

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Инженерно-технологический институт

Кафедра технических систем в агробизнесе, природообустройстве
и дорожном строительстве

Кузнецов В.В.

Сельскохозяйственные машины

Сборник лекций по дисциплине

Часть 2

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

Брянск 2018

УДК 631.3 (076)
ББК 40.72
К 89

Кузнецов, В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник лекций по дисциплине: методическое пособие. Ч. 2 / В.В. Кузнецов. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. – 116 с.

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

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

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

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

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

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

Содержание

Введение.....	4
Лекция 1. Теория резания почвы лезвием.....	5
Лекция 2. Расчёт тягового сопротивления и КПД плуга.....	17
Лекция 3. Воздействие на почву рабочих поверхностей различной геометрической формы.....	24
Лекция 4 Теория взаимодействия катка с почвой.....	41
Лекция 5. Машины и орудия для почвозащитной системы земледелия.....	54
Лекция 6. Теория рыхления (резания) почвы рабочими органами машин для почвозащитных систем земледелия.....	66
Лекция 7. Машины для внесения минеральных удобрений.....	74
Лекция 8. Машины для внесения органических удобрений.....	95
Список литературы.....	113

Введение

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

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

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

Лекция 1. Теория резания почвы лезвием

Вопросы:

- 1 Виды резания лезвием.
- 2 Критерий меры скольжения.
- 3 Схема сил в процессе резания и их зависимость от угла ξ .
- 4 Кинематическая трансформация угла заточки лезвия в процессе резания.
- 5 Определение зоны рыхления.

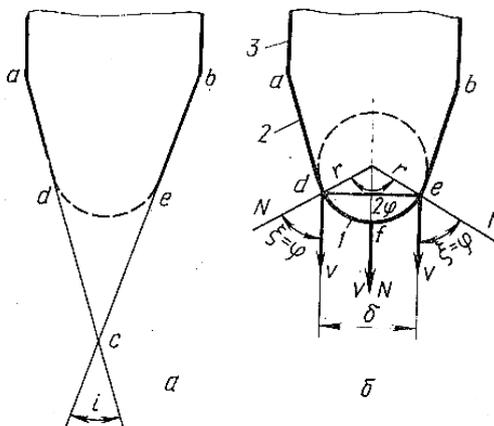
1 Виды резания лезвием

Резание лезвием. В почвообработке различают два вида резания: резание клином и резание лезвием. При резании клином определяющее воздействие на почву оказывает рабочая грань, а лезвие играет вспомогательную роль или вовсе не играет никакой роли. При резании лезвием, наоборот, определяющее воздействие оказывает лезвие, а фаски (рабочие грани) играют вспомогательную роль. Однако между процессами резания лезвием и резания клином нет резкой границы и один процесс, при определенных условиях, может трансформироваться в другой.

Резание лезвием - одна из наиболее распространенных технологических операций. Она лежит в основе действия ножей, лап, зубьев и других рабочих органов, широко применяемых в почвообрабатывающих и мелиоративных машинах.

Раньше считали, что в поперечном сечении остро заточенного ножа лезвие представляется вершиной угла, образованного фасками ac и bc (рис. 1.1), а об остроте лезвия судили по углу его заточки i . Позже установили, что при резании тонкая вершина ноже (dce) сначала загибается, затем отламывается и лезвие приобретает форму закругленной поверхности (в сечении форму дуги

de), плавно соединяющей фаски ножа, которую можно аппроксимировать частью кругового цилиндра. При этом острота ножа определяется не углом заточки, а толщиной лезвия.



a - остро заточенным; *б* - рабочим; *l* - лезвие; *2* - фаска; *3* - остов
Рисунок 1.1 - Элементы ножей с лезвием.

Согласно В. А. Желиговскому, к лезвию следует относить ту часть ножа, которая разрезает материал вследствие его смятия, а к фаскам - те его части, которые раздвигают уже разрезанный материал и скользят по нему. Следовательно, ту часть ножа, где нет скольжения материала, следует относить к лезвию, а ту, где наблюдается скольжение, - к фаскам.

Условие скольжения выражается неравенством $\zeta > \varphi$, где ζ - угол между направлениями скорости и нормали; φ - угол трения. Как известно, нормалью к любой точке дуги окружности является радиус, проведенный в эту точку. Если нож движется сверху вниз (рис. 1.1, б), то в точке *f* направления нормали и скорости совпадают и, значит, $\zeta = 0$.

Влево и вправо от точки *f* угол ζ возрастает и в точках *d* и *e* принимает значения $\zeta = \varphi$, а выше этих точек $\zeta > \varphi$. В пределах дуги *dfe* угол $\zeta < \varphi$ и скольжения не наблюдается. Следовательно, эта часть ножа относится к лезвию, а толщина лезвия ограничивается центральным углом, равным 2φ , и определяется хордой $de = \delta$, где

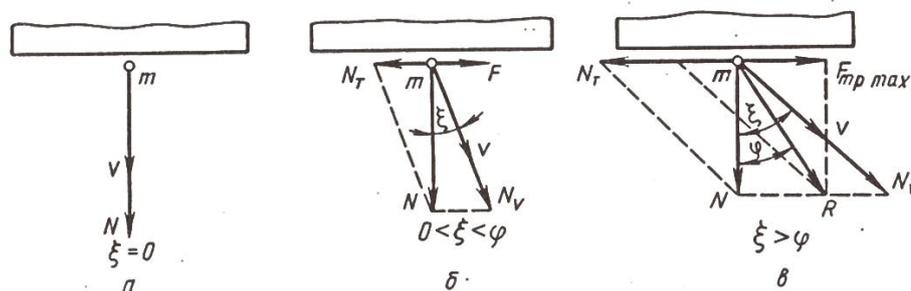
$$\delta = 2r \sin \varphi, \quad (1.1)$$

т. е. толщина лезвия зависит как от радиуса его кривизны, так и от фрикционных свойств разрезаемого материала.

А. Н. Зеленин установил, что при резании достаточно вязких и пластичных грунтов (глина, суглинок, супесь) перед режущим профилем образуется уплотненное ядро из обрабатываемого материала и в дальнейшем резание осуществляется не лезвием, а этим ядром. Форма уплотненного ядра зависит от угла i заточки лезвия и образуется всегда при $i > 50...60^\circ$. На профилях с несимметричным углом заточки уплотненное ядро как бы дополняет существующий угол до симметричного. Ширина уплотненного ядра при установившемся процессе резания всегда равна ширине профиля.

Так как коэффициент трения почвы по почве всегда выше, чем почвы по стали, то образование уплотненного ядра вызывает увеличение силы трения и сопротивления резанию. Следовательно, для снижения энергоемкости процесса нужно принимать $i = 45.. 50^\circ$, что примерно соответствует удвоенному значению угла внутреннего трения почвы.

В зависимости от соотношения между углами ζ и φ различают режимы резания: $\zeta = 0$ - рубящее резание (рис. 1.2, а); $0 < \zeta < \varphi$ - резание с некоторым продольным перемещением, но без скольжения (рис. 1.2,б); $\zeta > \varphi$ - резание со скольжением (рис. 1.2 в).



а- рубящее; б - с продольным перемещением, но без скольжения; в - со скольжением

Рисунок 1.2 - Режимы резания лезвием

Рубящее резание (рис. 1.2, *a*) широко применяется в машинах для земляных работ (экскаваторы, бульдозеры, скреперы и т. п.). В этом случае лезвие давит на частицу m по нормали. Частица перемещается под действием этой силы, пока не будет разрушена. При резании с продольным перемещением (рис. 1.2б) факт некоторого продольного перемещения лезвия еще не означает, что почва по нему скользит.

Разложив силу N на две составляющие N_v и N_T , видим, что сила N_v толкает частицу m в направлении скорости ножа v , а сила N_T стремится заставить ее скользить вдоль лезвия ножа. Но так как $\zeta < \rho$, то сила $N_T = Ntg\zeta < F_{T\rho\max} = Ntg\varphi$. Следовательно, сила $F_{T\rho}$ как сила реакции в точности равна возбуждающей ее силе N_T и направлена в противоположную от нее сторону. В результате сила N_T уравнивается силой $F_{T\rho}$ и частица m перемещается под действием силы N_v по направлению ее действия, пока не будет разрушена.

При резании со скольжением $\zeta > \varphi$, следовательно, $N_T > F_{T\rho\max}$, т. е. сила трения достигает максимального значения $Ntg\varphi$, но она не в состоянии уравновесить силу N_T , поэтому частица m будет скользить вдоль лезвия под действием силы $N_T - F_{T\rho\max}$. Следовательно, на частицу m одновременно действуют силы N_v и $N_T - F_{T\rho\max}$ или N и $F_{T\rho\max}$. Сложив их, получим равнодействующую R , направленную под углом трения φ к нормали N . Частица m будет перемещаться в направлении силы R под ее действием, пока уплотнение почвы не приведет к тому, что удельное давление на частицу достигнет предела прочности и она разрушится.

2 Критерий меры скольжения

Скольжение почвы по лезвию происходит при изменении угла ζ в широких пределах: от ζ и φ до $\zeta \Rightarrow \pi/2$. Для выбора критерия оценки меры скольжения при разных значениях ζ и φ рассмотрим процесс резания почвы черенковым ножом. Пусть нож движется в почве по направлению скорости v и переместился из положения / в положение // (рис. 1.3). При этом частица m

почвы, соприкасающаяся с точкой a_1 лезвия, перемещаясь под действием силы R в направлении ее действия, оказалась у точки a_3 лезвия, а точка a_1 , двигаясь в направлении скорости v , заняла положение a_2 . Тогда a_2a_3 - путь, пройденный почвенной частицей m в относительном скольжении по лезвию, a_2a_3 - абсолютное перемещение ее (деформация смятия почвы), а отношение первого ко второму - мера скольжения, называемая коэффициентом скольжения.

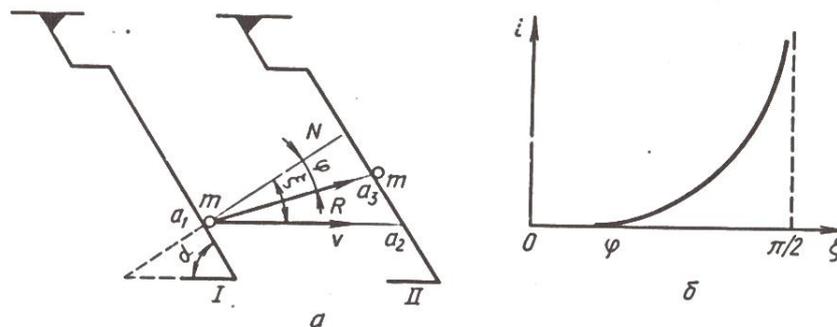


Рисунок 1.3 - Схема (а) к определению коэффициента скольжения i и его зависимость (б) от угла ξ

Согласно рисунку 3 и теореме синусов коэффициент скольжения

$$i = \frac{a_2a_3}{a_1a_3} = \frac{\sin(\xi - \varphi)}{\sin(\frac{\pi}{2} - \xi)} = \frac{\sin(\xi - \varphi)}{\cos \varphi} \quad (1.2)$$

Из формулы (2) следует, что при $\xi = \varphi$ $i = 0$, при $\xi \rightarrow \pi/2$ $i \rightarrow$ бесконечности. Функция $I = f(\xi)$ имеет вид вогнутой кверху кривой (рис. 1.3б).

3 Схема сил в процессе резания и их зависимость от угла ξ

Процесс резания происходит, когда в зоне контакта лезвия с материалом в последнем возникают напряжения, равные пределу его прочности. При $\xi = 0$ сила N_0 создает в материале напряжения, равные пределу его прочности на смятие. При этом $R = N_0$, $T = 0$ (рис. 1.4, а). Очевидно, что при изотропном

материале и при $\zeta = 0$ для его резания потребуется создать такие же напряжения и приложить такие же силы. Увеличивая угол ζ в пределах $0 < \zeta < \varphi$, можно получать целый ряд сил R и их составляющих N и T . При этом значения N будут уменьшаться, значения T - возрастать, а величина R будет оставаться постоянной, т. е. $R = \text{const}$. При $\zeta = \varphi$ касательная сила T достигнет максимума, равного максимально возможной силе трения, т. е. $T_{\max} = N \text{tg} \varphi$. Поэтому при $\zeta > \varphi$ направление силы R уже не будет изменяться и независимо от значения I будет отклонено на угол φ от направления силы N . Таким образом, конец вектора R независимо от значения ζ , будет лежать на дуге окружности радиусом R с центральным углом не более φ .

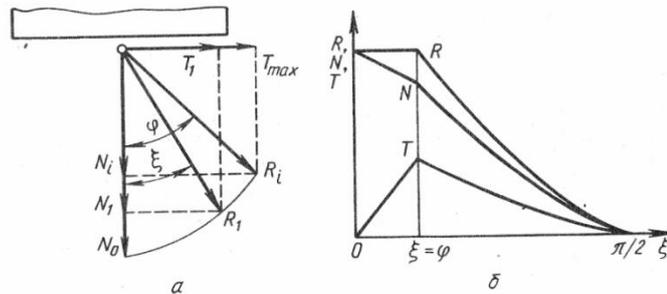


Рисунок 1.4 - Схема (а) действующих сил R , N и T и их зависимость (б) от угла ζ

При резании со скольжением ($\zeta > \varphi$) с увеличением угла ζ сила N интенсивно уменьшается (рис. 1.4, б). Вместе с ней уменьшается и сила T , так как $T_{\max} = N \text{tg} \varphi$, и ее график может быть получен путем умножения ординат графика силы N на $\text{tg} \varphi$. Как правило, $\text{tg} \varphi < 1$ и, следовательно, кривая $T = f_2(\zeta)$ пройдет ниже кривой $N = f_1(\zeta)$. Так как $R = \sqrt{N^2 - T^2}$, то графическая зависимость $R = f_3(\zeta)$ будет аналогична графической зависимости составляющих ее сил и пройдет выше кривой $N = f_1(\zeta)$.

4 Кинематическая трансформация угла заточки лезвия в процессе резания

Одной из возможных причин уменьшения сил N , T и R при увеличении угла ζ в процессе резания со скольжением В. П. Горячкин считал кинематическую трансформацию действительного значения угла заточки ножа. Так как $de = ab$ (рис. 1.5а), то можно записать, что $de/dc = (ab/dc) / (ac/ac)$ или $de/dc = (ab/ac) / (ac/dc)$, или $\operatorname{tg} i_\zeta = \operatorname{tg} i_0 \cos \zeta$, откуда

$$i_\zeta = \operatorname{arctg} (\operatorname{tg} i_0 \cos \zeta). \quad (1.3)$$

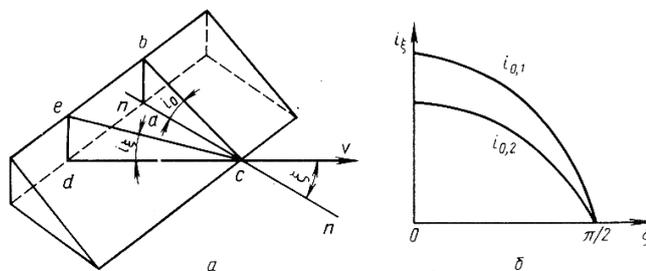


Рисунок 1.5 - Схема (а) кинематической трансформации угла заточки i_ζ и его зависимость (б) от угла ζ

Из формулы (5) и соответствующих ей графиков (рис. 1, б) следует, что с увеличением угла ζ угол i_ζ заточки в режущем сечении уменьшается, т. е. нож оказывается как бы более остро заточенным. В. А. Желиговский обнаружил еще две причины геометрического характера. Из (рис. 1.5) следует, что при $\zeta = 0$ участок лезвия длиной l_0 перерезает в материале полосу, равную длине самого участка, т. е. $l_\zeta = l_0$, а при $\zeta > 0$ ширина потока материала, разрезаемого участком l_0 лезвия, уменьшается, так как $l_\zeta = l_0 \cos \zeta$. Иными словами, поток материала, разрезаемый единицей длины лезвия, при увеличении угла ζ уменьшается. Аналогичную кинематическую трансформацию претерпевает и действительная толщина лезвия.

Так, если при $\zeta = 0$ сечение лезвия в плоскости резания представляет собой дугу окружности радиусом r_0 , то при резании с продольным перемещением и скольжением - дугу эллипса $r_\xi < r_0$ (рис. 1.6).

Уменьшение радиуса кривизны, как следует из выражения (1.3) приводит к уменьшению толщины δ лезвия. В результате при рубящем резании участок лезвия длиной l_0 сминает материал площадью

$$S_o = \delta_o l_0 = 2l_0 r_0 \sin \varphi, \quad (1.4)$$

а при резании с продольным перемещением и скольжением

$$S_\xi = \delta_\xi l_\xi = 2l_0 r_\xi \cos \zeta \sin \varphi. \quad (1.5)$$

Так как $l_0 \cos \zeta < l_0$, а $r_\xi < r_0$, то и $S_\xi < S_o$ т. е. происходит локализация зоны разрушения материала возле лезвия. В. А. Желиговский указал также и на фактор технологического характера. После заточки абразивным инструментом лезвие ножа получается зубчатым, пилообразным. При резании без скольжения лезвие сминает материал и эти неровности никакой роли не играют, а при резании со скольжением они захватывают частицы материала и смещают их в направлении движения, вызывая деформации растяжения и сдвига. А так как предел прочности на растяжение и сдвиг у большинства материалов меньше, чем на сжатие, то это и служит еще одним фактором уменьшения сил сопротивления резанию. При $\zeta \rightarrow \pi/2$ силы N , T и R , а также сминаемая площадь S_ξ стремятся к нулю, а при $\zeta = \pi/2$ процесс резания прекращается.

Работа резания.

Удельная работа резания характеризует энергоемкость процесса резания и представляет собой работу, затраченную на перерезание единицы площади материала.

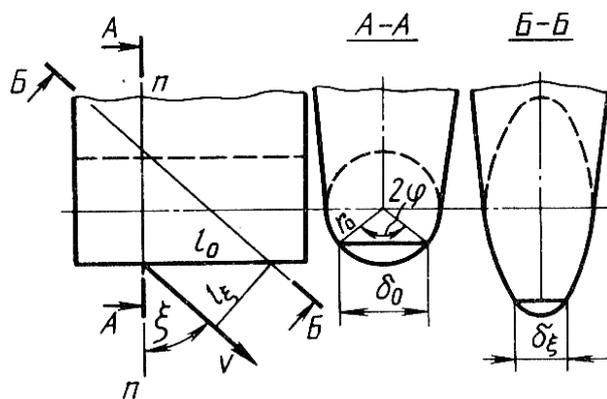


Рисунок 1.6 - Схема к объяснению процесса кинематической трансформации ширины l потока перерезаемого материала и толщины δ лезвия при резании с продольным перемещением и скольжением ($\zeta > 0$)

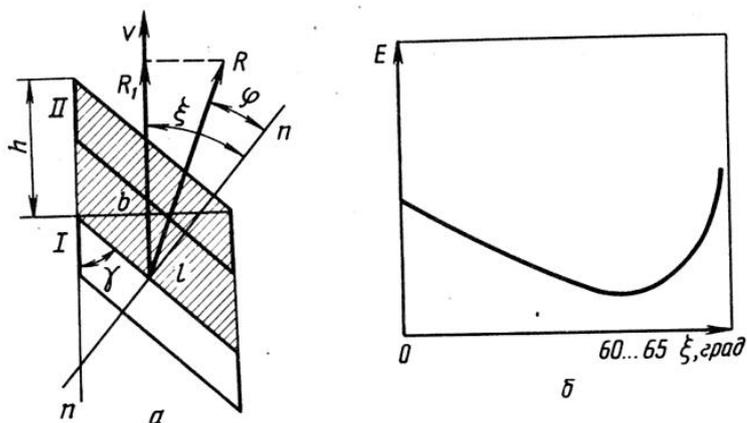


Рисунок 1.7 - К определению удельной работы резания лезвием: схема (а) действия односторонней плоскорежущей лапы культиватора и зависимость (б) удельной работы E резания от угла ζ

Пусть лезвие, например односторонней плоскорежущей культиваторной лапы, движется в почве по направлению скорости v и, переместившись из положения l в l' , прошло путь h (рис. 1.7, а). Так как при этом затрачена работа $A = R_1 h = Rh \cos(\zeta - \varphi)$ и подрезана почва площадью $S = hb = hl \cos \zeta$, то удельная работа резания, Дж/м²,

$$E = A/S = Rh \cos(\zeta - \varphi) / (hl \cos \zeta) = R (\cos \varphi + \operatorname{tg} \zeta \sin \varphi) / l, \quad (1.6)$$

или, имея в виду, что $R = N/\cos\varphi$ и, подставив вместо R его значение в выражение (1.6), получим

$$E = N(1 + \operatorname{tg}\zeta\operatorname{tg}\varphi) / l = N(1 + f\operatorname{tg}\zeta) / l \quad (1.7)$$

где b —ширина захвата;

l - длина лезвия.

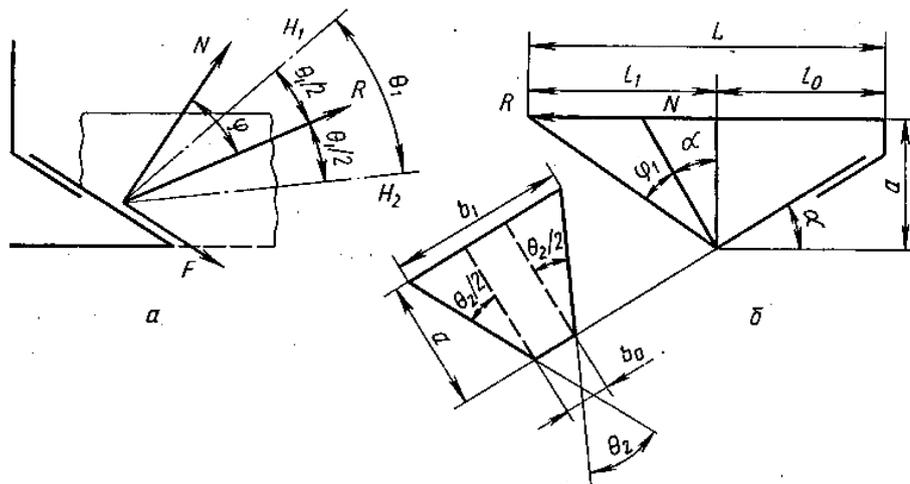
Как видим, удельная работа E зависит от свойств разрезаемого материала (f и N) и режима резания, выраженного углом ζ . График $E = f(\zeta)$ имеет минимум при $\zeta = 60\dots 65^\circ$ (рис. 1.7, б) или применительно к культиваторной лапе при $\gamma = 30\dots 25^\circ$.

5 Определение зоны рыхления

Рыхление выполняют для уменьшения плотности почвы до оптимального значения, а также для разрушения корки и капиллярных пор, образующихся после дождей и поливов. Зона рыхления почвы не ограничивается зоной непосредственного контакта с ней рабочего органа, а распространяется вперед и в стороны на определенные расстояния. Как известно, на почвенный пласт, скользящий по рабочей поверхности клина, действуют силы N и $F_{\text{тр max}}$, которые в сумме составляют равнодействующую R , отклоненную от нормали на угол трения φ (рис. 1.8, а).

