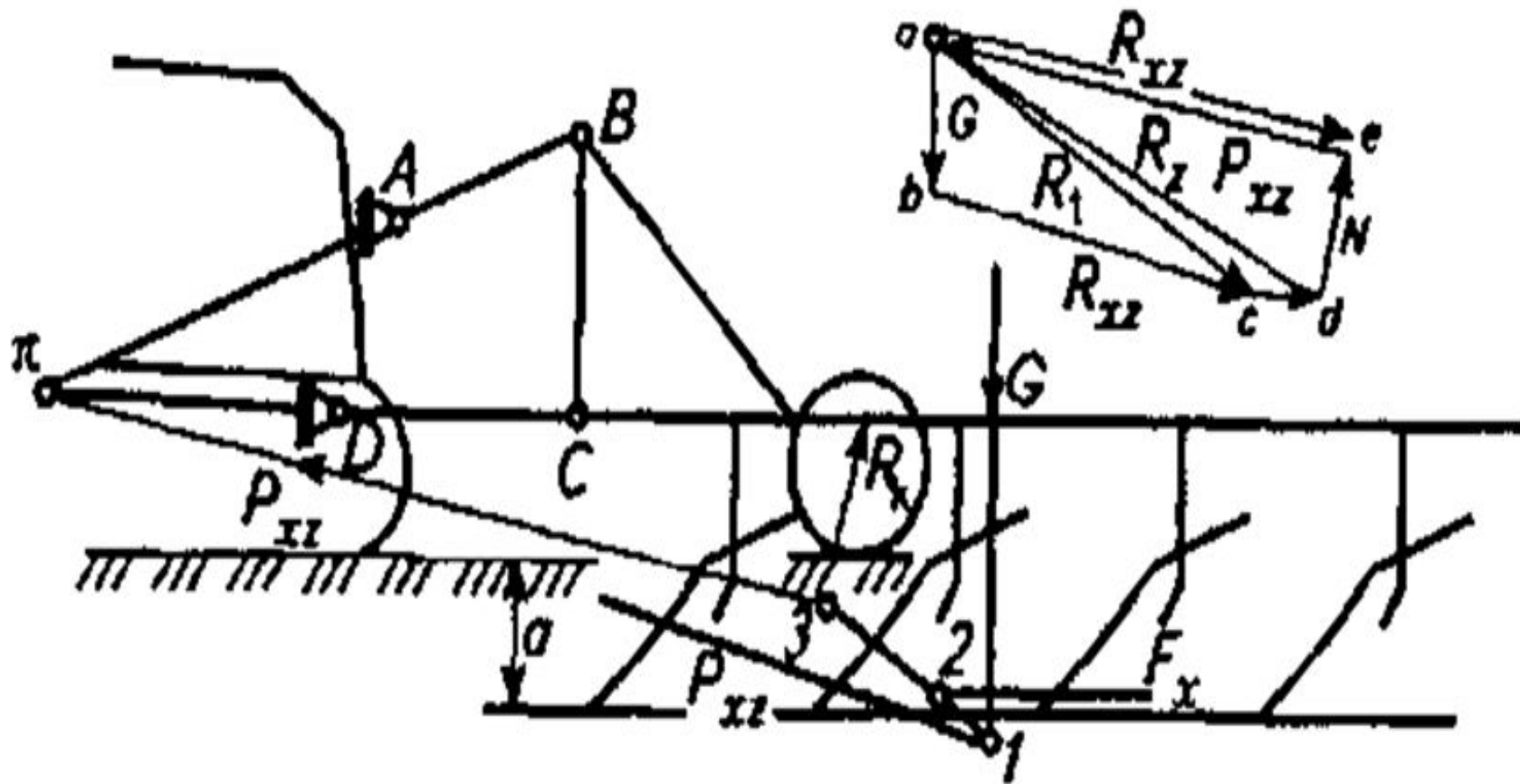


Рис.2.- Схема сил, действующие на навесной плуг в вертикальной плоскости

В продольно-вертикальной плоскости XOZ (рис. 2) на плуг действуют сила тяжести G , проекция силы сопротивления корпусов плуга R_{xz} , результирующая сила трения F_x полевых досок о стенки борозд, реакция R_K^x почвы на колесо и сила тяги трактора P_{vz} .