Согласно теории наибольших касательных напряжений направления H_1 и H_2 , по которым может разрушаться пласт в результате скалывания, располагаются под углом $\theta, = 40\dots 50^\circ$ (по Т. М. Гологурскому).

Согласно В. П. Горячкину, скалывание может происходить последовательно по обоим направлениям, т. е. трещина имеет вид ломаной линии. Так как плоскости H_1 и H_2 располагаются симметрично относительно силы R под углом $\theta/2$ по отношению к ней, то можно принять, что в среднем направление трещины скалывания почвы совпадает с направлением силы R .



a - действующие силы и направления трещин скалывания; *б* - зоны деформации почвы в продольном и поперечном направлениях

Рисунок 1.8 - Схемы деформации почвы клином.

При этом угол $\theta/2 = \varphi_1$, где φ_1 - угол трения почвы по стали, среднее значение которого можно принять равным 25° .

В поперечно-вертикальной плоскости зона деформации почвы ограничивается плоскостями, составляющими угол θ_2 одна к другой, или $\theta_2/2$ к вертикальной оси симметрии (по В. С. Жегалову), т. е. имеет форму трапеции, меньшее основание которой находится на дне борозды и равно ширине захвата клина (рабочего органа), а боковые стороны расположены под углом $\theta_2/2$ к вертикали. При этом $\theta_2/2 = \varphi_2$, где φ_2 - угол внутреннего трения почвы (40°). Следовательно, зона деформации почвы клином:

по ходу

$$L = l_0 + l_1 = l_0 + atg(\alpha + \varphi) \quad (1.8)$$

в поперечном направлении

$$b_1 = b_0 + 2atg(\theta_2/2) \quad (1.9)$$

Предельные значения распространения зоны деформации почвы в продольном направлении

$$l_{\max} = a \operatorname{tg} (a + \varphi_I + \theta/2) \quad (1.10)$$

$$l_{\min} = a \operatorname{tg} (a + \varphi_z - \theta/2) \quad (1.11)$$

Лекция 2. Расчёт тягового сопротивления и КПД плуга

Вопросы:

- 1 Расчёт тягового сопротивления плуга.
- 2 Удельное сопротивление почвы и удельное сопротивление плуга.
- 3 Расчёт КПД плуга.

1 Расчёт тягового сопротивления плуга

По тяговому сопротивлению плуга можно судить об энергоемкости процесса вспашки и поэтому служит одной из важнейших эксплуатационных характеристик. Его можно рассчитать или определить опытным путем (динамометрированием). Проанализировав работу плуга, В. П. Горячкин установил, что его тяговое сопротивление состоит из сопротивлений трех различных категорий.

Первая - постоянные сопротивления плуга, независимые от режима его работы (глубины вспашки a , рабочей скорости V): сопротивления трения корпусов о дно борозды и втулок колес об оси, сопротивления перекачиванию колес по почве. Совокупность этих сопротивлений при работе на горизонтальной поверхности пропорциональна весу плуга, поэтому

$$R_l = fG, \quad (2.1)$$

где f - коэффициент пропорциональности, аналогичный коэффициенту трения (коэффициент сопротивления протаскиванию плуга в открытой борозде);

G - вес плуга. Сопротивление R_x не связано с полезной работой и представляет собой неизбежное, всегда сопутствующее ей вредное сопротивление, которое В. П. Горячкин назвал «мертвым» сопротивлением.

Вторая - сопротивления, обусловленные деформацией (разрушением) почвенных пластов. Согласно общим законам сопротивления материалов они пропорциональны площади поперечной сечения деформируемых пластов, т. е.

$$R_2 = kavn, \quad (2.2)$$

где k - удельное сопротивление почвы (1.аналогичное пределу прочности в сопротивлении материалов);

a - толщина пласта (глубина вспашки);

b - ширина пласта;

n - число одновременна обрабатываемых пластов (число корпусов в плуге).

Как видим, величина R_2 также как и R_1 не зависит от рабочей скорости плуга.

Третья - сопротивления, связанные с сообщением «живой силы» (кинетической энергии) пластам, отбрасываемым в сторону. Аналогично сопротивлению пластины, движущейся в жидкости или газе, эти сопротивления пропорциональны площади перечного сечения пластов и квадрату скорости плуга, т. е.

$$R_3 = \varepsilonavnV^2, \quad (2.3)$$

где ε - коэффициент скоростного сопротивлений зависящий от свойств почвы и параметров (геометрической формы) рабочих поверхностей плужных корпусов. Итак, полное тяговое сопротивление плуга

$$R_x = R_1 + R_2 + R_3 = fG + kavn + \varepsilonavnV^2 \quad (2.4)$$

Эта формула была названа рациональной, так как она представлена рациональным алгебраическим выражением (ни ОДИН ИЗ параметров не находится под знаком радикала) и смысл ее также представляется

рациональным с точки зрения механики. Для плуга, работающего на традиционной скорости 1,2...1,4 м/с, третий член формулы относительно невелик ($\approx 5\%$ общего тягового сопротивления), поэтому в некоторых случаях им можно пренебречь. Первый в несколько раз больше третьего; наибольшее числовое значение имеет второй член.

Значения коэффициентов f , k и ϵ определяют путем динамометрирования различных плугов в разных почвенных условиях, они варьируют в широких пределах. Значения f В. П. Горячкин рекомендовал принимать равными 0,5 для жнивья и 0,8...0,9 для клеверища; значения k - в пределах от 20 до 90 кПа, значения ϵ - в пределах от 1,5 до 9 кПа с²/м².

Формула В. П. Горячкина широко известна. Однако она не учитывает в явном виде влияния на тяговое сопротивление плуга сил трения полевых досок о стенки борозд, вертикальной составляющей реакции почвы на рабочие поверхности плужных корпусов, сил сопротивления отрезанию пластов от дна и стенки борозды, толщины лезвий лемехов.

2 Удельное сопротивление почвы и удельное сопротивление плуга

Трудность обработки оценивается по удельному сопротивлению почвы, которое может быть определено из формулы В. П. Горячкина

$$k = (1.R_x - fG - \epsilon abnV^2) / (1.abn) \quad (2.5)$$

или, если пренебречь скоростным сопротивлением почвы (при скорости до 5 км/ч), то

$$k = (1.R_x - fG) / (1.abn) \quad (2.6)$$

Удельное сопротивление почвы легко находят по формуле (2.6), измерив динамометром полное сопротивление R_x плуга, затем «мертвое» сопротивление fG - путем протаскивания плуга в открытой борозде. Для почвы одного и того

же механического состава удельное сопротивление изменяется в широких пределах в зависимости от ее влажности и задерненности.

Чтобы точно определить коэффициенты f , κ и ε для конкретных условий, нужно провести довольно громоздкие эксперименты, использование же приближенных значений может привести к большим погрешностям, поэтому при расчетах широко пользуются упрощенной формулой для подсчета тягового сопротивления плуга

$$R_x = Kavn \quad (2.7)$$

Удельное сопротивление плуга легко вычислить по формуле

$$K = R_x / (avn), \quad (2.8)$$

измерив динамометром сопротивление R_x , а также глубину a вспашки и ширину b захвата. Физический смысл K раскрывается глубже, если числитель и знаменатель в формуле (2.8) умножить на V :

$$K = R_x V / (avnv), \quad (2.9)$$

Тогда имеем в числителе мощность, или работу, совершаемую плугом за 1 с, а в знаменателе - объем почвы, поднимаемой плугом за 1 с. Следовательно, удельное сопротивление плуга можно рассматривать как расход энергии на обработку (вспашку) единицы объема почвы.

Нетрудно убедиться, что величина $K > \kappa$. Для этого в формулу (2.8) вместо R_x подставим его значение из формулы (2.4):

$$K = fG / (avn) + \kappa + \varepsilon V^2 = \kappa + [fG / (avn) + \varepsilon V^2] \quad (2.10)$$

Таким образом, удельное сопротивление плуга, кроме удельного сопротивления почвы, включает еще «мертвое» сопротивление и

сопротивление отбрасыванию почвы, отнесенные к поперечному сечению пласта.

3 Расчёт КПД плуга

В общем случае КПД любого устройства - отношение полезной работы ко всей затраченной. КПД плуга может быть выражен отношением полезных сопротивлений, т. е. связанных непосредственно с выполнением технологических операций, к полному тяговому сопротивлению. В.П. Горячкин к полезным сопротивлениям относил второй и третий члены формулы (2.4), поэтому формула КПД плуга по В. П. Горячкину имеет вид

$$\eta = \frac{kabn + \varepsilon abnV^2}{fG + kabn + \varepsilon abnV^2} = \frac{R_x - fG}{R_x} = 1 - \frac{fG}{R_x} \quad (2.11)$$

Как видим, КПД плуга легко определить, продинамометрировав общее сопротивление R_x плуга и «мертвое» сопротивление fG протаскиванием плуга в борозде в рабочем положении. На η влияет вес плуга. Чем он больше, тем меньше КПД.

Значение КПД, подсчитанное по формуле (2.11), будет несколько завышенным, так как в число вредных сопротивлений не входят силы трения, вызванные вертикальными составляющими сопротивления почвы на рабочие поверхности плужных корпусов и нормальными давлениями полевых досок на стенки борозд. Пользоваться формулой (2.11) следует весьма осторожно, так как всякое увеличение тягового сопротивления R_x приводит к возрастанию КПД. Например, при нарушении геометрической формы отвала, вспашке на глубину, превышающую расчетную, неправильной установке механизма навески (прицепа), затуплении лемехов увеличиваются значения R_x и η , а замена стального отвала отвалом из фторопласта приводит к снижению сил трения почвы об отвал и, следовательно, R_x и уменьшению η , что противоречит

здоровому смыслу. Поэтому при определении КПД нужно убедиться в хорошем техническом состоянии плуга и правильной установке. При сравнении энергоемкости вспашки различными плугами в качестве критерия следует использовать не только КПД, но и удельное сопротивление плуга (удельный расход энергии), определяемое по формуле (2.8).

Полезность сопротивлений, входящих в третий член рациональной формулы, усматривалась в том, что плуг в соответствии со своей конструкцией должен перемещать пласты в соседние борозды, а для этого пластинам необходимо сообщить , определенную скорость (кинетическую энергию), которая к тому же влияет и на их крошение. Однако при создании скоростных плугов ученые и конструкторы столкнулись с тем, что сопротивления, выраженные третьим членом рациональной формулы, при высоких скоростях резко возрастают. Борясь за уменьшение энергоемкости вспашки, свою основную задачу они видели в том, чтобы находить пути снижения скоростных сопротивлений. Поэтому последние стали относить к вредным сопротивлениям, в связи с чем формула КПД приобрела следующий вид:

$$\eta = kabn / (fG + kabn + \varepsilon abnV^2) \quad (2.12)$$

При расчетах по этой формуле с увеличением рабочей скорости плуга его КПД быстро снижается, что соответствует и реальным показателям работы плугов. С увеличением веса плуга его КПД также снижается. Для установления связи между КПД плуга и его удельной металлоемкостью (металлоемкостью) числитель и знаменатель формулы (2.12) разделим на bn , в результате чего получим

$$\eta = \frac{ka}{fG/(bn) + ka + \varepsilon aV^2} = \frac{ka}{gf + ka + \varepsilon aV^2} \quad (2.13)$$

где $g = G / (1.bn)$ - удельная конструктивная металлоемкость плуга, Н/м.

У трехкорпусных плугов минимальная металлоемкость. С увеличением или уменьшением числа корпусов в плуге его металлоемкость возрастает. Из этого следует, что самый высокий КПД у трехкорпусных плугов. КПД плугов с большим или меньшим числом корпусов будет ниже. По данным Г. Н. Синеокова, КПД навесных плугов 0,6...0,8, прицепных - 0,55...0,75. Из-за большего веса прицепных плугов их КПД ниже, чем навесных. Для ориентировочных расчетов принимают $\eta = 0,7$. Общий механический КПД пахотного агрегата с учетом потерь энергии на передвижение трактора значительно ниже.

Лекция 3. Воздействие на почву рабочих поверхностей различной геометрической формы

Вопросы:

1 Теория оборота пласта.

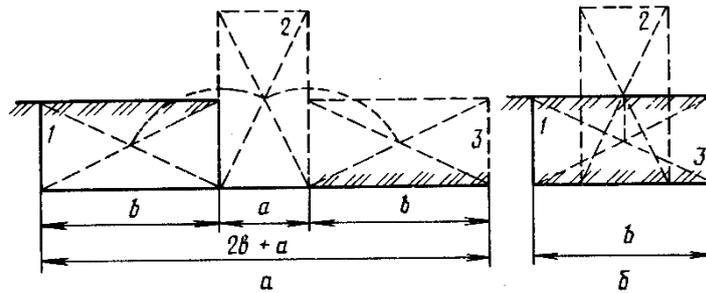
2 Силовая характеристика рабочих органов:

а) плужного корпуса; б) полевой доски; в) предплужника; г) черенкового ножа; д) дискового ножа; е) зуба бороны и вибробороны; ж) стрелчатой лапы.

1 Теория оборота пласта

Оборачивание. Путем оборачивания почвы заделывают вглубь дернину, растительные остатки, а также навоз, органоминеральные и минеральные удобрения, растения и семена сорняков. Эта операция направлена главным образом на экологически чистую борьбу с сорняками и повышение плодородия почвы. Условно принимают, что при обороте почвенный пласт не деформируется, т. е. его размеры толщина a и ширина b не изменяются. Такое допущение весьма близко к действительности при обработке связных задерненных почв.

Возможны два способа оборота пласта: со смещением в сторону путем кантования (перекатывания) с одного ребра на другое (рис. 3.3, а) и без смещения в сторону путем поворота в пределах собственной борозды (рис. 3.3, б). В первом случае справа от оборачиваемого пласта требуется открытая борозда шириной $(a + b)$ (рис. 3.1, а). При этом ширина рабочего канала, в котором происходит оборот пласта, составляет $b + a + b$, или $2b + a$, а при $k = b/a = 2$ она равна $2,5b$. Во втором случае ширина рабочего канала составляет всего лишь b , т. е. она в 2,5 раза меньше (рис. 3.3, б).



a - традиционным способом; b - в собственной борозде; 1...3 - соответственно начальное, промежуточное и конечное положения пласта.

Рисунок 3.1 - Схемы к обоснованию ширины рабочего канала при обороте пласта

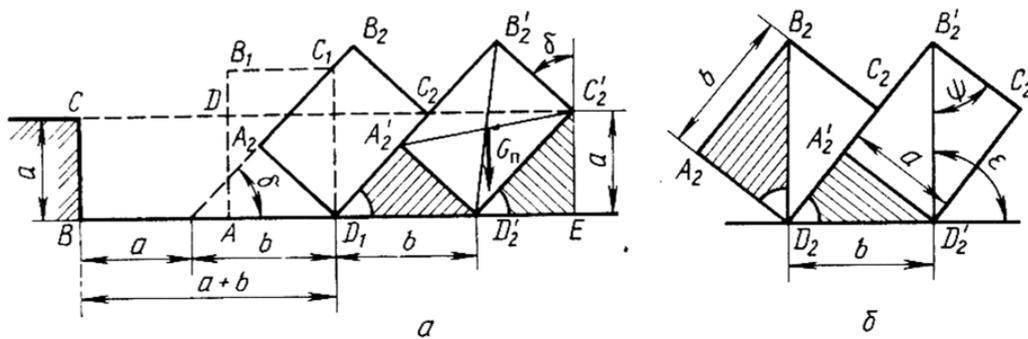


Рисунок 3.2 - Схема оборота пласта традиционным способом (с укладкой в соседнюю борозду): a и b - устойчивое и неустойчивое положения пласта

Первый способ является традиционным и лежит в основе конструирования почти всех современных плугов. Они выполняют, как правило, неполный оборот пласта $\beta < \pi/2$ или $\delta > 0$ (рис. 3.2, a). Поворот пласта происходит сначала относительно ребра A , а после же того, как он примет вертикальное положение $AB_1C_1D_1$ - относительно ребра D , занявшего положение $-D_1$, до тех пор, пока грань CD не ляжет на ранее отвальный пласт. При этом расстояния между одноименными точками соседних пластов, например между ребрами D_2 и D_2' , равны ширине пласта b . Нетрудно доказать, что точки стыков отвальных пластов C_2, C_2' лежат на уровне напаханного поля. Заштрихованные прямоугольные треугольники $A_2D_1D_2'$ и $C_2'D_2'E$ имеют равные гипотенузы $D_1D_2' = C_2'D_2' = b$ и равные углы β и, следовательно, равны между собой. В равных треугольниках против равных

углов лежат равные стороны. Следовательно, $C'_2E = A'_2D'_2$, а так как $A'_2D'_2 = a$, то и $C'_2E = a$, т.е. точки стыков пластов расположены на расстоянии глубины обработки от дна борозды.

Пласты, отваливаемые корпусом, не должны располагаться слишком круто, так как при этом в лучшем случае получается «недовал», а в худшем - обратное падение пластов. Устойчивость уложенного пласта обеспечивается, если линия действия силы тяжести G_n пласта пересечет дно борозды справа от точки D'_2 его опоры. Неустойчивое равновесие (предельная устойчивость) соответствует такому положению пласта, при котором его диагональ B_2D_2 или $B'_2D'_2$ (рис. 3.2, б) располагается вертикально. Из подобия заштрихованных прямоугольных треугольников $A_2B_2D_2$ и $A'_2D_2D'_2$ следует, что $B_2D/A_2B_2 = D_2D'_2/A'_2D_2$.

Приняв $b/a = k$ и преобразовав, получим

$$k^4 - k^2 - 1 = 0 \quad (3.1)$$

Решив биквадратное уравнение (3.1), получим его действительный корень $k_{np} = 1,27$. Следовательно, устойчивое положение пласта обеспечивается при $b/a > 1,27$. Из этого же условия может быть определена максимальная глубина вспашки корпусом с заданной шириной захвата b :

$$a_{max} < b / k_{np} = b / 1,27 = 0,8b \quad (3.2)$$

Так как $\sin \delta = a/b = 1/k$, то предельный угол наклона пласта $\delta = \arcsin 1 / k_{np} = \arcsin 1 / 1,27 = 52^\circ$, что соответствует повороту пласта на 128° . Нетрудно доказать, что $\delta_{np} = \psi$, где ψ - угол между диагональю и меньшей стороной поперечного сечения пласта.

Для цилиндрических отвалов рекомендуют принимать $k = 1,3 \dots 1,8$, для винтовых $k > 1,75$. Полный оборот пласта (на 180°) винтовой рабочей поверхностью может быть получен при $k > 2,0$.

При работе с предплужником предельное отношение b/a меньше, чем для корпуса без предплужника, так как последний вырезает верхнюю часть пласта и сбрасывает ее на дно борозды, отчего угол δ наклона пласта уменьшается. Расчеты показывают, что при работе с предплужником $k_{np} = 1$. Аналогичный результат получают и от применения углоснима.

Ломаная линия $B_2C_2B'_2$, представляющая собой контур поверхности поперечного сечения пашни, пропорциональна площади ее поверхности. Как видно из (рис. 3.2), ее длина $l = a + a \operatorname{ctg} \delta$. Подставив в это выражение $a = b \sin \delta$, получим

$$L = b (\sin \delta + \cos \delta) \quad (3.3)$$

Очевидно, что величина l достигнет максимума при $\delta = 45^\circ$, при этом $k = b/a = 1,4$. Следовательно, максимальная площадь поверхности пашни соответствует отношению $b/a = 1,4$. При этом действие тепла, света и ветра на поверхность пашни и испарение влаги с ее поверхности максимальны.

Основные недостатки традиционного способа оборота пласта - перемещение пластов в сторону и, как следствие, образование свальных гребней и развальных борозд, высокая гребнистость, наличие пустот (пазух) и высокая энергоемкость процесса. По существу, помимо собственно оборота он включает еще вспомогательную операцию - его перемещение в сторону, что приводит к отрицательным последствиям технологического и энергетического характера. Например, при обработке полей на склонах, когда пласт может перемещаться лишь в одну сторону, плодородный слой постепенно сползает и склоны оголяются; при обработке полей с ровным рельефом, разбитых на загонки, образуются свальные гребни и развальные борозды. Обработка междурядий виноградников, хмельников и других кустарниковых культур приводит к оголению корневой системы с одной стороны и засыпанию стволов и побегов с другой стороны.

Расчеты показывают, что при обработке 1 га на расстояние примерно 0,7 м перемещается от 4 до 7,5 тыс. т почвы, на что затрачивается от 5 до 25 МДж

энергии. Несмотря на эти недостатки, полностью отказаться от оборота пласта нельзя. В условиях роста культуры земледелия объективная необходимость обработки почвы с оборотом пласта не только сохраняется, но и возрастает. Она обуславливается потребностью в глубокой заделке растительных остатков, органических и минеральных удобрений, эффективной экологически чистой борьбе с вредителями, болезнями и сорняками, заделке эрозионно опасных частиц, образующихся на поверхности поля в результате многократных проходов колес тракторов, комбайнов и других машин, и требует поиска более рациональных способов выполнения этой операции.

Новый, более рациональный способ вспашки сохраняет технологическую операцию - оборот пласта, но устраняет вспомогательную операцию - его перемещение за пределы собственной борозды, т. е. оборот пласта происходит в габаритах собственной борозды.

Пример. Определить максимальную глубину a_{\max} обработки плугом с традиционными винтовыми корпусами, если ширина захвата корпуса $b = 35$ см.

Решение. Как следует из (рис. 3.2), устойчивое положение обернутого пласта обеспечивается при $a_{\max} < b/k_{np}$. Подставив значения b и k_{np} , будем иметь, $a_{\max} < 35/1,27 = 28$ см.

Рыхление. Под рыхлением понимают разделение обрабатываемого слоя почвы на структурные агрегаты (комочки), сопровождающееся увеличением расстояния между ними и, следовательно, уменьшением плотности почвы. Показателем степени рыхления почвы может служить отношение ее плотности до и после обработки. Рыхление, как правило, сопровождается крошением почвы, т. е. разрушением ее агрегатов. Образование при этом агрегатов размером менее 1 мм считается нежелательным, так как такие агрегаты относят к эрозионно опасным. Образование агрегатов размером менее 0,25 мм еще более нежелательно. Такие агрегаты называют пылеватыми, а процесс их образования - распылением почвы. Отношение массы пылеватых частиц к массе всей пробы характеризует степень распыления почвы. Хорошее рыхление без крошения и распыления можно получить при обработке почвы в состоянии

спелости; рыхление пересохшей почвы приводит к образованию глыб, их перетиранию и образованию пыли, а переувлажненной - к смятию и размазыванию структурных агрегатов.

Рыхление почвы зависит от геометрической формы рабочей поверхности клина. Рассмотрим влияние формы рабочей поверхности на его рыхление (рис. 3.3). Как видим, плоская поверхность (рис. 3.3, а) давит на пласт системой сил, параллельных между собой и направленных наклонно снизу вверх. Выпуклая рабочая поверхность (рис. 3.3, б) образует систему расходящихся элементарных сил давления на пласт. Ни та, ни другая не способна сконцентрировать давление в какой-либо ограниченной области пласта. Вогнутая же поверхность (рис. 3.3, в) образует систему сходящихся элементарных сил, касательных к некоторой цилиндрической поверхности. Она позволяет сконцентрировать действие элементарных сил давления в ограниченной области пласта, что при правильном выборе этой области способствует интенсивному его крошению. По В. А. Желиговскому, если давление сконцентрировано в верхней трети толщины пласта, то при структурной спелой почве происходят защемление максимального количества воздуха, максимальное накопление потенциальной энергии сжатого воздуха и максимальное разрушение связей между структурными агрегатами при освобождении пласта от давления, т. е. максимальное его рыхление.

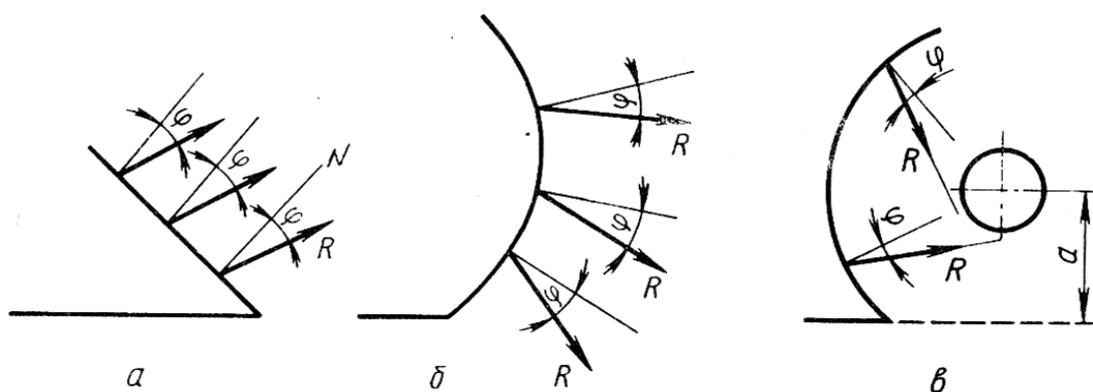


Рисунок 3.3 - Схемы воздействия на почву рабочих поверхностей различной геометрической формы: а- плоской; б- выпуклой; в- вогнутой

2 Силовая характеристика рабочих органов

а) плужный корпус

Элементарные нормальные и касательные силы, действующие на рабочую поверхность плужного корпуса в процессе его работы, представляют собой пространственную систему сил, которая не может быть сведена к одной равнодействующей.

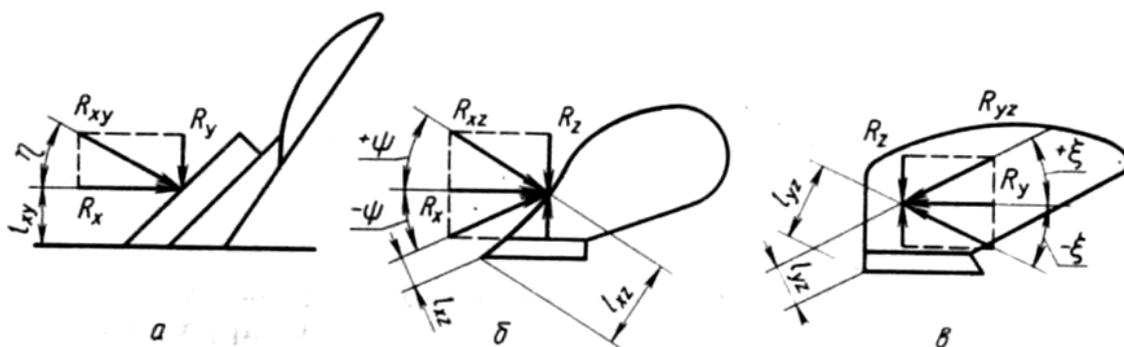


Рисунок 3.4 - Схемы силовых характеристик рабочей поверхности плужного корпуса в плоскостях: а - горизонтальной; б - продольно-вертикальной; в - поперечно-вертикальной

Она может быть представлена или пространственно - совокупностью главного вектора и главного момента (динамой, силовым винтом), если для расчета применяют аналитические методы, или в виде трех плоскостных силовых характеристик, если для расчета используют графические методы. Поскольку в дальнейшем применяют более наглядные графические методы, то ниже рассмотрим лишь плоскостные силовые характеристики.

Поскольку в дальнейшем применяют более наглядные графические методы, то ниже рассмотрим лишь плоскостные силовые характеристики.

Трехплоскостная силовая характеристика плужного корпуса полностью определяется величинами R_{xy} , R_{xz} и R_{yz} , направлениями их действия η , Ψ и ξ и плечами l_{xy} , l_{xz} и l_{yz} относительно носка лемеха (рис. 3.4). Эти силы состоят из продольной R_x , поперечной R_y и вертикальной R_z составляющих и связаны с ними зависимостями

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}; \quad R_{xz} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}; \quad R_{yz} = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} \quad (3.4)$$

Направления их действия определяются углами

$$\eta = \arctg(R_y / R_x), \quad \Psi = \arctg(R_z / R_x) \quad \text{и} \quad \xi = \arctg(R_z / R_y) \quad (3.5)$$

Значения плеч l_{xy} , l_{xz} и l_{yz} получают в результате обработки экспериментальных данных пространственного динамометрирования. Г. Н. Синеоков получил следующие плоскостные силовые характеристики. В горизонтальной плоскости сила R_{xy} направлена под углом $\eta = 15...25^\circ$ к оси X, а плечо $l_{xy} = (0,3...0,5) b \approx 0,4b$ (рис. 3.5, а). В продольно-вертикальной плоскости сила R_{xz} направлена под углом $\Psi = \pm 12^\circ$ к оси X, плечо l_{xz} равно $0,5a$ при положительных значениях угла Ψ и $0,33a$ при отрицательных (рис. 3.5, б). В поперечно-вертикальной плоскости сила R_{yz} направлена под углом $\xi = \pm 45^\circ$ к оси Y, а плечо l_{yz} равно $0,5b$ при положительных значениях угла ξ и $0,75b$ при отрицательных. Соотношения между силами R_x , R_y и R_z при этом составляют

$$R_y = R_x \operatorname{th} \eta = R_x \operatorname{tg}(15...25^\circ) = (0,25...0,45)R_x \approx 0,35R_x; \quad (3.6)$$

$$R_z = R_x \operatorname{tg} \Psi = R_x \operatorname{tg}(\pm 12^\circ) \approx 0,2R_x \quad (3.7)$$

Для каждой из рассматриваемых сил характерно определенное технологическое значение. Продольная составляющая R_x обусловлена подъемом пласта на рабочую поверхность, а также его крошением и представляет собой тяговое сопротивление плужного корпуса. Вертикальная составляющая R_z обусловлена силой тяжести пласта и вертикальной составляющей сопротивления крошению и имеет двойственный характер: с одной стороны, она способствует заглублению и устойчивому ходу плуга, что следует считать положительным фактором, а с другой - служит одной из

причин образования плужной подошвы, что, безусловно, является отрицательным фактором в работе плуга. Поперечная или боковая составляющая R_y , обусловленная оборачиванием пласта и сдвигом его в сторону, стремится развернуть плужный корпус и плуг в горизонтальной плоскости и тем самым нарушить его работу, что, безусловно, является отрицательным фактором.

Из выражений (3.5) и (3.6) следует что, располагая числовым значением одной из сил (R_x , R_y или R_z) и пользуясь указанными соотношениями между ними, можно определить числовые значения двух других сил и таким образом воссоздать всю силовую характеристику плужного корпуса. Безусловно, наибольшее значение имеет продольная составляющая R_x главного вектора R пространственной системы элементарных сил сопротивления почвы, приложенных к рабочей поверхности корпуса и лезвию лемеха. Она может быть определена опытным путем или рассчитана по элементарной формуле. Для экспериментального определения R_x достаточно обычного линейного динамометрирования плуга. В этом случае

$$R_x = \eta R_{пл.} / n, \quad (3.8)$$

где η - КПД плуга, равный 0,6...0,8;

$R_{пл.}$ - тяговое сопротивление плуга;

n — число корпусов плуга.

Для аналитического определения силы R_x может быть использован один из общих законов сопротивления материалов, согласно которому сила сопротивления почвы разрушению пропорциональна пределу ее прочности (удельному сопротивлению) и площади поперечного сечения разрушаемого пласта

$$R_x = kab \quad (3.9)$$

где k - удельное сопротивление почвы; a и b - толщина и ширина пласта.

Величина R_x зависит от технологических свойств почвы, глубины вспашки, рабочей скорости плуга, типа и параметров рабочей поверхности, остроты лезвия лемеха, наличия или отсутствия предплужника и ножа.

Совокупность технологических свойств почвы может быть в определенной мере выражена ее удельным сопротивлением, которое изменяется в широких пределах в зависимости от механического состава, влажности и задерненности.

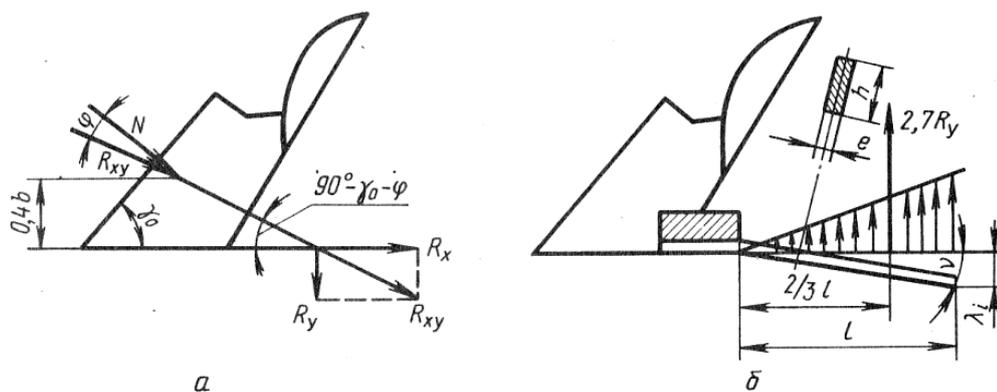
б) полевая доска.

Полевая доска, упираясь в стенку борозды, обеспечивает устойчивость хода плужного корпуса, предотвращая его перекося в горизонтальной плоскости. Боковая составляющая реакции пласта на рабочую поверхность плужного корпуса стремится повернуть его по ходу часовой стрелки (при отваливании вправо). С полевой доски реакция передается на стенку борозды, в результате чего происходит ее смятие. При этом возникает реакция стенки борозды, которая, действуя в противоположном по отношению к силе R_y направлении, уравнивает ее.

Для рассмотрения силового взаимодействия полевой доски со стенкой борозды силу R_{xy} , приложенную к рабочей поверхности на расстоянии $0,4b$ от носка лемеха, перенесем по линии ее действия в точку пересечения со стенкой борозды и разложим на две составляющие: продольную R_x и поперечную R_y . Составляющая R_x представляет собой тяговое сопротивление корпуса и может быть определена путем линейного динамометрирования или приближенно по формуле (9) или (8). Зная силу R_x , из (рис. 3.5) определим боковую составляющую

$$R_y = R_x \operatorname{tg}[\pi/2 - (\gamma_0 + \varphi)] = R_x \operatorname{ctg}(\gamma_0 + \varphi) \quad (3.10)$$

Значение R_y , вычисленное по формуле (10), является средним. Однако сила R_y зависит от величины R_x , которая в процессе работы изменяется в широких пределах. Так как максимальные значения R_x , по данным Г.Н. Синеокова, в 2...2,7 раза превышают средние, то значения R_y изменяются в тех же пропорциях.



а - силы, действующие на рабочую поверхность корпуса и стенку борозды в горизонтальной плоскости; б - реакция стенки борозды на полевую доску.

Рисунок 3.5 - Схема взаимодействия полевой доски плужного корпуса со стенкой борозды

Следовательно, можно принять, что полевая доска вдавливаются в стенку борозды под действием силы $2,1 R_y$, вызывая с ее стороны равную, но противоположно направленную реакцию. Поскольку полевая доска установлена под углом $\nu = 1...3^\circ$ к стенке борозды, то деформация последней возрастает по линейной зависимости от нуля у начала рабочей части до λ_i у конца. Деформация почвы полевой доской не должна выходить за предел пропорциональности ($\lambda_i < \lambda_{пр}$) диаграммы твердомера (рис. 3.5, а). Реакция почвы на полевую доску будет пропорциональна линейной деформации, а эпюра элементарных нормальных сил реакции почвы по ее длине будет иметь вид треугольника с вершиной у начала рабочей части. При этом сила $2,7R_y$ может быть представлена как произведение объема V смятой полевой доской почвы на коэффициент объемного смятия q : $2,7 R_y = qV$ или $2,7R_y = ql\lambda h / 2$, откуда

$$\lambda = 5,4R_y / (qlh) \quad (3.11)$$

где $q = 5 \dots 10 \text{ Н/см}^3$; $h = 2/3a$.

Подставив в формулу (3.11) вместо R_y его значение из выражения (10), получим

$$\lambda = 5,4R_x \text{ctg}(\gamma_0 + \varphi) / (qlh) \quad (3.12)$$

Значение деформации стенки борозды не должно превышать предел пропорциональности, т. е. λ должна быть меньше 20 мм.

Следует иметь в виду, что сила R_y будет возбуждать также силу трения F полевой доски о стенку борозды, которая направлена в сторону, противоположную направлению движения, и равна

$$F_{\text{ТР}} = F_y \text{tg}\varphi = fF_y \approx 0,5R_x/3 \approx R_x/6 \quad (3.13)$$

Таким образом, на тяговое сопротивление полевой доски приходится примерно 17% общего сопротивления плужного корпуса. Поэтому в некоторых конструкциях для замены трения скольжения трением качения и снижения в результате этого энергоемкости процесса полевую доску заменяют роликом, сферическим диском или наклонным колесом малого диаметра.

Стойка находится в сложном напряженном состоянии, т. е. подвергается действию косоуго изгиба (изгиба в двух плоскостях), кручения и внецентренного растяжения. Так как изгибающий момент в разных сечениях стойки неодинаков и возрастает снизу вверх, то и площадь ее поперечных сечений также увеличивается снизу вверх в той же пропорции. Такая стойка называется равнопрочной и применяется в семействе унифицированных плугов общего назначения. Характер нагрузки значительно упрощается на двусторонние (листерные) корпуса. На них действует сила $R = R_K + R_Z$, расположенная в плоскости симметрии корпуса. В этом случае на стойку будет действовать только изгибающий момент в продольно-вертикальной плоскости.

в) *предплужник.*

Этот рабочий орган испытывает напряженное состояние такое же, как и плужный корпус. Нагрузку на все его детали определяют аналогично, за исключением полевой доски, которая у него отсутствует. Усилие, действующее на предплужник определяется по формуле

$$R_{\text{хпр}} = (0,2 \dots 0,4)R_x. \quad (3.14)$$

г) *черенковый нож.*

Черенковый нож (рис. 3.6а) устанавливают под некоторым углом α к горизонту. Значение угла α должно обеспечить резание со скольжением. Согласно рисунку 48, а $\alpha = 90^\circ - \xi$ и скольжение обеспечивается при $\xi > \varphi$. Подставив это условие в первое выражение, получим угол α , при котором будет обеспечено скольжение

$$\alpha < 90^\circ - \varphi \quad (3.15)$$

Так как среднее значение угла трения по металлу $\varphi = 26^\circ$, то угол наклона ножа должен составлять $\alpha < 90^\circ - 26^\circ = 64^\circ$. В этом случае на каждую элементарную площадку лезвия ножа будут действовать силы N и $F_{\text{тр}}$, дающие результирующую R . Согласно (рис.3.6, а), сила сопротивления ножа

$$R_x = R \cos (\xi - \varphi) \quad (3.16)$$

Для практических расчетов пользуются упрощенной формулой

$$R_x = k_n a_n, \quad (3.17)$$

где k_n - удельное сопротивление ножа, т. е. сопротивление, приходящееся на 1 см глубины его хода, Н/см (по данным В. С. Жегалова, $k_n = 50 \dots 90$ Н/см);

a_n - глубина хода ножа, см.

д) дисковый нож.

Дисковый нож. При работе нож испытывает сопротивление почвы смятию лезвием и сил трения о его боковые поверхности (влияние последних относительно невелико). Так как дисковый нож - симметричный рабочий орган, то действие элементарных сил сопротивления почвы может быть сведено к одной равнодействующей R , приложенной примерно в середине рабочей дуги лезвия ножа AB (рис. 3.6, б) и проходящей через ось его вращения. Составляющая R_x этой силы представляет собой тяговое сопротивление ножа и создает момент, способствующий вращению диска. Составляющая R_z стремится вытолкнуть нож из почвы и создает момент, препятствующий вращению диска. При изменении удельного сопротивления почвы от 40 до 80 кПа сила R_x стандартного ножа плуга общего назначения изменяется от 0,7 до 2,2 кН. При этом $R_z \approx 1,2 R_x$.

Чтобы нож перерезал стебли, расположенные на поверхности поля, а не волочил их, угол δ заземления должен быть меньше $\varphi_1 + \varphi_2$, где φ_1 - угол трения стебля о лезвие; φ_2 - угол трения стебля о почву.

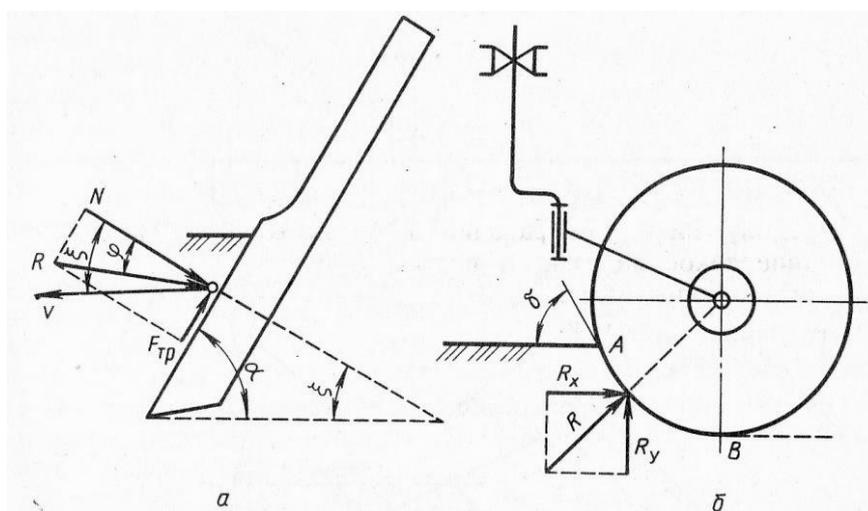


Рисунок 3.6 – Схемы силовых характеристик ножей: а) черенкового; б) дискового.

Если диск ножа забивается стеблями растений, необходимо уменьшить глубину его хода или установить нож большего диаметра. При использовании вырезных ножей такое явление исключается и сила R_x уменьшается на 18...25%.

Опыты показали, что сила R_x зависит от показателя кинематического режима лезвия ножа $\lambda = \omega r / v_M$, где ω - угловая скорость; r - радиус диска; v_M - скорость движения машины (орудия). Чем больше λ , тем меньше R_x . При увеличении λ от 0 до 1 значение R_x уменьшается в 2,5 раза. Числовые значения λ зависят от конструкции дискового ножа и состояния почвы: для ножей с ровным лезвием $\lambda = 1,02...1,098$, для рифленых - $1,08...1,31$, для вырезных дисков - $1,045...1,165$.

е) зуб бороны и вибробороны.

Зубья борон устанавливаются под углом α к горизонту. При этом $\alpha = \pi/2 = \text{const}$. Однако в некоторых конструкциях борон (например, в шлейф-бороне) угол $\alpha \neq \text{const}$, т. е. его можно регулировать. В этом случае от значения угла α зависит характер воздействия зуба на почву.

Если $\alpha = \pi/2$ (рис. 3.7, а), то ребро действует на почвенный комок по нормали силой $R = N$, совпадающей с направлением движения. Почва рыхлится без выноса на поверхность влажных слоев, зуб погружается в почву под действием силы тяжести G_3 , приходящейся на него от всего орудия. При изменении угла α в пределах $\pi/2 - \varphi < \alpha < \pi/2 + \varphi$ характер взаимодействия между зубом и почвой не изменяется.

При $\alpha > \pi/2 + \varphi$ (рис. 3.7, б) ребро воздействует на комок силой R , равной векторной сумме сил нормального давления N и трения F и отклоненной от горизонтали вниз. Почвенный комок под действием этой силы будет перемещаться (вдавливаться) вниз. Вертикальная составляющая силы R'_B реакции почвы будет направлена вверх, что приведет к уменьшению заглубляющей силы $Q_{\text{загл}} = Q_3 - R'_B$ и уменьшению глубины обработки.

Когда $\alpha < \pi/2 - \varphi$ (рис. 3.7, в), то сила R отклонена от горизонтали вверх и почвенный комок под ее действием будет перемещаться из нижних слоев вверх. Вертикальная составляющая R'_B реакции почвы направлена вниз, что приводит к увеличению заглубляющей силы $Q_{\text{загл}} = G_3 + R'_B$ и глубины обработки почвы.

Сорняки и растительные остатки, поднимаясь на поверхность, собираются под рамой, при большом скоплении их приходится сбрасывать.

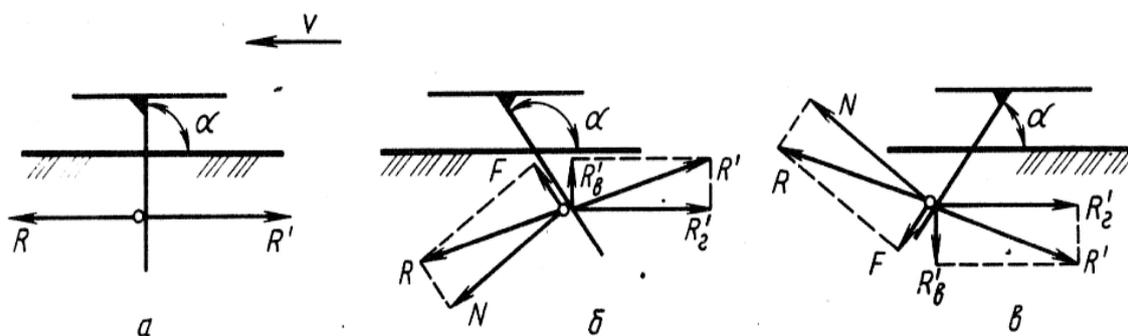


Рисунок 3.7 - Схема взаимодействия ребра зуба бороны с почвой: а) при $\alpha = \pi/2$; б) при $\alpha > \pi/2 + \varphi$; в) при $\alpha < \pi/2 - \varphi$.

Для этого зубья периодически наклоняют назад или поднимают (на поворотных полосах).

Пример. Определить, под каким углом α к горизонту следует установить зубья шлейф-бороны, чтобы обеспечить скольжение по ним корневищ с углом трения $\varphi_k = 18^\circ$ в почве при угле трения $\varphi_n = 22^\circ$.

Решение. Условие скольжения обеспечивается, если $\xi > \max(\varphi_k, \varphi_n)$, но так как $\xi = \pi/2 - \alpha$, то $\alpha = \pi/2 - \xi$. Подставляя в выражение для α вместо ξ угол $\varphi = 22^\circ$, получим $\alpha < 90^\circ - 22^\circ = 68^\circ$ при скольжении вверх и $\alpha > 158^\circ$ при скольжении вниз.