Силу тяжести G принимают из технической характеристики или рассчитывают по (3) зависимости $G = 9,81m_0abn$,

m_0 — относительная масса плуга, $m_0 = (2,0...3,5)10^3$ кг/м².

меньшие значения соответствуют трех-
четырёхкорпусным навесным, плугам,
большие — обратным и прицепным. Линия
действия силы тяжести G проходит
посредине корпусов. Значение и
направление реакции находят из
соотношения $R_z / R_x = \operatorname{tg} \psi$

где ψ — угол между направлением действия
силы R_{xz} и осью X . Величина угла зависит от
свойств почвы, остроты лезвия лемеха и
глубины обработки. и лежит в пределах от $+18$
до 23°

В качестве расчетного принимаю $\psi = \pm 12^\circ$

Сила сопротивления корпусов плуга R_{xz} наклонена под углом $10..12^\circ$ к оси X.

Силу R_x — из выражения

$$R_x = kabn \quad (4)$$

Сила $R_y = (0,25..0,45)R_x$ (5)

Сила $R_z = R_x \operatorname{tg} \psi = \pm 0,2 R_x$ (6)

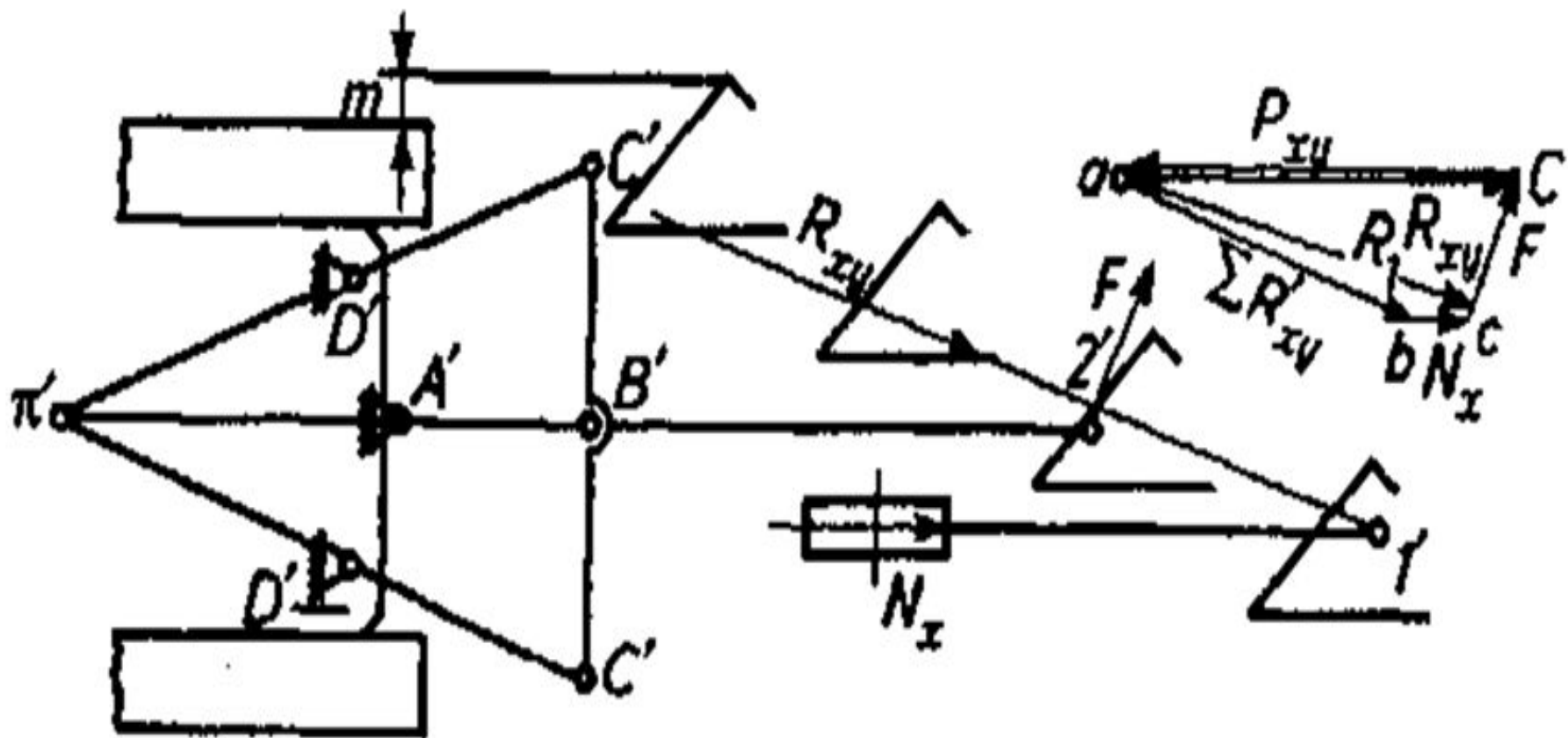
Силу F_x располагают посередине ширины полевой доски, направляя ее вдоль оси X.