ж) стрелчатая лапа.

Лапы культиваторов, как правило, симметричны, поэтому элементарные составляющие сил реакции почвы, действующие на их рабочую поверхность и лезвие, могут быть приведены к одной равнодействующей R_{xz} (рис. 3.8), расположенной в продольно-вертикальной плоскости симметрии.

Проекция силы R_{xz} на ось Z (сила R_z) характеризует способность рабочего органа к заглублению, а проекция на ось X (сила R_x) составляет тяговое сопротивление рабочего органа. Направление и точка приложения силы

R_{xz} определяются углом Ψ и размерами h и l . Согласно Г. Н. Синеокову, $h = (0,5...0,3) a$ (возрастает с увеличением ширины захвата лапы), $l = 0,5b$.

Так как равнодействующая R_{xz} складывается из сил нормального давления и сил трения почвы о рабочую поверхность и лезвие, то ее направление (угол Ψ) зависит от угла крошения α и угла трения φ . Как видно из рисунка 8

$$\psi = \pi / 2 - (\alpha + \varphi) \quad (3.18)$$

Так как угол α зависит от типа и параметров рабочего органа, а φ - от свойств и состояния почвы, то и угол Ψ зависит от них.

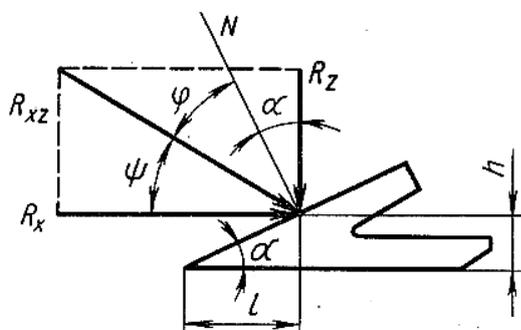


Рисунок 3.8 - Схема сил, действующих на стрельчатую культиваторную лапу.

При переходе от плоскорежущих лап к универсальным и рыхлительным угол α возрастает, угол Ψ , следовательно, уменьшается, отчего сила R_z и способность рабочего органа к заглублению снижаются. Зубья борон, например, могут иметь угол $\alpha > \pi/2$, отчего угол Ψ у них отрицательный, величина R_z направлена снизу вверх и для заглубления требуется определенное давление орудия. Значение силы R_x можно определить динамометрированием или рассчитать.

Лекция 4 Теория взаимодействия катка с почвой

Вопросы:

1 Характеристика взаимодействия катка с почвой при движении.

1.1 Движение без скольжения и буксования.

1.2 Движение без скольжения и буксования, но с образованием колеи.

1.3 Движение со скольжением и образованием колеи.

1.4 Движение с буксованием.

2 Взаимодействие катка с комками различной формы.

3 Сопrotивление перекатыванию и глубина колеи.

1 Характеристика взаимодействия катка с почвой при движении

1.1 Движение без скольжения и буксования

Катки (колеса) могут работать без скольжения и буксования, со скольжением и с буксованием (рис. 4.1). При качении без скольжения и буксования путь l , пройденный катком, равен длине дуги окружности этого катка, умноженной на число его оборотов за пройденный путь, т. е. $l = 2\pi r n$.

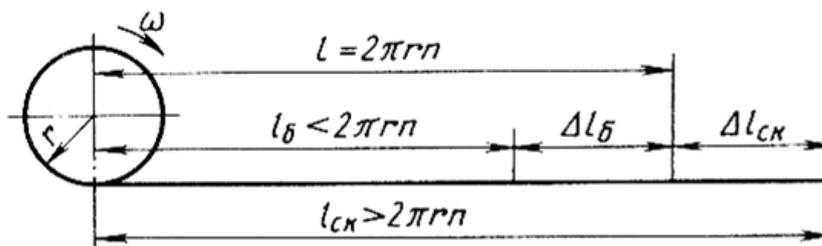


Рисунок 4.1 - Схема к объяснению характера движения катка.

При качении со скольжением каток (ведомое колесо), сделав n оборотов, пройдет путь $l_{ск}$ больший, чем длина дуги окружности этого колеса, умноженная на число оборотов на данном пути, т. е. $l_{ск} > 2\pi r n$. В этом случае

часть пути $\Delta l_{ск}$ каток проходит в результате скольжения. Такой режим характерен для большинства катков и ведомых колес.

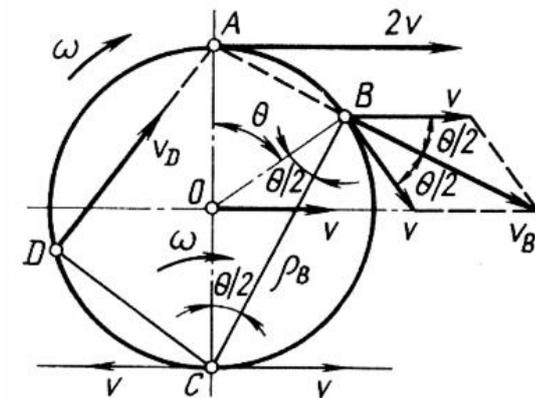


Рисунок 4.2 - Схема катка (колеса), катящегося без скольжения, буксования и образования колеи.

При качении с буксованием путь l_6 , пройденный катком (ведущим колесом), оказывается меньше, чем длина дуги его окружности, умноженная на число его оборотов за пройденный путь, т. е. $l_6 < 2\pi n$. В этом случае часть пути Δl_6 оказывается потерянной в результате буксования. Такой режим характерен для приводных (самоходных) катков и ведущих колес.

1.2 Движение без скольжения и буксования

Такое движение может происходить без образования и с образованием колеи. Любая точка движущегося катка (колеса) участвует в поступательном (переносном) движении вместе со всем орудием и во вращательном (относительном) относительно оси O. При движении без скольжения и буксования относительная и переносная скорости любой точки обода равны по модулю, но относительная скорость переменна по направлению (рис. 4.2). Абсолютная скорость любой точки катка, равная геометрической сумме этих двух скоростей, в процессе движения изменяется как по направлению, так и по числовому значению.

В точке C векторы относительной и переносной скоростей направлены по одной прямой, но в разные стороны. Следовательно, абсолютная скорость точки C равна нулю (точка носит название мгновенного центра скоростей). Таким образом, мгновенный центр скоростей совпадает с нижней точкой вертикального диаметра катка. Так как остальные точки катка в каждый данный момент в абсолютном движении поворачиваются относительно центра C , то их абсолютная скорость пропорциональна угловой скорости и расстоянию этих точек от точки C . Например, для точки B абсолютная скорость $v_B = \omega r_B$. Если в данную точку из мгновенного центра скоростей провести радиус-вектор r_B и восстановить к нему перпендикуляр в сторону вращения, то он и укажет направление абсолютной скорости v_g точки B .

1.3 Движение без скольжения и буксования, но с образованием колеи

Пусть каток передвигается по полю с образованием колеи. Точка a (рис. 4.3, а), перемещаясь в направлении скорости v_a давит на соприкасающийся с ней почвенный агрегат (комок) t по нормали с силой N . Разложим силу N на две составляющие по направлению скорости точки a и касательной к окружности (N_v и N_t). Как видно из рисунка 90, а, $N_T = N \operatorname{tg} \xi$. Сила N_t стремится заставить почвенный агрегат t скользить по рабочей поверхности катка. Ее скольжению сопротивляется сила F рения.

Характер движения почвенной частицы будет зависеть от соотношения между углами ξ и трения φ .

Если $\xi < \varphi$, то $N_T = N \operatorname{tg} \xi < F_{\max} = N \operatorname{tg} \varphi$ и скольжения не будет, так как сила трения F , вызванная действием силы N_T , не достигнет максимального значения и как сила реакции будет в точности равна возбуждающей ее силе N_T . В этом случае силы N_T и F взаимно уравновешиваются и почвенный агрегат оказывается под действием одной лишь силы N_T . При этом он будет перемещаться вместе с точкой a катка в направлении ее скорости v_a , т. е. будет происходить уплотнение почвы без проскальзывания.

Если $\xi > \varphi$, то $N \operatorname{tg} \xi > N \operatorname{tg} \varphi$ и, следовательно, $N_T > F_{\max}$. В этом случае сила трения, достигнув максимального значения F_{\max} , не в состоянии уравновесить касательную составляющую N_T и уплотнение почвы под действием сила N_T будет сопровождаться скольжением почвенных частиц под действием силы $N_T - F_{\max} = N (\operatorname{tg} \xi - \operatorname{tg} \varphi)$.

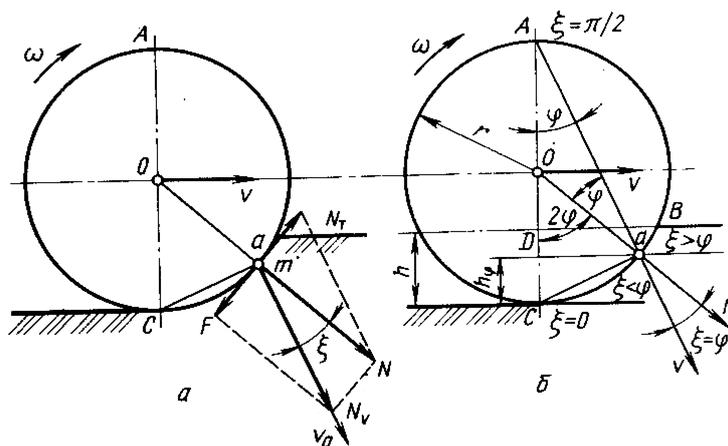


Рисунок 4.3 - Схемы катка, катящегося без скольжения и буксования, но с образованием колеи: а - действующие силы; б - зоны уплотнения и касательных перемещений почвы при ее уплотнении.

Как видно (рис. 4.3, б), угол ξ изменяется от нуля в точке C до $\pi/2$ в точке A .

В процессе возрастания от 0 до $\pi/2$ угол C принимает и значение угла трения φ , так как $0 < \varphi \leq \pi/2$. Пусть в точке a угол $\xi = \varphi$ (рис. 4.3, б). Тогда выше точки a , на дуге aB , угол $\xi > \varphi$ и почва уплотняется со скольжением (хотя $l = 2\pi r$); ниже точки a , на дуге AC , скольжение отсутствует. Как видно из (рис. 4.3, б)

$$h_\varphi = OC - OD = r - r \cos 2\varphi = 2r \sin^2 \varphi. \quad (4.1)$$

Следовательно, на глубине от 0 до $h - h_\varphi$ от поверхности почвы уплотнение сопровождается скольжением, а на глубине от $h - h_\varphi$ до h происходит без него. Скольжение, т. е. касательное перемещение обода катка относительно почвенных агрегатов, вызывает трение между ними и разрушение почвенных агрегатов, что нежелательно. Под действием силы N_T , которая

стремится вытолкнуть почвенные частицы вперед, на рыхлых почвах перед катком образуется валик, размер которого зависит от глубины h колеи и радиуса r катка. Чем тяжелее каток и меньше его диаметр, тем больше высота валика.

1.4 Движение со скольжением и образованием колеи

Движение со скольжением. Для упрощения анализа движения катка (колеса) В. П. Горячкин предложил наряду с действительным рассматривать воображаемый (условный) каток (колесо) большего радиуса, который катится без скольжения. Условный каток, сделав такое же число оборотов, что и действительный, пройдет тот же путь, но без скольжения и буксования, т. е. он как бы жестко связан с действительным и расположен концентрично по отношению к нему. В этом случае мгновенный центр скоростей находится в нижней точке вертикального диаметра условного катка и степень скольжения определяется коэффициентом скольжения

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{ск}}{l_{ск}} = \frac{l_{ск} - 2\pi r n}{l_{ск}} = \frac{2\pi(r + \Delta r)n - 2\pi r n}{2\pi(r + \Delta r)n} = \frac{\Delta r}{r + \Delta r} \quad (4.2)$$

Величина ε изменяется от 0 до 1. Как видно из выражения (4.2), для определения ее необходимо измерить фактически пройденный путь $l_{ск}$ и подсчитать число n оборотов катка на этом пути.

Каток находится в контакте с почвой по дуге BD (рис. 4.4, а). Для рассмотрения процесса взаимодействия катка с почвой из точки C проведем касательную к дуге BD . В точке a , через которую проведена касательная, направления скорости v_a и нормали N совпадают. Следовательно, угол ξ в этой точке равен нулю и скольжение отсутствует, так как условие скольжения $\xi > \varphi$, а в данной точке $\xi = 0$, $\varphi > 0$. В верхней и нижней точках вертикального диаметра угол $\xi = \pi/2$. Следовательно, на дугах между точкой a и верхней и нижней точками вертикального диаметра угол ξ изменяется от нуля до $\pi/2$ и

принимает все значения этого интервала, в том числе и значение угла трения φ , так как $0 < \varphi < \pi/2$.

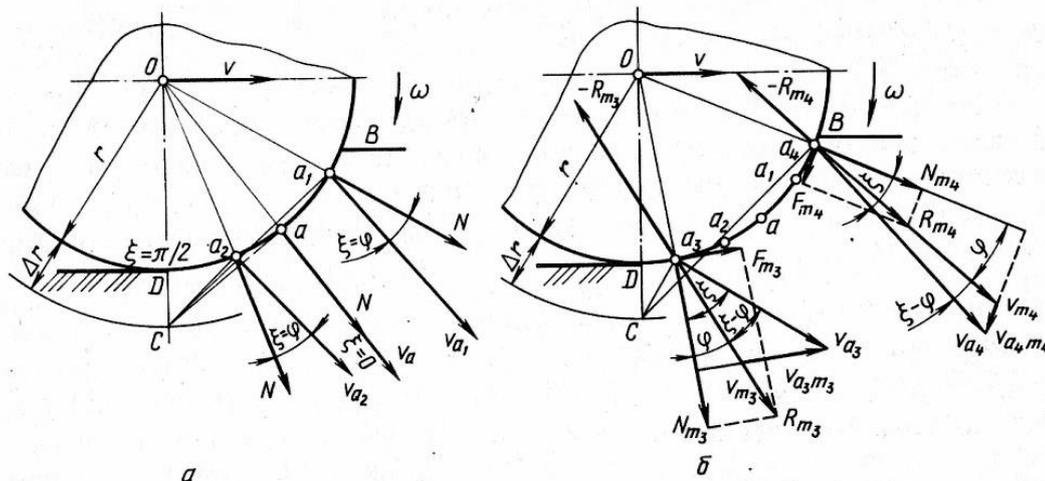


Рисунок 4.4 - Схемы катка, движущегося со скольжением: *а* - к определению зон уплотнения со скольжением и без него; *б* - то же, действующих сил и направлений скольжения.

Пусть в точках a_1 и a_2 угол $\xi = \varphi$. Тогда выше точки a_1 и ниже точки a_2 угол $\xi > \varphi$ и, следовательно, на дугах a_1B и a_2D происходит скольжение. Для рассмотрения процесса деформации почвы катком выделим точки a_3 и a_4 (рис. 4.4, б), расположенные в зонах скольжения. Пусть эти точки находятся в контакте соответственно с почвенными агрегатами m_3 и m_4 (на рисунке не показаны). В точках a_3 и a_4 углы $\xi > \varphi$ и, следовательно, силы трения достигают максимальных значений ($F_{\max} = N \operatorname{tg} \varphi$). Результирующие R_{m_3} и R_{m_4} сил трения и сил нормального давления отклонены от соответствующих нормалей на угол трения φ в сторону векторов скорости V_{a_3} и V_{a_4} . Следовательно, точка a_3 , двигаясь в направлении скорости V_{a_3} , действует на почвенный агрегат m_3 силой R_{m_3} и заставляет его перемещаться в направлении действия этой силы. Так как направления движения точки a_3 обода и частицы m_3 почвы не совпадают (между ними угол, равный $\xi - \varphi$), то точка a_3 проскальзывает по частице m_3 .

Скорость частицы m_3 и скорость скольжения обода по этой частице определим, если из конца вектора v опустим перпендикуляр на нормаль к катку в точке a_3 . Перпендикуляр отсекает на направлении силы R_{m_3} отрезок V_{m_3} ,

который в масштабе вектора Va_3 будет представлять собой скорость перемещения частицы m_3 . Вектор v_{a_m} - линейная скорость скольжения точки a_3 катка относительно частицы m_3 почвы. Правомерность этого построения основана на доказательстве от противного: проекции скоростей Va_3 и Vm_3 на нормаль к катку в точке a_3 должны быть равны между собой, так как в противном случае почвенный агрегат m_3 должен внедряться внутрь обода или уходить от него, чего не наблюдается. Скольжение точки a_3 направлено в сторону, обратную вращению катка. Пользуясь аналогичными приемами, нетрудно установить, что скольжение точки a_4 направлено в сторону вращения катка. Таким образом, на ободу катка, катящегося со скольжением, можно выделить зоны: проскальзывания по направлению вращения (выше точки a_1 если эта часть погружена в колею); уплотнения почвы без проскальзывания (дуга a_1a_2); проскальзывания в сторону, противоположную вращению (дуга a_1D).

Силы реакции почвы на каток направлены в стороны, противоположные активным силам. Как видно (см. рис. 4.4, б), на участке обода катка ниже точки a они проходят ниже оси вращения O и, следовательно, создают положительный момент, способствующий вращению катка, а на участке выше точки a проходят выше оси вращения O и создают отрицательный момент, сопротивляющийся вращению.

В результате такого сложного воздействия катка на почву отдельные участки ее в зоне контакта с катком испытывают различные деформации: одни уплотняются, другие рыхлятся, и между ними образуются трещины. Ширина трещин и глубина их проникновения зависят от диаметра, нагрузки и скорости движения катка, а также от состава и состояния почвы.

В соответствии с агротехническими требованиями катки должны создавать уплотненную прослойку на глубине 4...8 см. В этом случае уменьшаются потери влаги из нижних слоев почвы вследствие конвекции. При увеличении скорости катка выше 1,5 м/с сильнее уплотняются слои, расположенные ближе к поверхности. Таким образом, глубина

распространения уплотняющего действия катка возрастает с увеличением нагрузки и уменьшается с повышением скорости. С увеличением диаметра катка наибольшая плотность наблюдается в более глубоких слоях. Так, для катков диаметром 200 мм она зафиксирована в слое 0...5 см, диаметром 300...500 мм - в слое 5...10 см.

1.5 Движение с буксованием

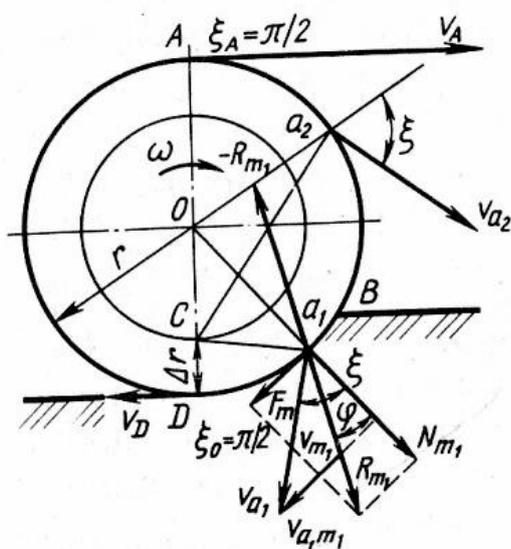


Рисунок 4.5 - Схема катка (колеса), катящегося с буксованием.

При качении с буксованием (рис. 4.5) радиус условного катка (колеса) меньше, чем действительного, мгновенный центр скоростей находится в нижней точке вертикального диаметра условного катка (точка C). Коэффициент буксования

$$\eta = \frac{\Delta l_6}{l_6} = \frac{l - l_6}{l_6} \times = \frac{2\pi r n - 2\pi (r - \Delta r) n}{2\pi (r - \Delta r) n} = \frac{\Delta r}{r - \Delta r} \quad (4.3)$$

Величина η может изменяться от 0 до ∞ . Угол ξ для верхней A и нижней D точек вертикального диаметра равен $\pi/2$. В промежутке между этими точками угол ξ принимает значения, меньшие $\pi/2$, но нигде не равен нулю, а скорость касательного перемещения точек обода относительно поверхности почвы на всей дуге контакта с колеей BD направлена в сторону вращения. Силы реакции

колеи на всей дуге контакта проходят выше оси вращения O и, следовательно, создают отрицательный момент, для преодоления которого необходимо от источника энергии подвести движущий момент. Колея действует как тормозная колодка. Наряду с уплотнением происходит сдвиг почвы в одну и ту же сторону, в сторону вращения.

2 Взаимодействие катка с комками различной формы

Процесс прикатывания почвы должен происходить так, чтобы при встрече с комьями каток перекатывался через них, а не толкал (выдавливал) их вперед. При перекатывании через комок давление катка концентрируется на нем и он разрушается или вдавливается в почву без протаскивания вперед. В ином случае каток будет толкать почвенные комки перед собой, т. е. сгуживать почву.

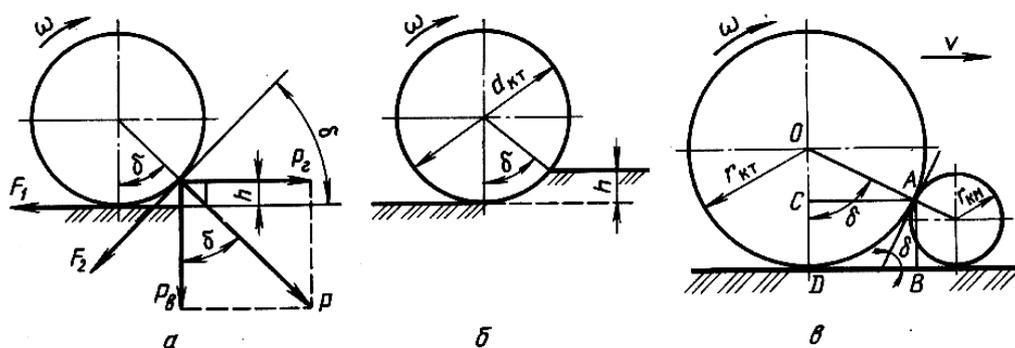


Рисунок 4.6 - Схемы к определению условий прикатывания.

Характер взаимодействия катка с почвой зависит от его диаметра и размеров комков (например, перед тяжелым катком небольшого диаметра образуется высокий почвенный валик, в результате чего комья перемещаются вперед).

Если каток встречается расположенный на поверхности почвы комок (рис. 4.6, а), то от действия силы P давления катка возбуждаются сила F_2 трения между ободом катка и комком и сила F_1 трения между комком и поверхностью

почвы. Защемление комка между катком и поверхностью почвы происходит при

$$P_2 \leq F_1 + F_2 \cos \delta. \quad (4.4)$$

Но, $P_2 = P \sin \delta; F_2 = P \operatorname{tg} \varphi_2; F_1 = N \operatorname{tg} \varphi_1,$ (4.5)

где φ_1 и φ_2 - углы трения почвы о материал катка и почвы о почву.

$$N = P_B + F_2 \sin \delta = P \cos \delta + P \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \delta \quad (4.6)$$

Подставив значения F_1, F_2 и N в выражение (4.4), будем иметь

$$P \sin \delta \leq (P \cos \delta + P \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \delta) \operatorname{tg} \varphi_1 + P \operatorname{tg} \varphi_2 \cos \delta.$$

Разделив это выражение на P и $\cos \delta$, получим

$$\operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2$$

или

$$\operatorname{tg} \delta (1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2) \leq \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2,$$

откуда

$$\operatorname{tg} \delta \leq (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2) / (1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2).$$

Пользуясь тригонометрическими функциями, упростим полученное выражение, т. е. приведем его к виду

$$\operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg} (\varphi_1 + \varphi_2) \quad (4.7)$$

или

$$\Delta = \varphi_1 + \varphi_2, \quad (4.8)$$

При выполнении условия (4.8) почвенные комки будут не протаскиваться в направлении движения катка, а защемляться между ним и поверхностью почвы.

Из этого же условия определили глубину h колеи, при которой каток диаметром $d_{\text{КТ}}$ не будет образовывать перед собой почвенный валик. Как видно из (рис. 4.6, б),

$$\cos \delta = (d_{\text{КТ}}/2 - h) / (d_{\text{КТ}}/2)$$

откуда

$$h \leq (d_{\text{КТ}}/2) (1 - \cos \delta), \quad (4.9)$$

или необходимый минимальный диаметр катка при заданной величине h

$$d_{\text{КТ}} \geq 2h / (1 - \cos \delta). \quad (4.10)$$

Предельным является случай, когда комок имеет форму шара (рис. 4.6, в).

При этом

$$AB = r_{\text{КМ}} + r_{\text{КМ}} \cos \delta = r_{\text{КТ}} - r_{\text{КТ}} \cos \delta \quad (4.11)$$

или
$$r_{\text{КМ}} (1 + \cos \delta) = r_{\text{КТ}} (1 - \cos \delta),$$

Решив полученное выражение относительно $r_{\text{КМ}}$, получим максимальный радиус комка, который будет защемляться и вдавливаться в почву катком радиусом $r_{\text{КТ}}$ без протаскивания вперед

$$r_{\text{КМ max}} = r_{\text{КТ}} (1 - \cos \delta) / (1 + \cos \delta) = r_{\text{КТ}} \operatorname{tg}^2(\delta/2) \quad (4.12)$$

выразив $r_{\text{КТ}}$ через $r_{\text{КМ}}$, получим минимальный радиус катка, обеспечивающий защемление комка радиусом $r_{\text{КМ}}$

$$r_{\text{КТ min}} = r_{\text{КМ}} \operatorname{ctg}^2(\delta/2) \quad (4.13)$$

где $\delta = \varphi_1 + \varphi_2$ т. е. для предельного случая.

3 Сопротивление перекачиванию и глубина колеи

Движущий момент и момент сопротивления. Пусть каток или опорное (ведомое) колесо движется по поверхности почвы с образованием колеи (рис. 4.7, а). В этом случае к оси его вращения O приложена вертикальная сила G , представляющая собой сумму сил - части веса машины и веса самого катка (колеса), и горизонтальная сила тяги, или толкающая сила P . Вместе силы создают равнодействующую, которая обязательно пересекает дно борозды в некоторой точке a . Под действием этой силы возникает реакция R колеи, приложенная к катку в той же точке a , но направленная в противоположную сторону. Реакция R колеи состоит из элементарных сил, значения которых при относительно небольшой глубине колеи пропорциональны линейной деформации почвы.

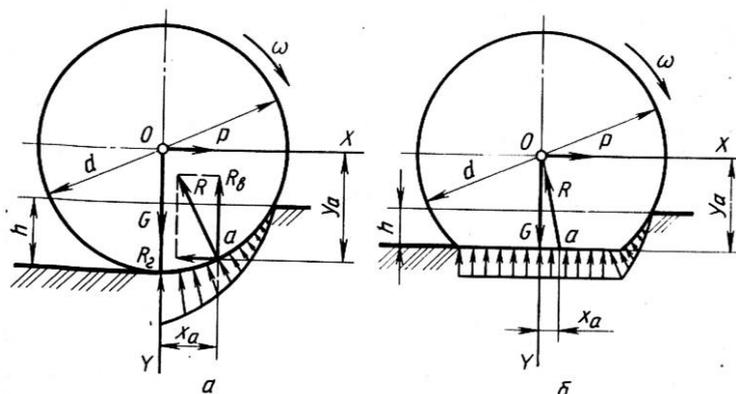


Рисунок 4.7- Схемы взаимодействия катка (колеса) с почвой: а - с жестким ободом; б - с пневматической шиной.

Разложив силу R на горизонтальную R_r и вертикальную R_b составляющие, напишем условие равновесия (равномерного движения) катка, которое определится системой уравнений:

$$\begin{aligned} \sum X &= P - R_r = 0; \\ \sum Y &= G - R_b = 0; \\ \sum m_z(F) &= P y_a - G x_a = 0. \end{aligned} \tag{14}$$

Из первого и второго уравнений этой системы следует, что $P = R_r$, $G = R_B$. Следовательно, на каток действуют две пары сил: P , R_r и G , R_B . Первая пара сил с плечом y_a образует движущий момент, вторая с плечом x_a - момент сопротивления. Тогда из третьего уравнения системы имеем

$$P = Gx_a / y_a. \quad (15)$$

Из выражения (4.15) и (рис. 7, а) видно, что чем меньше глубина h колеи, тем меньше плечо x_a и момент сопротивления Gx_a , а следовательно, и сила P . Из выражения (4.12) также следует, что с увеличением диаметра катка сила P уменьшается. Например, при увеличении диаметра катка вдвое, почти в столько же становится больше плечо y_a , плечо x_a увеличивается в меньшей мере, так как при этом опорная площадь возрастает, а глубина колеи снижается. Сила P уменьшается как с увеличением плеча y_a , так и с уменьшением глубины h колеи.

Из (рис. 7, а, б) и выражения (4.15) следует, что для качения колеса (катка) на пневматической шине при одинаковом диаметре d и вертикальной нагрузке G потребуется меньшее усилие P . Объясняется это, во-первых, тем, что при деформации шины увеличивается опорная площадь колеса, что приводит к уменьшению удельного давления, а следовательно, и глубины колеи. При меньшей глубине колеи требуется меньшая энергия на деформацию почвы, а следовательно, и на качение колеса.

Во-вторых, элементарные силы реакции почвы при жестком ободе располагаются лишь перед нижним концом вертикального диаметра (рис. 4.7, а), а при пневматической шине - по обе стороны от нижнего конца его (рис. 4.7, б). По этой причине равнодействующая элементарных сил реакции колеи при пневматической шине располагается ближе к нижнему концу вертикального диаметра (плечо x меньше), чем при жестком ободе, а это, как следует из выражения (4.15), приводит к уменьшению момента сопротивления и движущей силы P .

Лекция 5. Машины и орудия для почвозащитной системы земледелия

Вопросы:

- 1 Агротехнические основы противоэрозионной обработки почвы.
- 2 Машины и орудия для обработки почв, подверженных ветровой эрозии.
- 3 Машины и орудия для обработки почв, подверженных водной эрозии.

1 Агротехнические основы противоэрозионной обработки почвы

Эрозией почвы называют процесс разрушения и сноса почв под влиянием ветра, потоков воды, механических воздействий сельскохозяйственной техники.

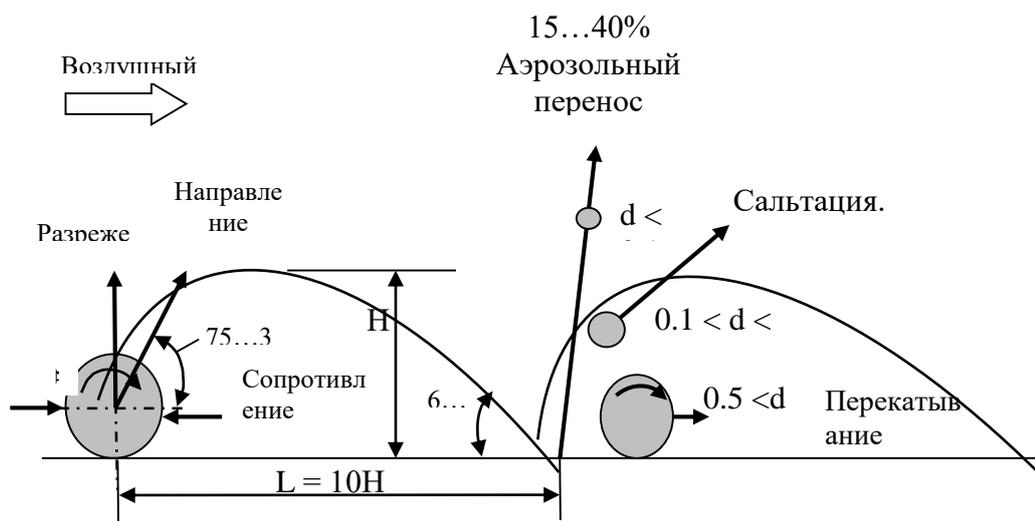
Ветровая эрозия (дефляция) возникает при воздействии аэродинамического воздушного потока (ветра) на поверхность почвенного слоя. При этом одновременно происходит три варианта перемещения воздушным потоком почвенных частиц различных фракций:

- перекачивание по поверхности – 0,5...1 мм;
- сальтация – 0,1...0,5 мм;
- аэрозольный перенос - < 0,1 мм.

Сальтация – скачкообразное перемещение почвенных частиц под действием воздушного потока.

Сальтирующие частицы при падении ударяются о почву, разрушают неподвижные комочки на мелкие частицы и вовлекают их в эрозионный процесс, который протекает при этом по законам цепной реакции.

Показателями, характеризующими аэродинамическую стойкость почв к дефляции, приняты критическая скорость ветра и допустимая степень распыленности верхнего (0...5 см) слоя почвы, при достижении которых начинаются массовый отрыв и перенос частиц.



L – длина перемещения, мм; H – высота подъема, мм; d – диаметр частиц, мм.

Рисунок 5.1 - Схема отрыва и транспортирования почвенных частиц при ветровой эрозии почвы.

Для большинства типов почв критическая скорость ветра, измеренная на высоте 0,15 м от поверхности пашни, составляет 3,5...5 м/с, а допустимая степень распыленности, т. е. содержание в слое 0...5 см эродируемых частиц (< 1 мм), - не более 50%.

В ветроэрозионных районах применяют почвозащитную систему обработки почвы, которая должна обеспечивать:

- снижение скорости ветра в приземном слое;
- задержание движущихся почвенных частиц;
- улучшение физических свойств почвы.

Для достижения этих целей применяются:

- безотвальная обработка почвы с сохранением стерни;
- мульчирующая обработка почвы с заделкой пожнивных остатков в верхнем слое почвы;
- сокращение числа обработок;
- внесение органических удобрений.

Противоэрозионная эффективность стерни зависит от:

- длины стерни;

- концентрации на 1 м²;
- состояния;
- положения.

Эталоном почвозащитного фона принят фон:

- 100% -я распыленность;
- скорость воздуха $V_v = 12$ м/с на высоте 0,5 м от почвы;
- длина стерни – не < 200 мм;
- концентрация не < 300 ед/м².

Эффективность мульчи измельченных стеблей кукурузы, подсолнечника, клещевины, сорго и др. культур определяется числом частиц на единицу площади (не < 200 ед/м²). Противоэрозионная способность мульчи повышается при продольном расщеплении стеблей.

2 Машины и орудия для обработки почв, подверженных ветровой эрозии

Машины для основной безотвальной обработки почвы.

Глубина обработки – 25...30 см.

Такие машины снабжены стреловидными плоскорежущими лапами шириной захвата по 110 см.

Навесные культиваторы-плоскорезы-глубококорыхлители КПП-250, КПП-2-150 и КПП-2,2 применяют для основной безотвальной обработки и рыхления паров на глубину 25-30 см. Культиваторы имеют стреловидные плоскорежущие лапы с шириной захвата 250, 150 или 110 см. На режущие кромки лемехов наплавлен твердый сплав - сормайт.

Подрезанный лемехом лапы пласт почвы скользит по наклонному лезвию, разрыхляется и падает без оборота. Стерня при этом остается на поверхности поля, предотвращая эрозионные процессы. Плоскорежущие лапы сохраняют до 60-75% стерни.

Культиватор КПП-250 снабжается одной плоскорежущей лапой с шириной захвата 250 см или двумя с шириной захвата по 110 см. В первом

варианте он применяется для поверхностной обработки почвы на глубину до 18 см, во втором - для рыхления почвы на глубину до 30 см. Глубину обработки регулируют установкой опорных колес при помощи винтового механизма.

Для осенней безотвальной обработки почвы на глубину 10-16 см, культивации стерневых паров и предпосевной обработки легких почв на глубину 7-16 см с сохранением стерни применяют культиваторы-плоскорезы КПП-2,2, КПШ-9, культиватор КПЭ-3,8 и штанговый культиватор КШ-3,6.

Культиватор КПП-2,2 оборудован двумя плоскорежущими лапами с шириной захвата по 115 см и углом раствора лемехов 75° или одной плоскорежущей лапой с шириной захвата 220 см и углом раствора лемехов 100°. Две лапы крепят на левом и правом продольных брусках рамы с перекрытием 10 см на расстоянии 40 см друг от друга по ходу. Их применяют при обработке почв влажностью 30-35%.

Широкозахватную лапу можно закреплять на среднем бруске рамы впереди или сзади, что необходимо для составления широкорядных агрегатов из нескольких культиваторов в шеренговом сцепе. Широкозахватную лапу применяют при обработке почв влажностью 25-30%. На твердых и уплотненных сухих почвах для лучшего заглубления культиваторов-плоскорезов следует догружать каждую секцию грузом (150-200 кг).

Ширина захвата культиватора 2,1 м. Один культиватор агрегатируют с трактором "Беларусь", а три - с трактором класса 5 при помощи сцепки СП-15.

Культиватор-плоскорез КПШ-9 снабжен трехсекционной рамой. На средней секции установлены автосцепка (навеска), два опорных пневматических колеса, регулируемых по высоте винтовыми механизмами, и три плоскорежущие лапы с шириной захвата по 100 см. Боковые секции соединены со средней шарнирно. Их можно отклонять назад при транспортировке КПШ-9 по узким дорогам. На продольных брусках секций устанавливают две или три лапы. В первом случае ширина захвата культиватора 8,2 м, во втором - 6,4 м.

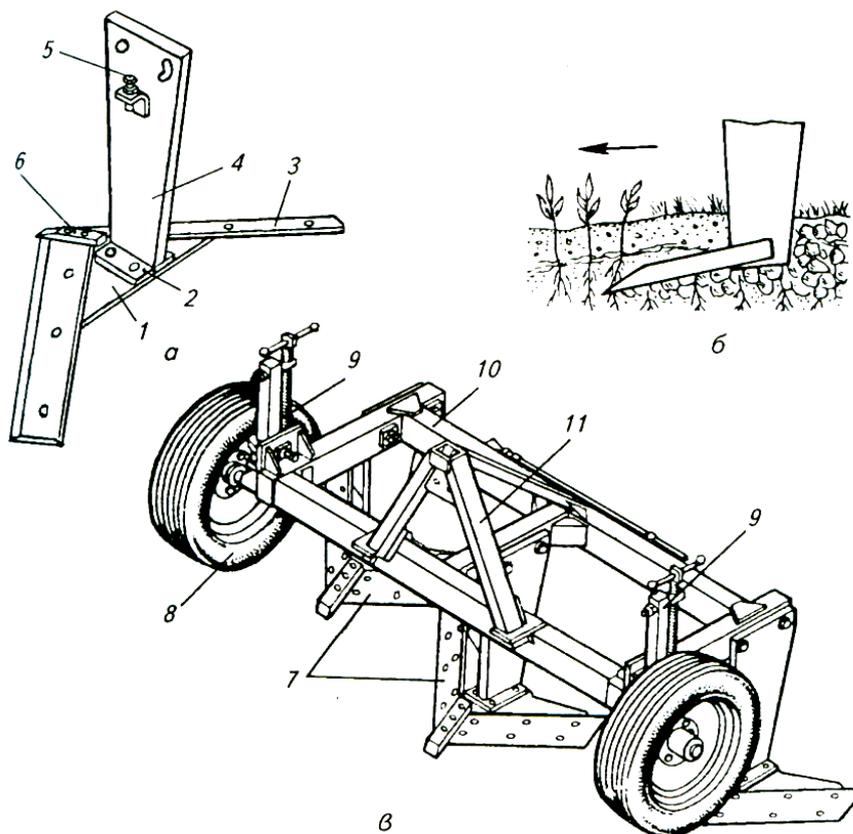
Культиватор-плоскорез КГПН-9 агрегатируют с тракторами класса 3. Глубина обработки почвы - до 16 см.

Плоскорез-глубококорыхлитель ПГ – 3 – 100 (рис. 5.2).

Пласт почвы, подрезанный лемехом, скользит по его наклонной поверхности, разрыхляется и падает без оборота. При этом стерня остается на поверхности поля, предотвращая эрозионные процессы.

Плоскорезующие лапы сохраняют 60...70% стерни.

Плоскорез-глубококорыхлитель ПГ - 3 - 100 снабжен тремя плоскорезующими лапами шириной по 110 см. Ширина захвата машины - 3,1 м, глубина обработки – 30 см, регулируется с помощью винтового механизма 9, изменяя положение опорных колес 8 по высоте. Агрегируется с тракторами класса – 3.



а – плоскорезующая лапа; б – схема рабочего процесса; в – общий вид ПГ–3–100; 1 – башмак; 2 – пятка; 3 – лемех; 4 – стойка; 5 – регулировочный винт; 6 – долото; 7 – лапы; 8 – колесо; 9 – винтовые механизмы; 10 – рама; 11 – замок автосцепки.

Рисунок 5.2 – Вид плоскореза-глубококорыхлителя ПГ – 3 – 100.

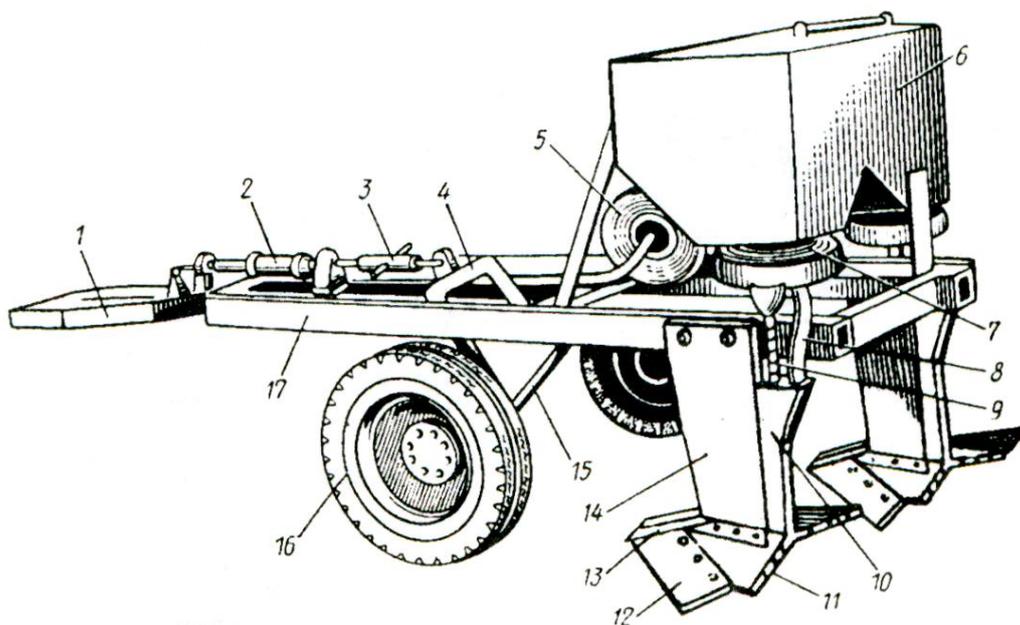
Плоскорезы-глубокорыхлители ПГ - 2С и ПГ - 3С комплектуют плоскорезущими лапами для безотвальной обработки на глубину до 25 см, и чизельными рыхлительными стойками для рыхления почвы на глубину до 35 см.

Ширина захвата соответственно 2,1 и 3,1 м. Агрегатируется с тракторами класса 2 и 3.

Плоскорез-глубокорыхлитель ПГ – 3 – 5 состоит из центральной и двух боковых секций. Ширина захвата – 5 м, глубина обработки 15...30 см.

Агрегатируется с тракторами класса 5. При работе с тракторами класса 3 используют только центральную секцию шириной захвата 3,2 м.

Культиватор-глубокорыхлитель-удобритель КПГ – 2,2 (рис 5.3).



1 – прицепное устройство; 2 – гидроцилиндр; 3 – регулятор глубины; 4 – полуось; 5 – вентилятор; 6 – бункер; 7 – высевной аппарат; 8 – воздуховод; 9 – тукопровод; 10 – смеситель; 11 – распределитель; 12 – лемех; 13 – долото; 14 – лапа; 15 – карданный вал; 16 – колесо; 17 – рама.

Рисунок 5.3 – Вид культиватора-глубокорыхлителя-удобрителя КПГ – 2,2

Культиватор снабжен двумя плоскорезущими лапами 14 шириной по 110 см, бункером 6 вместимостью 450 л, туковысевающим аппаратами 7 и вентилятором 5.

Культиватор предназначен для рыхления почвы без оборота пласта на глубину 12...27 см с одновременным внесением твердых гранулированных удобрений.

Глубину обработки регулируют вращением винтовой стяжки регулятора 3.

Агрегатируется с тракторами класса 3. Сцепку из двух культиваторов агрегатируют с тракторами класса 5.

Машины для мелкой обработки почвы с сохранением стерни.

Их применяют для осенней безотвальной обработки почвы, культивации стерневых паров и предпосевной обработки почв на глубину 8...16 см.

Культиватор-плоскорез КП – 3С. снабжен тремя лапами по 100 см. Глубина обработки до 16 см. Агрегатируют с тракторами класса 3.

Культиватор-плоскорез КПШ – 9

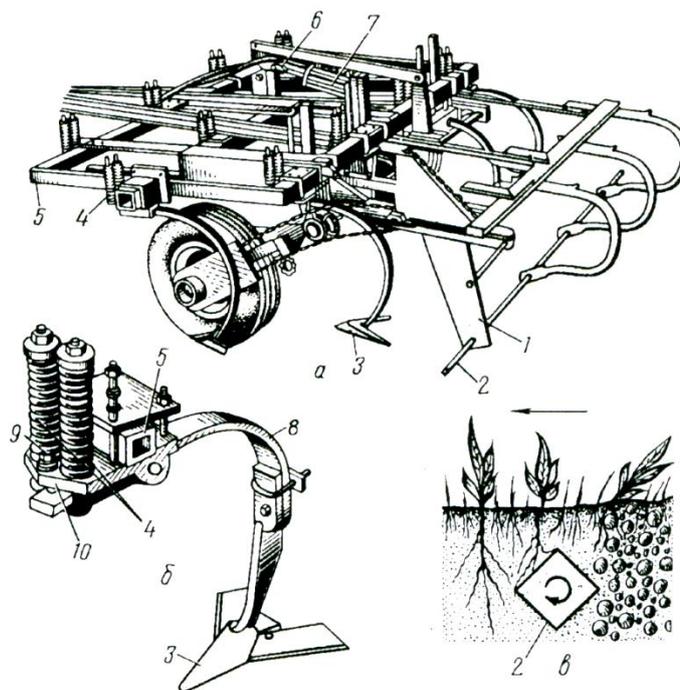
Состоит из трех секций. На средней секции установлены три лапы шириной захвата по 100 см. Боковые секции соединены со средней секцией шарнирно. На них можно устанавливать по две или три лапы. Ширина захвата в первом случае 8,2 м, во втором – 6,4 м. Агрегатируется с тракторами 3 и 5 классов.