Линия реакции R_K проходит через ось опорного колеса A_K под углом δ_K к ней, причем $\tan \delta_K = f_{\Pi}$, где f_{Π} - коэффициент сопротивления при перекатывании колеса. На плотных почвах $f_n = 0,08 \dots 0,10$, на рыхлых — $f_n = 0,12 \dots 0,20$.

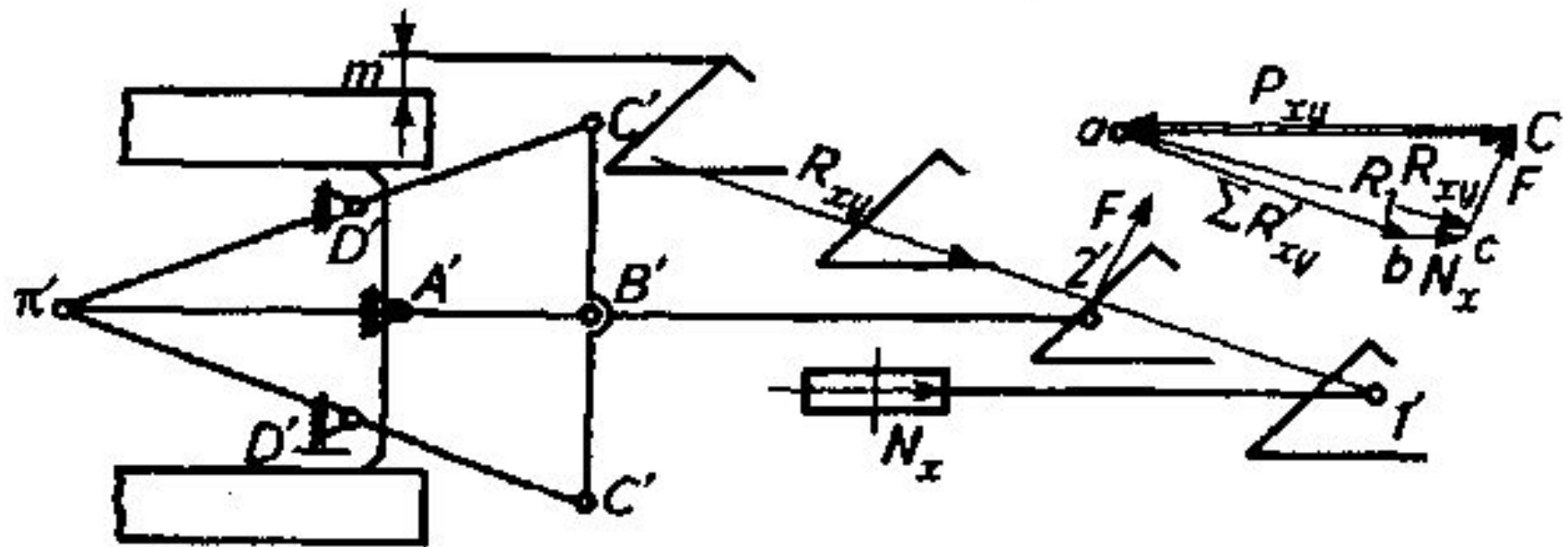
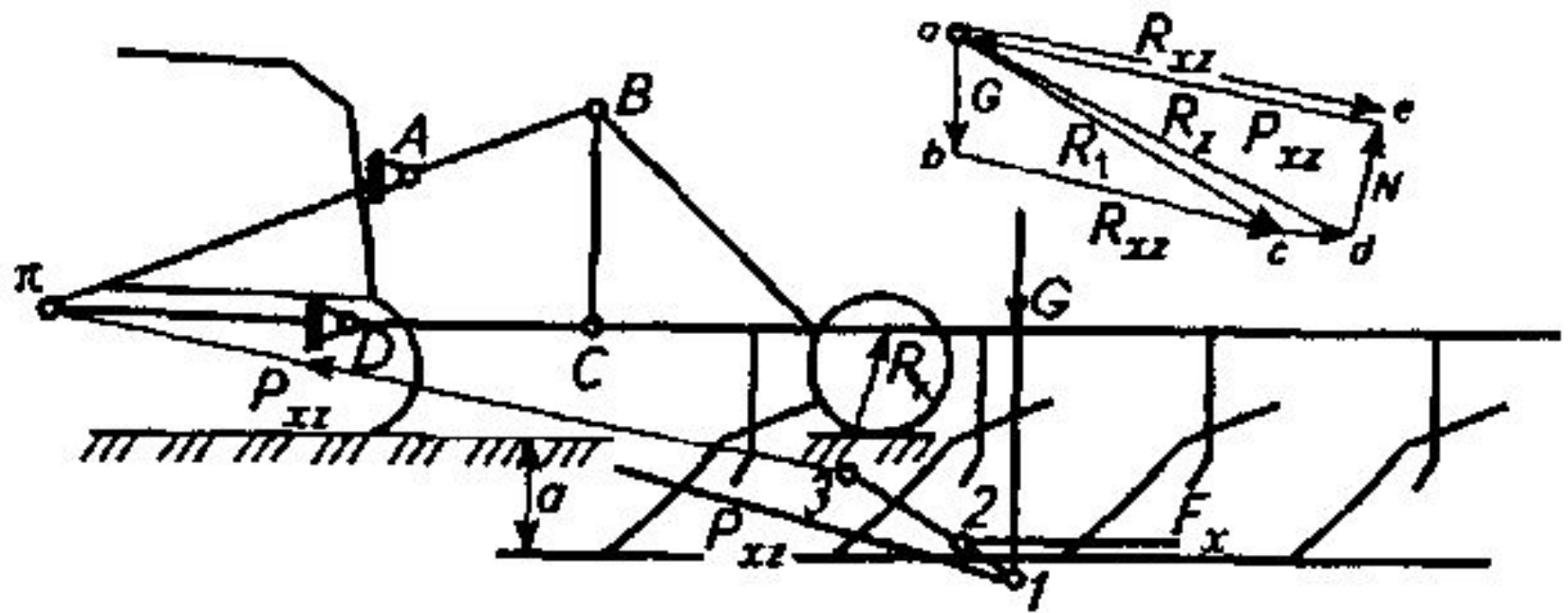
Определив точки приложения и направление линий действия сил G , R_{xz} и F_x , их наносят в принятом масштабе на проекции схемы плуга, отдельно от схемы строят многоугольник сил.

Вначале находят силу R складывая известные по значению и направлению векторы G и R_z , затем на схеме плуга точки 1 пересечения линий действия сил G и R_z проводят прямую, параллельную линии действия равнодействующей R . Эта прямая пересечет силу трения F_x в точке 2. На многоугольнике сил из конца вектора откладывают вектор силы F_x (отрезок cd). Сложением векторов R и F_x получают равнодействующую R_z .

На схеме плуга через точку 2 проводят линию, параллельную силе R_2 , до пересечения с направлением силы R_K сопротивления качению опорного колеса. Указанные линии действия сил R_2 и R_K пересекаются в точке 3. В этой точке приложена равнодействующая всех сил сопротивления плуга (R_{XZ} , R_K и F_x). Навесной плуг в вертикальной плоскости находится в равновесии, если равнодействующая всех сил сопротивления R_{XZ} и веса плуга проходит через точку 3 и мгновенный центр вращения навесного устройства трактора.