Тяжелые культиваторы КПЭ – 3,8А и КТС – 10 – 1 снабжены лапами шириной захвата по 40 см, расставленными в три ряда. Каждая грядиль снабжена предохранительным механизмом для предохранения лапы от поломки при встрече с препятствием.

Пружинные стойки при работе вибрируют, хорошо заглубляются на твердых почвах и не забиваются пожнивными остатками. Однако они повреждают до 50% стерни и создают гребнистую поверхность поля.

Поэтому на культиватор устанавливают штанговое приспособление. Штанга 2 вращается в почве на заданной глубине, разрывает корни сорняков, выносит на поверхность часть заделанной в почву стерни и выравнивает поверхность поля.

Культиватор КШ – 3,6А.



a – общий вид; *б* – рабочий орган; *в* – схема технологического процесса штанги; 1, 10 – кронштейны; 2 – штанга; 3 – стрелчатая лапа; 4 – пружины; 5 – рама; 6 – упор; 7 – гидроцилиндр; 8 – упругая стойка; 9 – болт.

Рисунок 5.4 – Вид культиватора КПЭ – 3,8 А

Культиватор по устройству и принципу работы аналогичен культиватору КПЭ – 3,8А. Применяется для предпосевной обработки почвы под озимые и рыхления на глубину 5...10 см с сохранением 80...90% стерни. Культиватор может работать в навесном и прицепном вариантах. Глубину обработки в навесном варианте регулируют изменяя длину верхней тяги навески трактора, в прицепном – передвигая упор по штоку гидроцилиндра.

Машины для обработки стерневого фона.

Такие машины снабжены игольчатыми дисками диаметром 55 см, собранными в батареи. Батареи устанавливаются в два ряда. Угол атаки батарей можно изменять в пределах 0...20° в зависимости от твердости почвы.

БИГ – 3А; БМШ – 15; БМШ – 20 – шириной захвата соответственно 3, 15 и 20 м.

Глубина обработки 4...10 см регулируют изменяя угол атаки. Игольчатые бороны сохраняют до 70% стерни.

Мульчирующую обработку с измельчением стерни и пожнивных остатков

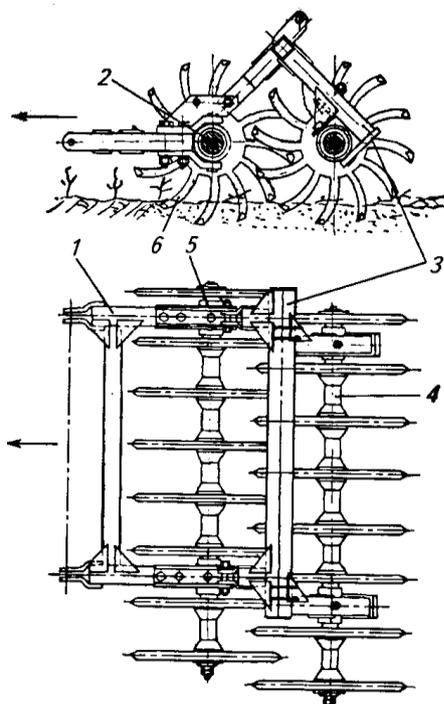
грубостебельных культур выполняют тяжелыми дисковыми боронами БДТ – 3; БДТ – 7; БДТ – 10 и комбинированным агрегатом КАД – 10. Диски машин воздействуют на верхний слой почвы, измельчают пожнивные остатки и перемешивают их с почвой, образуя мульчирующий слой.

3 Машины и орудия для обработки почв, подверженных водной эрозии

Водная эрозия почвы – это способность талых или дождевых вод уносить почвенные частицы, образуя овраги, вымоины приводя к невозможности использовать почву для возделывания сельскохозяйственных культур.

Для предотвращения водной эрозии проводятся следующие мероприятия:

- своевременная обработка почвы;
- вспашка с почвоуглубителями;
- вспашка вырезными корпусами;
- вспашка с одновременным образованием перемычек и валиков в бороздах;



1, 3 – рамы батарей; 2 – ось; 4 – распорная втулка; 5 – подшипник; 6 – диск.

Рисунок 5. 5 – Вид бороны игольчатой БИГ – 3А

- образование лунок и прерывистых борозд;
- кротование;
- снегозадержание;
- вспашка должна проводиться поперек склона, по горизонталям.

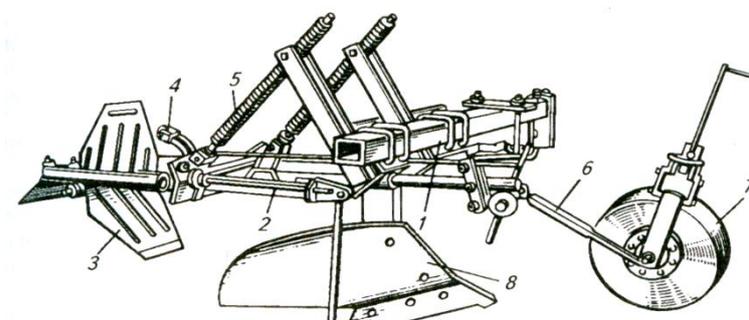
Для вспашки склонов следует применять оборотные плуги *ПОН – 2 – 30*, *ПНО – 4 – 30* и челночные *ПКЧ – 3 – 35*.

Применяют также комбинированную (ступенчатую) вспашку склонов крутизной до 4°. Для этого на плуге закрепляют в различном сочетании отвальные и безотвальные корпуса или устанавливают один корпус с нестандартным, удлиненным отвалом, который нагребает земляной валик поперек склона, который задерживает сток воды.

Приспособление ПРНТ – 70.000 (рис. 5.6).

Навешивается на плуг *ПЛН – 4 – 35* оборудованный корпусом с укороченным отвалом. Приспособление предназначено для образования прерывистых борозд при вспашке.

При работе крыльчатка от поворота удерживается рычагом 4 связанным через кривошипно-шатунный механизм с опорным колесом 7. При движении крыльчатка проделывает в почве борозду. За один оборот колеса рычаг отводится один раз и крыльчатка при этом поворачивается на 120°, образуя перемычку. На вспаханной поверхности образуются бороздки длиной 1...1,2 м и вместимостью 95...100 л.



1 – брус; 2 – поводок; 3 – крыльчатка; 4 – рычаг; 5 – нажимная штанга;
6 – шатун; 7 – опорное колесо; 8 – корпус с укороченным отвалом.

Рисунок 5.6 – Вид приспособления ПРНТ – 70.000

Общее число бороздок на 1 га 4000...4200, а суммарная их вместимость 350...400 тыс. л.

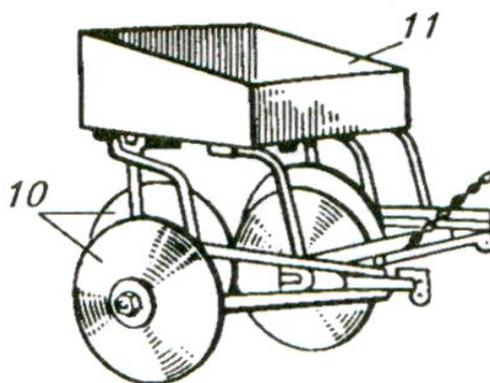
Приспособления ПЛДГ – 5 и ПЛДГ – 10 к луцильникам предназначены для образования замкнутых лунок по зяби. В комплект ПЛДГ – 5 входит четыре, а в ПЛДГ – 10 шесть – дисковых батарей с эксцентрично расположенными дисками. Угол атаки дисков 30°.

При работе агрегат образует на поверхности лунки длиной 1,3 м, шириной 50 см и глубиной до 20 см. Глубину лунок регулируют перестановкой батарей на понизителях, а также балластом.

Суммарная вместимость лунок на 1 га составляет 250...300 тыс. л.

Приспособление ППБ – 0,6 применяют для прерывистого бороздования и глубокого рыхления междурядий пропашных культур.

Приспособление ППБ-4,6 применяют для прерывистого бороздования и глубокого рыхления междурядий пропашных культур. Его навешивают на пропашные культиваторы.



10 – сферические диски; 11 – балластный ящик.

Рисунок 5.6 а – Приспособление ПЛДГ – 5

ППБ-4,6 состоит из бороздооткрывающих окучников, устанавливаемых вместо культиваторных лап, и четырехлопастных крыльчаток, располагаемых за окучниками. Мерный диск периодически отводит рычаг от лопасти, крыльчатка поворачивается, в борозде образуется перемычка.

Приспособление образует на 1 га около 4 тыс. борозд площадью 100×50 см, глубиной до 16 см, емкостью 250-280 м³.

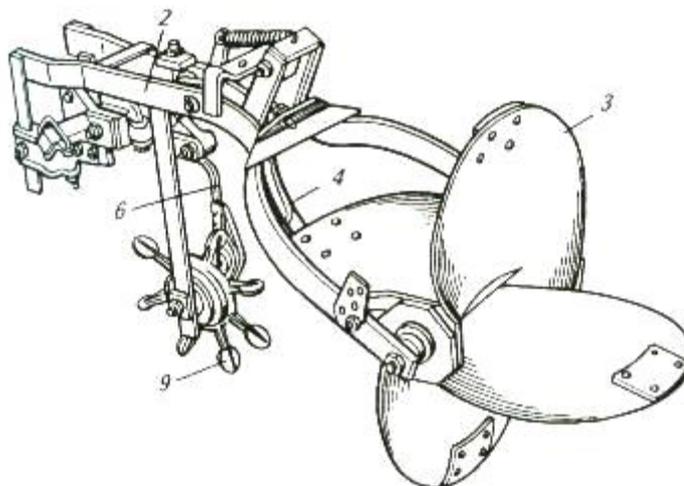
Культиватор с этим приспособлением можно использовать также для поделки прерывистых борозд на зяби.

Приспособление ПРНТ – 70.000.

Приспособление навешивают на пропашные культиваторы. Мерный диск 9 периодически отводит рычаг 4 от лопасти, крыльчатка поворачивается, и в борозде образуется перемычка.

Приспособление образует на 1 га около 4 тыс. борозд площадью 100 х 50 см, глубиной до 16 см, вместимостью 250...280 тыс. л.

Культиватор с этим приспособлением можно использовать также для выполнения прерывистых борозд по зяби.



2 – поводок; 3 – крыльчатка; 4 – рычаг; 6 – шатун; 9 – мерный диск.

Рисунок 5.7 – Вид приспособления ПРНТ – 70.000

Щелеватель-кратователь ШН-2-140, повышающий влагопоглощающую способность почвы, наиболее эффективное орудие в борьбе с водной эрозией почв на лугах и пастбищах. Щелеватель, навешиваемый на трактор класса 30 кН, имеет два ножа-щелереза, заглубляемых до 40 см, и устройство для поделки над щелью водопроницаемых валиков. При движении поперек склонов щелеватель нарезает в почве щели. Он может применяться и для обработки зяби.

Лекция 6. Теория рыхления (резания) почвы рабочими органами машин для почвозащитных систем земледелия

Вопросы:

- 1 Характеристики процесса деформации почвы лапой чизельного плуга.
- 2 Определение зоны рыхления почвы чизельной лапой в продольной и поперечной плоскостях.
- 3 Определение зоны рыхления зубом бороны.
- 4 Взаимодействие стрелчатой лапы с сорняками.

1 Характеристики процесса деформации почвы лапой чизельного плуга

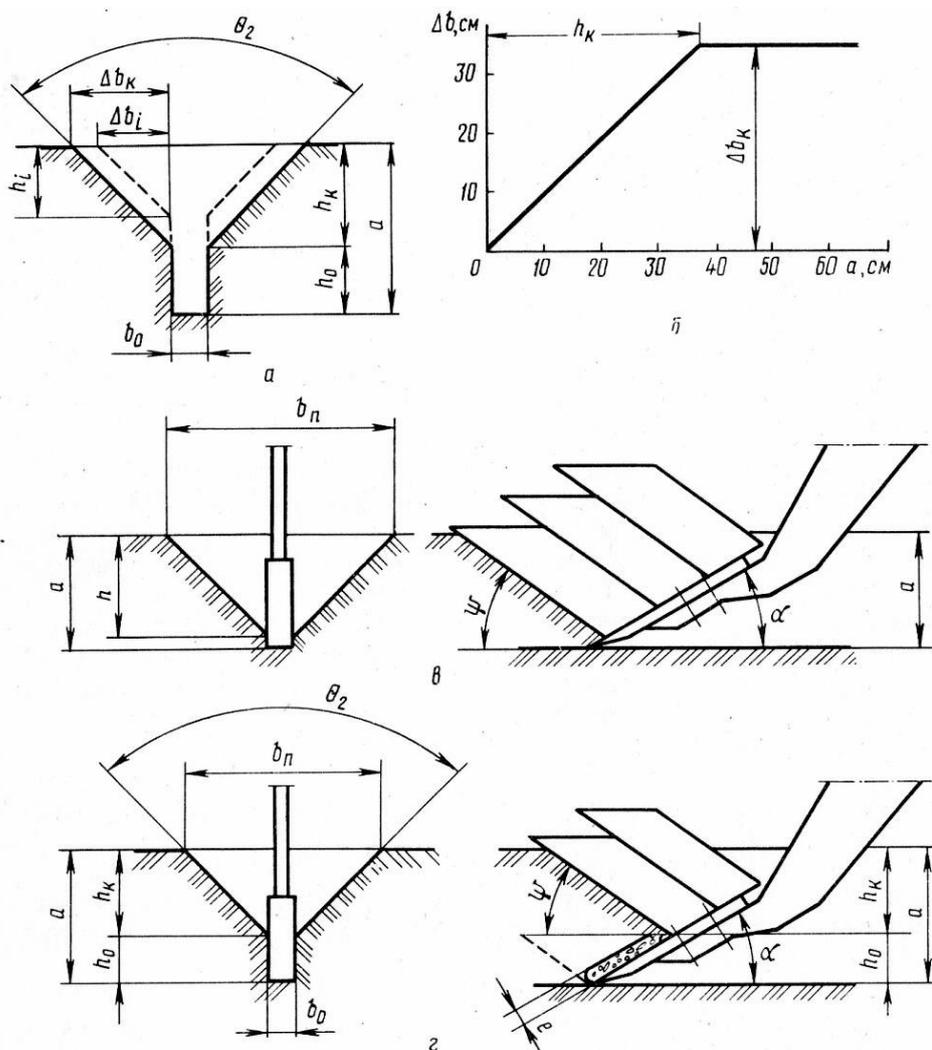
Технологический процесс. Чизельные плуги, щелерезы и почвоуглубители обрабатывают плотный слежавшийся подпахотный горизонт. Различия свойств обрабатываемого материала обуславливают и некоторые особенности технологического процесса, в основе которого лежит резание клином с плоской рабочей поверхностью, сводящееся к разрушению почвенного пласта путем сдвига (скалывания) на куски (стружку) трапецеидальной формы. При этом распространение деформации почвы в стороны, т. е. в поперечно-вертикальной плоскости, ограничивается некоторой предельной глубиной обработки, названной критической. Дальнейшее заглубление рабочего органа сопровождается ее смятием в продольном направлении без увеличения зоны рыхления в поперечном (рис. 6.1, а, б).

Таким образом, возможны два режима работы лапы чизельного плуга: при $a < h_k$ и $a > h_k$, где h_k -критическая глубина обработки. В первом случае глубина h прорези, от которой начинаются боковые расширения зоны деформации почвы, несколько меньше глубины, а обработки почвы (рис. 6.1, в), так как скалывание почвы под углом Ψ начинается несколько выше лезвия. Однако в этом случае с достаточной для практики точностью можно принять,

что $h \approx a$. Во втором случае, т. е. при $a > h_k$, зона бокового рыхления пласта распространяется до величины h_k (рис. 6.1, г), ниже образуется щель глубиной

$$h_0 = a - h_k \quad (6.1)$$

где h_0 - глубина заблокированного резания без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы.



а - профиль поперечного сечения обработанной почвы; б - зависимость бокового скалывания почвы от глубины обработки; в - схема рыхления почвы при $a < h_k$; г - то же, при $a > h_k$.

Рисунок 6.1 - Характеристики процесса деформации почвы лапой чизельного плуга

В этой зоне, т. е. за пределами глубины h_k , в нижней части рабочей

поверхности лапы, образуется уплотненное ядро толщиной e (рис. 6.1, з). Его образование связано с большим давлением в зоне блокированного резания, под действием которого почвы сминается, сильно уплотняется и задерживается на рабочей поверхности лапы в зоне $h_0 = a - h_k$. В некоторых условиях оно становится настолько прочным, что дальнейшее резание почвы производится им, а не рабочей поверхностью, в других – оно периодически разрушается и возобновляется вновь.

Угол Ψ скалывания почвы может быть определен по формуле В. П.

Горячкина

$$\Psi = 90^\circ - (\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)/2 \quad (6.2)$$

где α - угол крошения;

φ_1 - угол трения почвы по материалу лапы;

φ_2 - угол внутреннего трения почвы.

6.2 Определение зоны рыхления почвы чизельной лапой в продольной и поперечной плоскостях

Ширина деформированной полосы почвы в поперечном сечении пласта при $a > h_k$ зависит не от значений a , а от h_k (рис. 6.2):

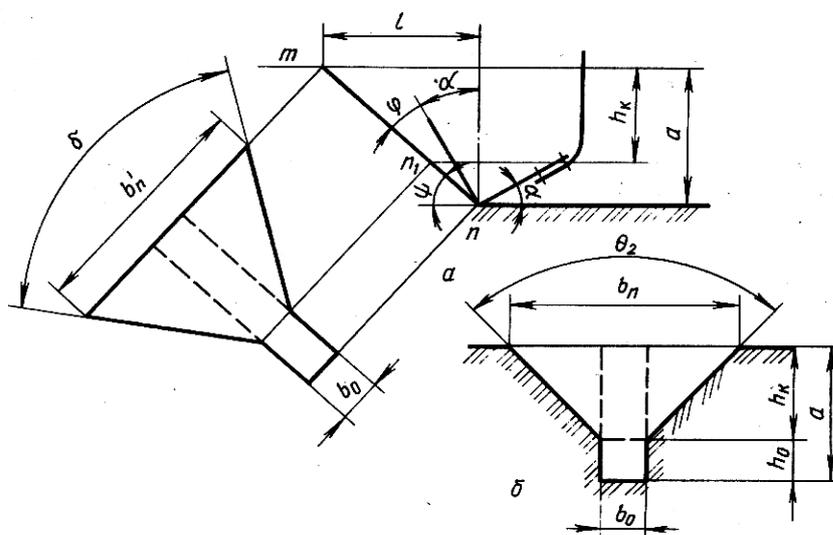


Рисунок 6.2 - Схема распространения деформации почвы при работе рыхлительной лапы в продольном (а) и поперечном (б) направлениях

$$b_n = b_0 + 2h_k \operatorname{tg}(\Theta_2/2). \quad (6.3)$$

Зона распространения деформации почвы в продольном направлении зависит от величины a , а также от углов α и φ и определяется по формуле (6.4). Ширина полосы деформируемой почвы на ее поверхности на расстоянии l от ее носка равна $b'_n - b_0 + 2mn_1 \operatorname{tg}(\delta/2)$, но так как $mn_1 = h_k/\cos(\alpha + \varphi)$, то

$$b'_n = b_0 + 2h_k \operatorname{tg}(\delta/2) / \cos(\alpha + \varphi), \quad (6.4)$$

где $\delta \approx \Theta_2$ - угол, характеризующий область деформации почвы в плоскости скалывания.

Из выражения (6.4) следует, что с увеличением углов α и φ ширина полосы деформированной почвы возрастает. Она возрастает также с увеличением значений h_k и $\delta \approx \Theta_2 \approx 2\varphi_2$. Глубина h_k , в свою очередь, зависит от перечисленных параметров, но в большей мере - от значения b_0 . При глубокой обработке почвы ($a > 38$ см) и $b_0 \geq 50$ мм величина $h_k = h_k \max = \text{const}$, т. е. достигает максимума и остается постоянной при увеличении значения b_0 . При $b_0 < 50$ мм с уменьшением b_0 глубина h_k резко снижается. Следовательно, чтобы увеличить значение h_k , а вместе с ним и ширину b'_n полосы деформируемой почвы при глубокой ее обработке, ширина захвата лапы должна быть не менее 50 мм ($b_0 \geq 50$ мм). Таким образом, рыхлить почву чизельным плугом целесообразно при $a \approx h_k$.

3 Определение зоны рыхления зубом бороны

Зона деформации почвы не ограничивается зоной контакта с почвой рабочих органов, а распространяется вперед и в стороны на определенные расстояния. Глубина обработки зубьями борон и лапами культиваторов относительно невелика и не достигает критической, поэтому рыхление почвы путем скалывания начинается практически со дна борозды и распространяется под углом $\Theta_2/2$ к вертикали (рис. 6.3). В нижней части обрабатываемого слоя зубья борон и рыхлительные лапы образуют необработанные гребни высотой A :

для зубьев борон

$$h = 0,5S \operatorname{ctg} (\Theta_2/2); \quad (6.5)$$

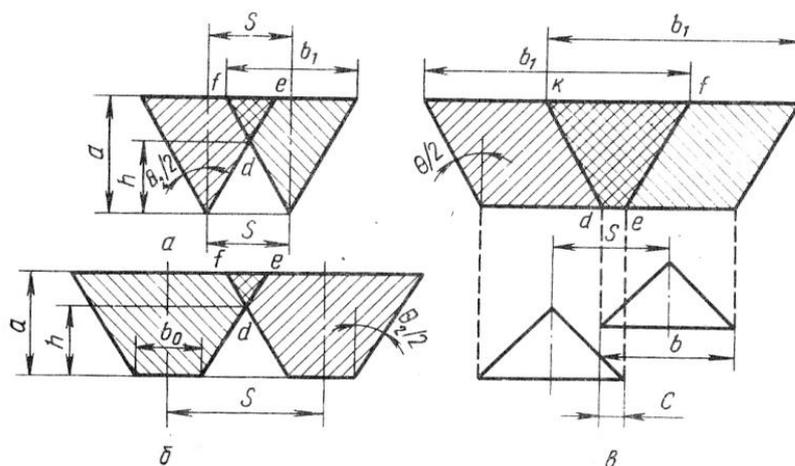
для рыхлительных лап

$$h = 0,5 (S - b_0) \operatorname{ctg} (\Theta_2/2). \quad (6.6)$$

4 Взаимодействие стрелчатой лапы с сорняками

Стрелчатые лапы культиваторов, устанавливаемые с перекрытием S , гребней не образуют (рис. 6.3, в). Однако в верхней части обрабатываемого слоя создается зона $defk$, которая обрабатывается дважды. У зубьев борон и рыхлительных лап такая зона или отсутствует, или образуется, но значительно меньших размеров, например def (см. рис. 6.3, а, б).

Воздействие полольной лапы на корни сорняков. Такие лапы должны перерезать корни растений, встречающиеся с лезвием в почве. Однако часть растений, тем большая, чем тупее лезвие, может быть не перерезана, а вырвана с корнем и обволакивать лезвие. Чтобы исключить забивание, вырванные растения должны скользить вдоль лапы и сходиться с нее, т. е. лапа должна самоочищаться. Условие скольжения характеризуется неравенством $\xi > \varphi$.



а - зубьями борон; б - рыхлительными лапами культиваторов; в - то же, стрелчатыми.

Рисунок 6.3 - Схемы зон деформации почвы в поперечно-вертикальной плоскости

Но это условие справедливо лишь для однородного материала. Корни же сорняков размещены в почве, и если она не будет скользить вдоль лезвия, то не будут скользить и корни сорняков. Следовательно, условие скольжения корней должно учитывать фрикционные свойства не только самих корней, но и почвы, в которой они размещены:

$$\xi > \max(\varphi_k, \varphi_p) \quad (6.7)$$

При определении условий скольжения принимается во внимание как угол трения корней сорняков, так и угол трения почвы и учитывается лишь тот из них, который больше. У полольной лапы культиватора, а также у лемеха плуга $\xi = \pi/2 - \varphi$, поэтому условие скольжения будет иметь вид $\gamma < \pi/2 - \varphi$ или, с учетом свойств окружающей среды (почвы), $\gamma < \pi/2 - \max(\varphi_k, \varphi_p)$.

Данное ограничение имеет односторонний характер и не раскрывает оптимального соотношения между углами γ и φ . В качестве критерия оптимальности примем количество сорняков, находящихся на лезвии в каждый момент его работы или приходящихся на единицу ширины его захвата. Чем меньше сорняков на лезвии, тем меньше вероятность забивания лапы при его затуплении. Следовательно, задача сводится к отысканию оптимального угла $\gamma_{\text{опт}}$ раствора культиваторной лапы, при котором на лезвии в каждый данный момент будет находиться минимальное количество сорняков. Вероятность забивания лапы в этом случае минимальна, а надежность технологического процесса достигает максимума.

Пусть лезвие АВ односторонней плоскорежущей лапы перемещается в направлении скорости v (рис. 6.4, а). Корень сорняка, находившийся первоначально в соприкосновении с точкой А лезвия, будет двигаться в направлении действующей на него силы R и одновременно скользить вдоль лезвия, пока не сойдет с него в точке B_1 (если не будет перерезан). За это время лезвие пройдет путь l , и все сорняки, находившиеся на площади треугольника ABB_1 встретившись с лезвием, сойдут с него, а все сорняки, находившиеся на площади треугольника AA_1B_1 будут обволакивать лезвие, занимающее

положение A_1B_1 . Так как эти треугольники равны между собой, то при равномерном размещении сорняков по площади поля их количество, обволакивающее лезвие лапы $Q = Sn$, где S - площадь треугольника ABB_1 а n - число сорняков, приходящееся на единицу площади. Как видно из рисунка 4, а, $S = lb/2$; $l = h_1 + h_2$; $h_1 = b \operatorname{ctg} \gamma$; $h_2 = b \operatorname{tg} (\gamma + \varphi)$. Тогда количество сорняков, обволакивающих лезвие лапы,

$$Q = 0.5b^2n [\operatorname{tg}(\gamma + \varphi) + \operatorname{ctg} \gamma]. \quad (6.8)$$

Как видно из (рис. 6.4), функция $Q = f(\gamma)$ имеет минимум. Причем чем больше угол φ трения, тем больше минимальное количество сорняков, находящихся на лапе. Как известно, для отыскания минимума необходимо взять производную функции и приравнять ее нулю.

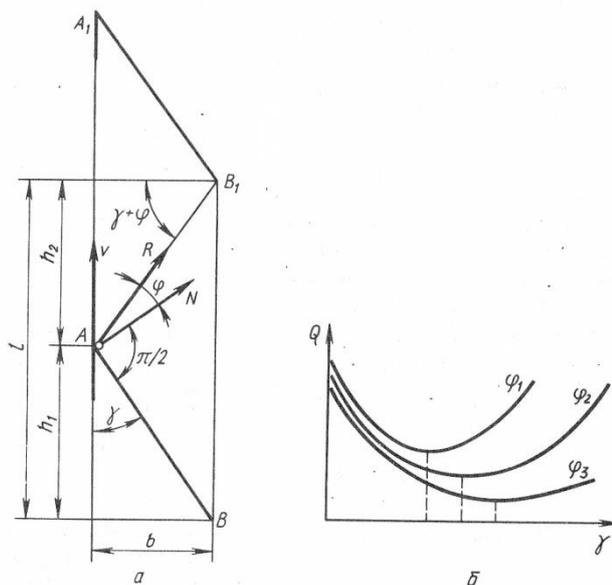


Рисунок 6.4 - Схема (а) взаимодействия лезвия с сорняком и зависимость (б) количества сорняков Q на культиваторной лапе от угла ее раствора γ при различных углах трения ($\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$)

$$dQ/d\gamma = 0,5b^2n (1/\cos^2 (\gamma + \varphi) - 1/\sin^2 \gamma) = 0 \quad (6.9)$$

Очевидно, что нулю равен последний сомножитель, следовательно,

$\cos(\gamma + \varphi) = \sin \gamma$ или $\cos(\gamma + \varphi) = \cos(\pi/2 - \gamma)$, или $\gamma + \varphi = (\pi/2 - \gamma)$, откуда

$$\gamma_{\text{опт}} = (\pi/2 - \varphi)/2. \quad (6.10)$$

С учетом угла трения почвы

$$\gamma_{\text{опт}} = [\pi/2 - \max(\varphi_{\text{к}}, \varphi_{\text{п}})]/2. \quad (6.11)$$

Лекция 7. Машины для внесения минеральных удобрений

Вопросы:

- 1 Общие сведения.
- 2 Способы и технологии внесения удобрений.
- 3 Агротехнические требования.
- 4 Машины для подготовки и погрузки удобрений.
- 5 Машины для внесения минеральных удобрений.

1 Общие сведения

В комплексе мероприятий по внедрению интенсивных технологий важное место принадлежит повышению плодородия почв за счет внесения удобрений и химических мелиорантов

Удобрения содержат основные элементы питания: N – азот; P – фосфор; K – калий и вещества, которые улучшают физические, химические и биологические свойства почвы и тем самым способствуют повышению урожайности с.-х. растений.

Минеральные удобрения выпускаются промышленностью в виде гранул (1...5 мм), кристаллов, порошков, или жидкостей.

По содержанию питательных элементов минеральные удобрения бывают:

- *простые* – содержат один питательный элемент (аммиачная селитра, суперфосфат, калийная соль и т.д.);

- *сложные* (комплексные) – состоят из двух-трех питательных элементов (азофоска, аммофоска, нитрофоска и т.д.).

Жидкие комплексные удобрения, содержащие несколько питательных элементов, называют ЖКУ.

Мелиоранты – пылевидная известковая и доломитовая мука, известковый туф применяются для снижения кислотности и улучшения физических свойств почвы.

Для внесения минеральных удобрений и мелиорантов применяют комплексы машин для подготовки, погрузки, транспортировки и внесения удобрений.

2 Способы и технологии внесения удобрений

2.1 Способы внесения удобрений

В зависимости от времени внесения различают три способа внесения:

- *предпосевной* – называют основным, сплошным или разбросным. Его применяют для внесения основной массы удобрений.

При таком способе удобрения, равномерно разбросанные по полю, во время вспашки или предпосевной культивации заделываются в почву на глубину 10...20 см. Наиболее эффективным является внутрпочвенное (локальное) внесение удобрений, при котором удобрения заделываются в почву лентами, строчками, гнездами, очагами, сплошным экраном во влагообеспеченный слой почвы. При этом снижается расход удобрений, снижается их вынос сточными водами, облегчается управление развитием растений.

Осуществляется за рубежом и испытывается в России технологии, при которой полевая машина по команде компьютера вносит различные дозы удобрений в зависимости от плодородия поля и реальной потребности почвы в питательных элементах.

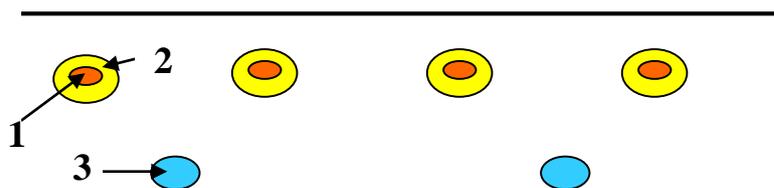
- *припосевной* – удобрения при таком способе вносятся одновременно с посевом или посадкой в общий рядок с семенами (стартовая доза), или в стороне от семян и глубже уровня семян.

Расширяется применение прогрессивного способа внесения удобрений, при котором вся масса удобрений вносится при посеве за один проход агрегата:

1- семена  – семена

2- стартовая доза удобрений  – в общий рядок с семенами;

3- полная доза удобрений  – через одно междурядье и ниже уровня
семя.



Такой способ внесения позволяет сократить дозу внесения на 25%, а урожайность при этом повышается на 5 ц/га.

- *подкормка растений* – при таком способе удобрения вносятся в период вегетации растений. Удобрения могут вноситься в почву при междурядных обработках, или равномерно разбрасываться по поверхности поля. При подкормке культур сплошного посева агрегат движется по технологической колее, оставленной при посеве. При высокой влажности почвы на обрабатываемых участках применяется с.-х. авиация.

2.2 Технологии внесения

Для внесения удобрений составляют комплексы машин, обеспечивающих механизацию всех операций технологического процесса.

В зависимости от вида удобрений, расстояния до поля и имеющихся машин применяются следующие технологии:

- *прямоточная* – удобрения со склада загружаются в разбрасыватели, которые вывозят их в поле и вносят в почву. Такая технология экономически эффективна при небольшом расстоянии перевозки удобрений, которое для разбрасывателей грузоподъемностью 4, 8 и 16 т. не должно превышать соответственно 1, 3, и 4 км.

- *перегрузочная* – удобрения со склада загружаются в транспортировщики-перегрузчики, вывозятся в поле и перегружаются в разбрасыватели или сеялки.

Такая технология эффективна при перевозке удобрений на расстояние до 10 км.

- *перевалочная* – удобрения (ЖКУ, аммиак, органические) со склада вывозят транспортными машинами в поле и выгружают в кучи или емкости. В установленные агротехнические сроки удобрения из куч загружают в разбрасыватели и вносят в почву.

- *двухфазная* – твердые органические удобрения (навоз, торф и т.д.) вывозят в поле и укладывают по полю в кучи по 5...10 т. Затем валкователем-разбрасывателем разбрасывают по полю.

При внесении удобрений разбрасыватели регулируют на заданную дозу внесения (кг/га; т/га; л/га). Настройку на заданную дозу внесения и проверку фактической проводит агроном.

3 Агротехнические требования

Твердые минеральные удобрения обладают гигроскопичностью, т.е. способностью впитывать влагу из воздуха. При хранении они слеживаются, и спекаются в комья. Слежавшиеся удобрения перед внесением необходимо измельчить, и просеять. Размер частиц после просеивания должен быть не более 5 мм. Содержание частиц размером < 1 мм допускается не более 6 %.

Удобрения затаренные в мешки необходимо растарить. Содержание лоскутов мешкотары в удобрениях после измельчения и растаривания не должно превышать:

- 3 % - бумажные;
- 0,7...0,8 % - полиэтиленовые.

При смешивании удобрений влажность компонентов не должна отличаться от стандартной более чем на 25 %.

Отклонение от заданного соотношения питательных элементов тукосмеси $\pm 10\%$.

Отклонение фактической дозы внесения удобрений от заданной при внесении машинами разбросного типа - $\pm 5\%$, при внесении комбинированными сеялками $\pm 10\%$.

Неравномерность распределения удобрений по ширине захвата при внесении оптимальных доз – $\pm 15\%$, при внесении умеренных доз - $\pm 25\%$.

Не обработанные полосы, пропуски и перекрытие смежных проходов – не допускаются.

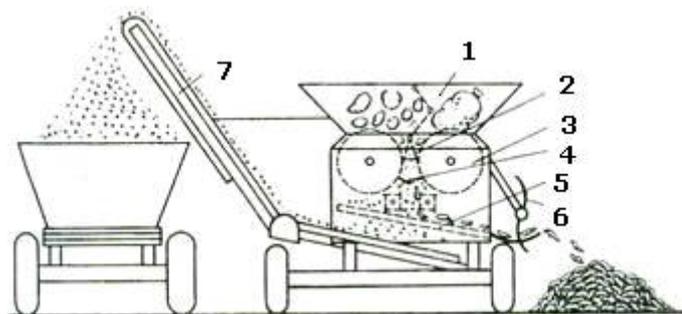
Время между внесением удобрений и заделкой – не более 12 часов.

При внесении органических удобрений:

- отклонение фактической дозы внесения удобрений от заданной - $\pm 5\%$.
- неравномерность распределения по ширине - $\pm 25\%$, по направлению движения $\pm 10\%$.

4 Машины для подготовки и погрузки удобрений

Агрегат измельчитель-растариватель АИР-20 – предназначен для растаривания, измельчения и просеивания твердых минеральных удобрений.



1 – бункер; 2 – питатель; 3 – барабаны; 4 – противорежущая пластина; 5 – сепарирующее устройство; 6 – мотовило; 7 – отгрузочный транспортер.

Рисунок 7.1 – Схема агрегата измельчителя-растаривателя АИР-20

Объем бункера – 1 м³;

Производительность при растаривании:

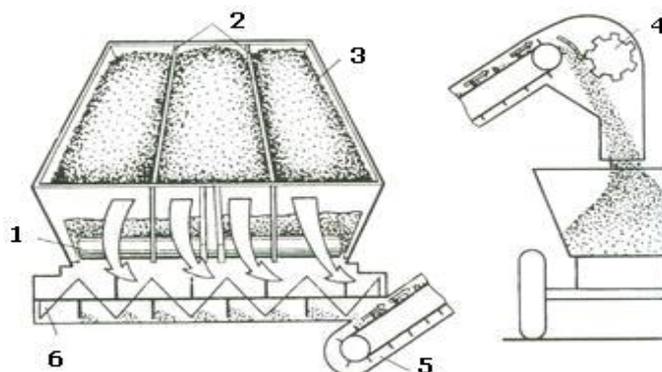
- не слежавшихся удобрений – 30 т/ч
- слежавшихся – 20 т/ч.

При измельчении слежавшихся удобрений производительность 20...30 т/ч.

Загрузчик-смеситель УЗСА-40 (на базе автомобиля) СЗУ-20 (тракторный прицеп) – предназначен для смешивания 2-х...3-х видов простых минеральных удобрений. Ими также можно перевозить, и загружать семена в сеялки.

Заданное соотношение смешиваемых компонентов регулируют перестановкой перегородок 2 и перемещением дозирующих заслонок.

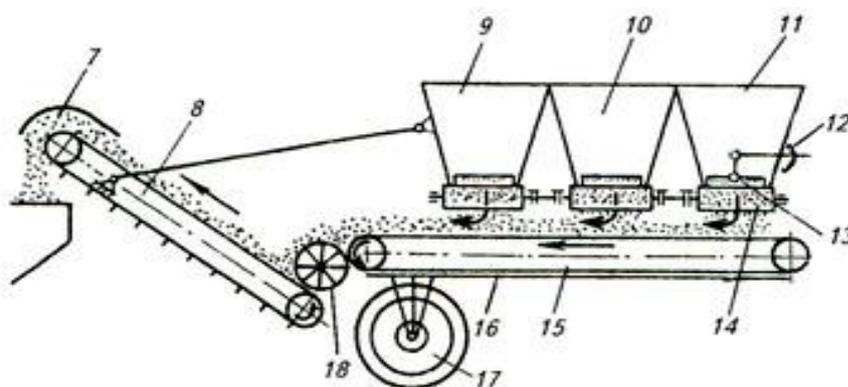
Производительность – 20 т/ч.



1 – транспортер; 2 – перегородки; 3 – кузов; 4 – битер; 5 – элеватор; 6 – шнек-смеситель.

Рисунок 7.2 – Схема загрузчика-смесителя УЗСА-40

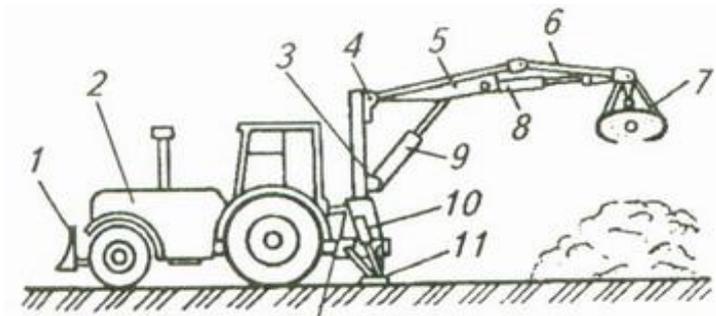
Смесительная установка УТМ – 30 (УТС - 30) снабжена тремя бункерами постоянного объема.



7 – верхняя головка элеватора; 8 - элеватор; 9; 10; 11 – бункера; 12 – рукоятка; 13 – заслонка; 14; 15 – транспортеры; 16 – рама.

Рисунок 7.3 - Схема смесительной установки УТМ – 30

Погрузчик-экскаватор ПЭ – 0,8Б укомплектован грейфером для погрузки сыпучих материалов, когтями для погрузки объемной массы (навоз, силос, сенаж, солома и т.д.), бульдозерным отвалом (лопатой) для перемещения массы, крюком для погрузки штучных грузов.



1 – лопата; 2 – трактор; 3 – поворотная труба; 4 – кронштейн; 5 – стрела; 6 – надставка; 7 – сменный рабочий орган; 8; 9 – гидроцилиндры; 10 – колонка; 11 – домкрат; 12 – рама

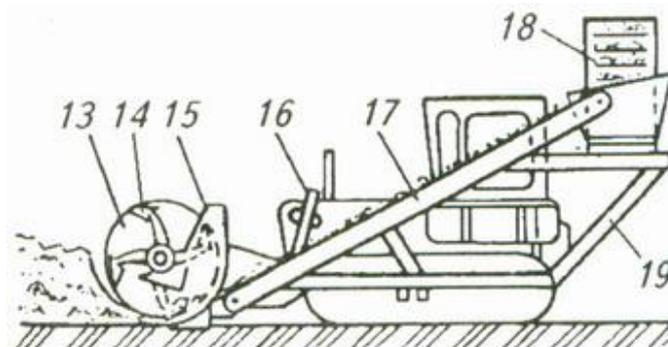
Рисунок 7.4 – Схема погрузчика-экскаватора ПЭ – 0,8Б

Грузоподъемность – 800 кг.

Высота подъема: - грейфером – 3,6 м.

- крюком – 5 м.

Погрузчик непрерывного действия ПНД – 250 применяется для рыхления и погрузки из буртов органических и органо-минеральных смесей, торфа, компостов в машины для внесения и транспортировки удобрений.



13 – шнековая часть фрезы; 14 – зубчатая часть фрезы; 15 – корпус; 16 – гидроцилиндр; 17; 18 – транспортеры; 19 – домкрат.

Рисунок 7.5 – Схема погрузчика непрерывного действия ПНД – 250

Фронтально-перекидной погрузчик ПФП – 1,2 снабжен ковшом, подвешенным на П-образной раме, монтируется на базе гусеничного трактора ДТ-75В.

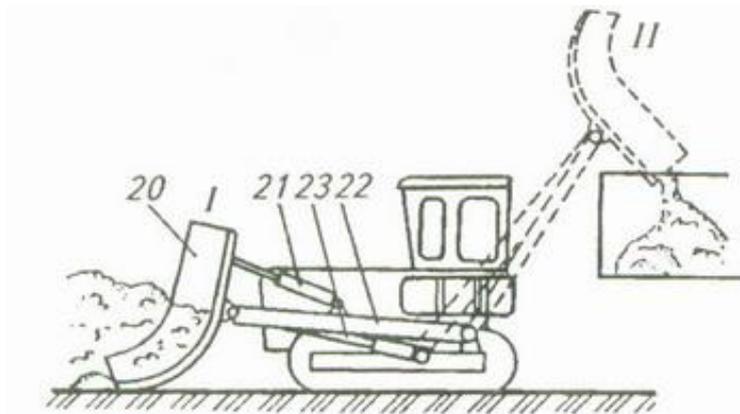


Рисунок 7.6 – Схема фронтально-перекидного погрузчика ПФП – 1,2.

Грузоподъемность – 1500 кг. Производительность – 125 т/ч.

Автомобиль-перегрузчик САЗ-3508 – предназначен для транспортировки сыпучих материалов и выгрузки их в полевые разбрасыватели.

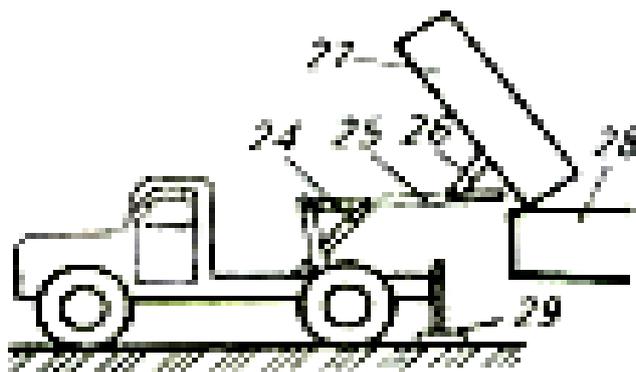


Рисунок 7.7 – Схема автомобиля-перегрузчика САЗ-3508.

Монтируется на базе автомобиля ГАЗ-53-12.

Грузоподъемность – 3,8 т.

Высота перегрузки 2,1 м.

Объем основного кузова – 4,75 м³, с надставными бортами – 9,25 м³

5 Машины для внесения минеральных удобрений

- *Машины для внесения твердых минеральных удобрений.*

Для внесения удобрений на поверхность поля применяют навесные, прицепные и самоходные машины, снабженные центробежными, пневматическими или шнековыми распределительными системами.

Навесная машина МВУ – 0,5М – предназначена для рассева на поверхность поля минеральных удобрений и семян сидератов.