Рисунок



Значения сил R_{xz} и P_{xz} получают по многоугольнику сил, для чего из начала вектора G (из точки a) проводят прямую, параллельную линии 3— , а из конца вектора R_2 — линию, параллельную реакции R_K опорного колеса. Точка их пересечения даст отрезок ae и de , равные в принятом масштабе соответственно силам

и

$$R_{xz}, (P_{xz}) \quad R_K$$

В горизонтальной плоскости на схему плуга наносят следующие силы:

- составляющую R_{ay} реакции почвы,
- действующую на рабочие поверхности корпусов; проекцию R_x реакции R_k ;
- реакцию F стенок борозд на полевые доски; составляющую P_{xz} силы тяги.

. Все эти силы наносят на горизонтальную проекцию схемы плуга.

Силу R_x прикладывают под углом $25...35^\circ$ к оси X в середину ширины захвата плуга. Сила R_x — проекция реакции $R_{K'}$, которую определяют из многоугольника сил в продольно-вертикальной плоскости. Реакция $R_{K'}$ отклонена на угол трения φ от оси Y .

Как видно из многоугольника сил, сила тяги P_{xz} имеет минимум, когда угол $\beta = 90^\circ$, т. е. Векторы P_{xz} и R_k перпендикулярны. С увеличением угла реакция R_k на опорное колесо возрастает. Силы P_{xy} и R_k увеличиваются при смещении шарнира A вниз и удлинении звена BC плуга. В ряде машин механизмы навески имеют дополнительные отверстия для перестановки шарниров A и B .

Изменение положения шарниров влияет на догрузку ведущих и разгрузку ведомых колес трактора и опорного колеса плуга. Такое перераспределение предпочтительно при работе на рыхлых и влажных почвах, так как уменьшается глубина колеи опорного колеса, а догрузка движителей трактора снижает буксование его колес.

При агрегатировании плугов с колесными тракторами тяговых классов 0,9...1,4 их правые колеса движутся в открытой борозде, поэтому трактор наклонен. В этом случае нижние звенья DC (рис.1) проектируются на продольно-вертикальную плоскость в виде двух линий, поэтому условие равновесия плуга следует рассматривать в трех плоскостях

Устойчивость хода пахотного агрегата в горизонтальной плоскости зависит от положения линии π' относительно следа мгновенной оси поворота. С увеличением наклона линии тяги вправо относительно точки O сила F и реакция R на полевые доски уменьшаются, а с наклоном влево — увеличиваются. Однако значительное уменьшение реакции F может нарушить устойчивый ход плуга, особенно при неодинаковом по длине гона удельного сопротивления почвы.

Наклон линии тяги относительно полюса как вправо, так и влево ухудшает управляемость трактора и повышает энергозатраты на его передвижение. Исходя из этого считают, что линия тяги должна проходить через полюс, а линия ее действия — совпадать с осью симметрии трактора. Наряду с этим должно выдерживаться расстояние $m = 15...20$ см от стенки борозды до наружного края правой гусеницы

или правого заднего колеса тракторов, если колеса (гусеницы) последних движутся не по борозде, полунавесные плуги имеют два опорных колеса. Условие равновесия таких плугов рассматривается так же, как и навесных, при этом реакции двух колес приводятся к одной равнодействующей по правилам сложения параллельных сил.

одинаковые значения реакции почвы на переднее и задние колеса, а угол наклона линии тяги к горизонтальной плоскости составляет 14... 18°. P_{xz}

Прицепные плуги соединяют с трактором так, чтобы линия тяги проходила через след центра тяжести плуга, который приблизительно находится на середине линии, соединяющей носки лемехов.

На почвах с малым $[(1,5...2,0)10^3 \text{ Па}]$ удельным сопротивлением линию тяги смещают вправо, чтобы уменьшить действия задней полевой доски на стенку борозды. Такое смещение снижает тяговое сопротивление до 5 % и уменьшает разрушение стенки борозды, особенно последним корпусом.