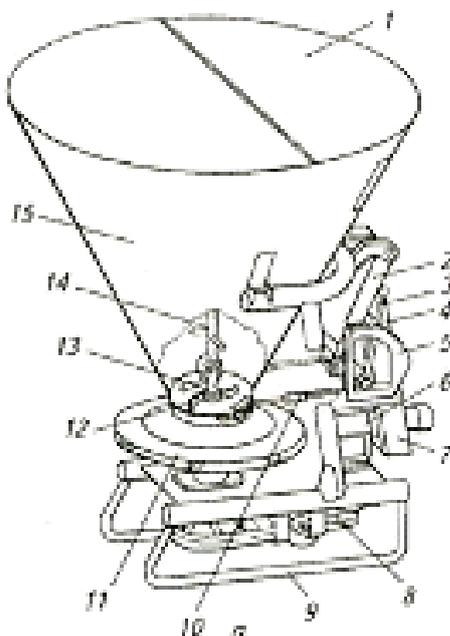
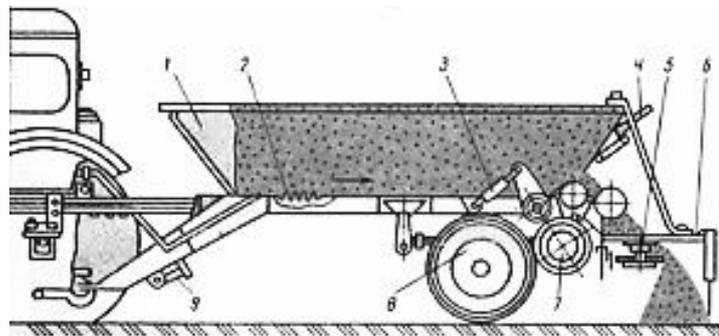


Рисунок 7.7 а – Схема навесной машины МВУ – 0,5М

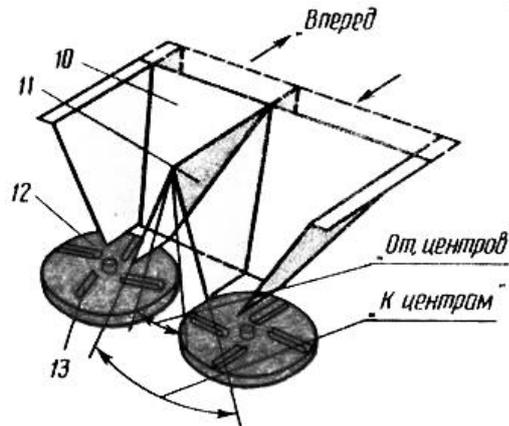
Сидераты – это растения (горчица, люпин и т.д.), используемые в качестве зеленого удобрения. Вегетативную массу этих растений скашивают с измельчением и заделывают в почву почвообрабатывающими орудиями.

Дозу внесения регулируют изменяя размер высеваемых окон (перемещая заслонки) и скоростью движения агрегата.

Прицепной разбрасыватель 1-РМГ-4 предназначен для транспортировки и разбрасывания твердых минеральных удобрений.



а)



б)

1 – кузов; 2 – транспортер; 3 – гидроцилиндр; 4 – дозирующая заслонка; 5 и 12 - разбрасывающие диски; 6 – ветрозащитное устройство; 7 – пневматический ролик; 8 – ходовое колесо; 9 – опора прицепа; 10 – тукоделитель; 11 – шарнирная внутренняя стенка; 13 – лопатка.

Рисунок 7.8 – Схема разбрасывателя 1-РМГ-4: а) вид сбоку; б) схема рабочего органа.

Дозу внесения регулируют изменением скорости движения транспортера и положением дозирующей заслонки по высоте.

Равномерность распределения удобрений по ширине регулируют перемещением тукоделителя вдоль кузова и поворотом шарнирной внутренней стенки 11.

Машины РУМ-5; 8; 16; МВУ-6 по устройству и рабочему процессу аналогичны машине 1-РМГ-4.

Машина РУМ-5-03 снабжена штангово-пневматическим распределительным устройством.

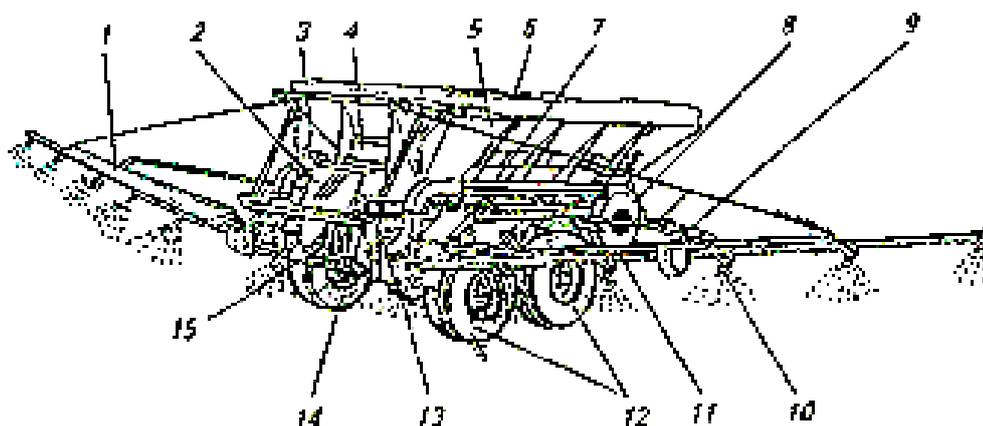


Рисунок 7.9 – Схема машины РУМ-5-03.

Перемещение удобрений по штанге происходит за счет потока воздуха создаваемого вентилятором 8. Дозу внесения регулируют заслонкой 4.

Машина СТТ-10 - распределяет удобрения по поверхности при помощи двух роторов 28 и 29 вращающихся вокруг горизонтальной оси. Роторы снабжены внутренними и наружными лопатками.

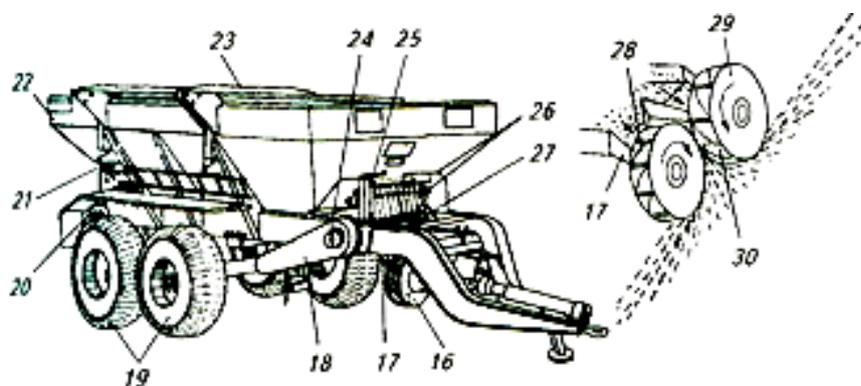


Рисунок 7.10 – Схема машины СТТ-10.

Дозу внесения регулируют заслонкой 25.

Чтобы проверить фактическую дозу внесения удобрений « Q_{ϕ} », в машину засыпают взвешенную порцию удобрений « M » (навеску) и разбрасывают по полю. После внесения замеряют фактическую площадь, покрытую удобрениями « S », и вычисляют по формуле:

$$Q_{\phi} = 10^4 M/S \quad (7.1)$$

Проверку можно выполнить, сравнивая фактическую длину гона L_{ϕ} с расчетной длиной $L_{\text{расч.}}$:

$$L_{\text{расч.}} = 10^4 M / (B_p * Q_3) \quad (7.2)$$

где: B_p – рабочая ширина захвата, м; Q_3 – заданная доза внесения удобрений, кг;

M – масса навески, кг;

S – площадь покрытая удобрениями, м^2 .

- *Машины для внесения пылевидных удобрений.*

К пылевидным удобрениям относятся известь, гипс, доломитная мука. Их вносят в почву с целью устранения кислотности, улучшения ее структуры, микробиологической активности, водного режима, что создает благоприятные условия для повышения урожайности с.-х культур. Их рассеивают специальными машинами.

Машина РУП –14 – предназначена для транспортировки, перегрузки и рассева по полю пылевидных удобрений и мелиорантов.

Запорно - распыливающее устройство – штанговое, смонтированное на задней стенке цистерны.

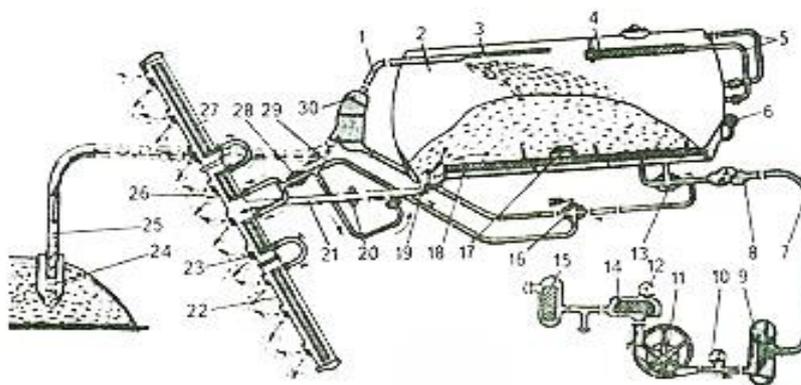


Рисунок 7.11 – Схема машины РУП –14

Дозу внесения регулируют поворотом и сменой дозирующих шайб 23 и изменением скорости движения агрегата.

Грузоподъемность – 13...14 т;

Производительность – до 52 т/ч;

Ширина захвата штанги – 11 м.

Агрегатируется с трактором класса 5.

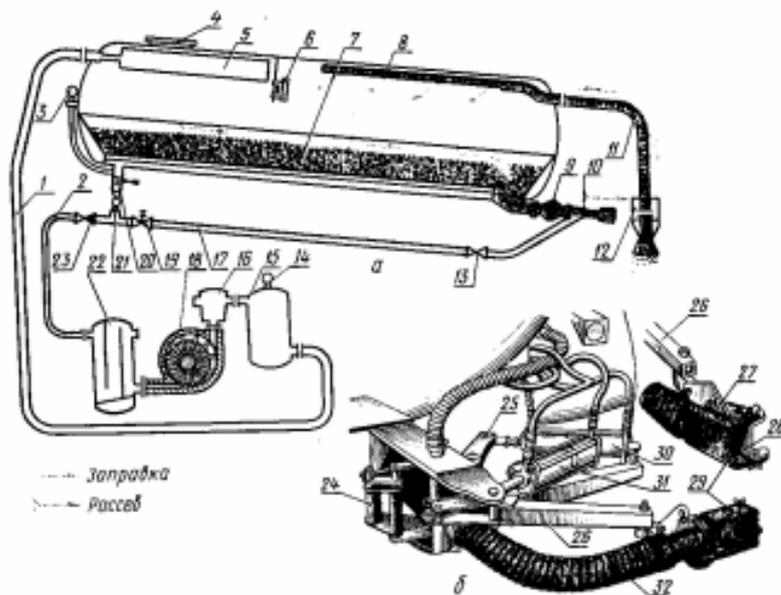
Машины АРУП – 8 и РУП – 8 отличаются от РУП – 14 типом запорно-распыливающего устройства, которое монтируется на задней стенке цистерны. Оно представляет собой рукав с щелевидным наконечником.

Основное назначение *АРУП-8* – перевозка удобрений и перегрузка их в тракторный агрегат РУП- 8А.

В случае хорошей проходимости по полю АРУП-8 целесообразно использовать и для посева известковой муки, гипса, доломитной муки по бесперегрузочной технологии склад – поле.

Разбрасыватель представляет собой одноосный прицеп (цистерну) (рис. 7.11 а), агрегируемый с тягачом ЗИЛ-130-В1. Цистерна, снабженная распыливающим устройством 10, опирается на ось ходовых колес и на седло прицепного устройства тягача. Для самозагрузки цистерны пылевидным удобрением в ней создают вакуум, а для выгрузки – избыточное давление. Для этого служит компрессорная установка, состоящая из ротационного компрессора 18 фильтра очистки воздуха 15, инерционного масляного фильтра 16 и влагомаслоотделителя 22. В герметичном корпусе фильтра 15 для сбора пыли закреплены рукава из фильтрующей ткани. Компрессор приводится в действие от коробки передач. Для очистки воздуха от влаги и масла служит инерционный масляный фильтр 16. В его корпусе смонтированы трубы с винтообразными втулками, завихряющими воздух. Выделенные влагу и масло периодически удаляют. Загрузочный люк 4 цистерны герметично закрыт крышкой. Для быстрого выпуска воздуха возле люка установлен аварийный кран. В цистерне расположены аэроднище 7, сигнализатор заполнения 6, фильтр очистки воздуха 5, загрузочная труба 8. Аэроднище представляет собой пористую перегородку, через которую в цистерну подается сжатый воздух.

Воздушный поток аэрирует материал, текучесть его становится подобной жидкости. Удобрение стекает по наклонному лотку аэроднища в распыливающее устройство 10. Пылевидный материал поступает в цистерну по загрузочной трубе 8. После заполнения цистерны слой удобрения воздействует на мембрану сигнализатора 6, электрическая цепь замыкается и включается звуковой сигнал автомобиля. Сигнализатор переставляют по высоте в зависимости от плотности загружаемого материала. Разгрузочная пневматическая система оборудована перепускным 19 и предохранительным 20 клапанами, моновакуумметром 3, обратными клапанами 13 и 23. Перепускной клапан отрегулирован на давление 0,08 МПа, с которым воздух подается к распыливающему устройству для аэрации рассеиваемой массы. Предохранительный клапан отрегулирован на давление 0,15 МПа. Наконечник 29 распыливающего устройства соединен рукавом с запорным механизмом. Поток удобрений следует направлять по ветру, для этого рукав 32 поворачивают пневмоцилиндром 31 и рычагом 26. Выпускную щель регулируют дозирующей заслонкой 28. Машина комплектуется наконечниками с высотой выпускной щели 110 и 55 мм. Направление пылевого потока к поверхности поля изменяют поворотом косынки 27. Чтобы перекрыть подачу удобрения в наконечник 29, поворачивают пневмоцилиндром 30 и рычажным механизмом 25 сходящиеся ролики 24, которые сжимают гибкий рукав 32. Удобрения в цистерну загружают через люк 4 самотеком, по трубе 5, пневмотранспортером или системой самозагрузки. Для самозагрузки нужно перекрыть краны пневмосистемы, отключить рукав 2 влагомаслоотделителя, присоединить рукав с заборным соплом 12 к патрубку трубы в, соединить фильтр 15 с фильтром 5, включить сигнализатор уровня 6. Отсасываемый компрессором запыленный воздух очищается в фильтрах, проходит через влагомаслоотделитель и уходит наружу.



а – технологическая схема; б – запорно-распыливающее устройство; 1, 2, 11 и 32 – рукава; 3 – мановакуумметр; 4 – люк; 5, 15, 16 – фильтры; 6 – сигнализатор; 7 – аэроднище; 8 – загрузочная труба; 9 – запорное устройство; 10 – распыливающее устройство; 12 – заборное сопло; 13, 19, 20 и 23 – клапаны; 14 – вакуумметр; 17 – воздухопровод; 18 – компрессор; 21 – кран; 22 – влагомаслоотделитель; 24 – ролик; 25 – рычажный механизм; 26 – рычаг; 27 – косынка; 28 – дозирующая заслонка; 29 – наконечник; 30 и 31 – пневмоцилиндры; 32 – гибкий рукав

Рисунок 7.11 а - Разбрасыватель пылевидных удобрений АРУП-8

Как только в цистерне создается разрежение 0,03...0,04 МПа, заборное сопло погружают в пылевидный материал и последний засасывается в цистерну. Подачу воздуха регулируют краном сопла. По звуковому сигналу сопло вынимают из материала. Для рассева пылевидного удобрения снимают заборное устройство и перекрывают загрузочную трубу, соединяют влагомаслоотделитель с воздухораспределительным коллектором, открывают краны подачи воздуха к аэроднищу и распылителю. Воздух засасывается из атмосферы через инерционный масляный фильтр и поступает во влагомаслоотделитель, под аэроднище и через запорное устройство 9 в распыливающий наконечник. Воздух, поступающий по воздухопроводу 17,

устраняет забивание. Давление в цистерне во время разгрузки должно быть не менее 0,1 МПа. Количество высева пылевидного удобрения регулируют сменой распылителя, изменением величины дозирующего отверстия перестановкой заслонки 28 и изменением рабочей скорости агрегата. Грузоподъемность машины 8 т, ширина рассева 12...14 м, рабочая скорость 9...12 км/ч, рабочее давление в цистерне 0,1 МПа, разрежение до 0,07 МПа. Агрегат обслуживает водитель

- *Машины для внесения жидких минеральных удобрений.*

Из жидких минеральных удобрений в с.-х используют аммиачную воду (водный аммиак), жидкий (безводный) аммиак, углеаммикаты и жидкие комплексные удобрения (ЖКУ).

Для их внесения применяются специальные машины.

Подкормщик-опрыскиватель ПОМ – 630 предназначен для внесения в почву водного аммиака и ЖКУ, а также сплошного или полосового опрыскивания почвы и посевов растворами гербицидов и фунгицидов.

Доза внесения рабочих жидкостей зависит от:

- рабочего давления в нагнетательной магистрали;
- количества распылительных наконечников;
- размера отверстий распылительных наконечников;
- ширины захвата штанги;
- скорости движения агрегата.

Агрегат АБА – 0,5М предназначен для внесения в почву безводного аммиака одновременно с предпосевной культивацией или междурядной обработкой пропашных культур.

Дозу внесения регулируют изменением хода поршня, переставляя головку шатуна по пазу кулисы 14. Доза также зависит от давления паров аммиака в резервуаре и рабочей ширины захвата навешенного культиватора.

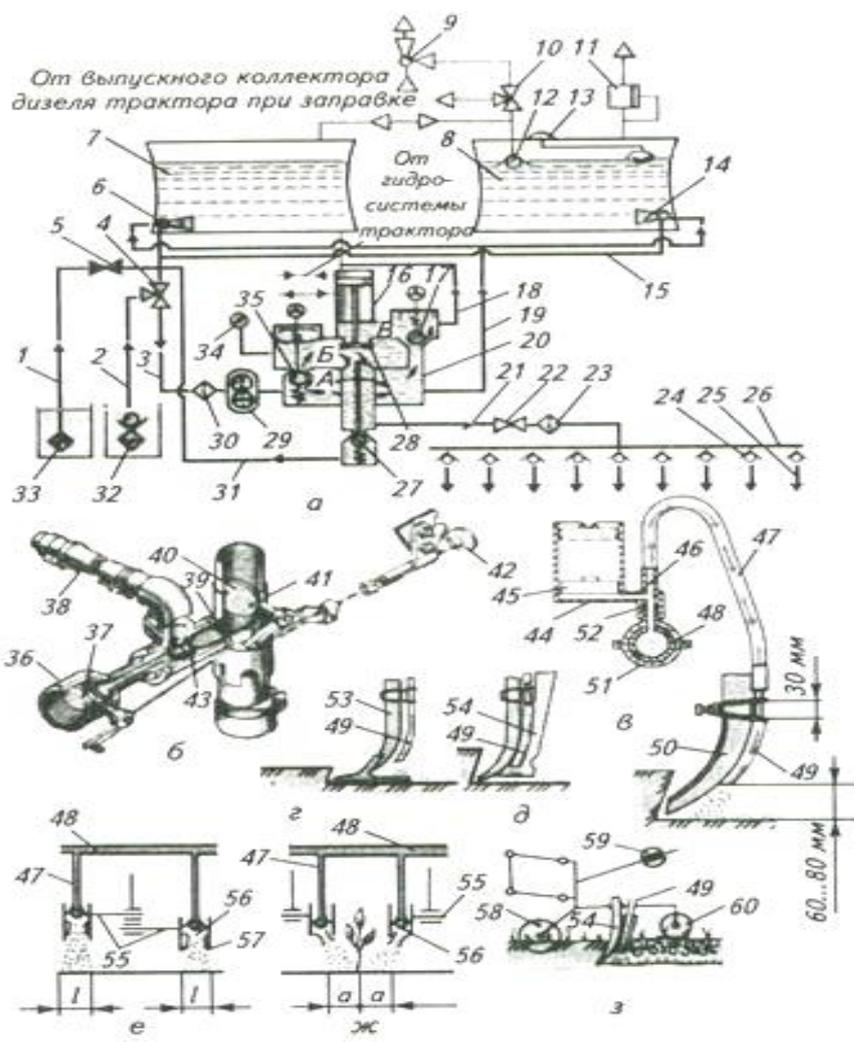


Рисунок 7.12 – Схема подкормщика-опрыскивателя ПОМ – 630.

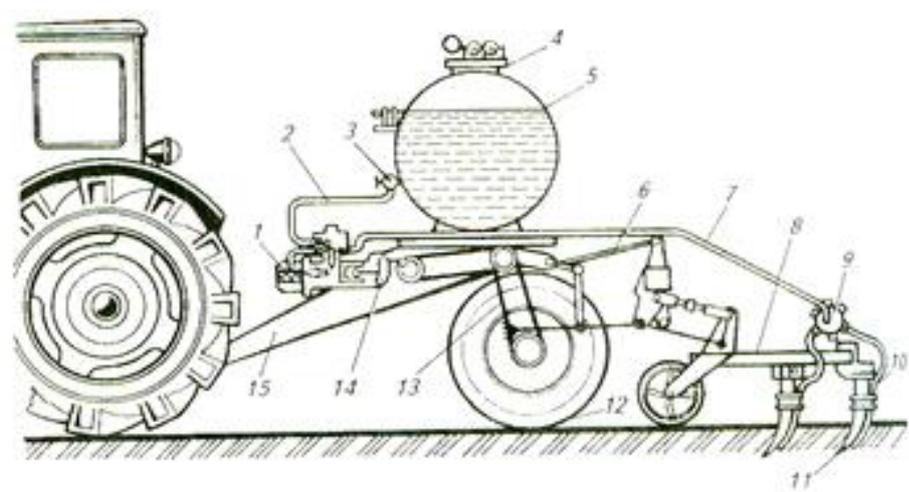
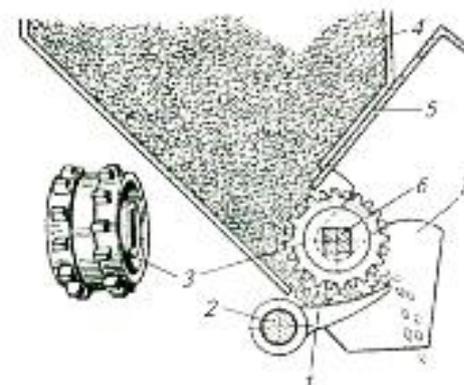


Рисунок 7.13 – Схема агрегата АБА – 0,5М.

- Туковысевающие аппараты..

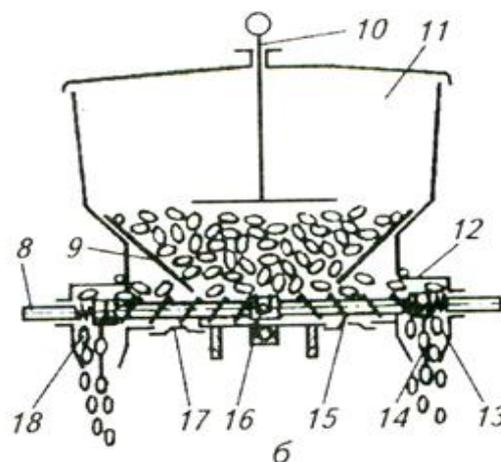
Туковысевающие аппараты предназначены для припосевного и послепосевного внесения твердых минеральных удобрений. Их монтируют на комбинированных сеялках, сажалках, культиваторах-растениепитателях.

Катушечно-штифтовый туковысевающий аппарат применяют на рядовых сеялках для высева гранул удобрений.



1 – доньшко (клапан); 2 – ось клапанов; 3 – катушка; 4 – бункер; 5 – задвижка; 6 – вал катушек; 7 – корпус.

Рисунок 7.14 – Схема катушечно-штифтового туковысевающего аппарата.



8 – вал; 9 – козырек; 10 – указатель уровня туков; 11 – бункер; 12 – отверстие; 13; 18 – воронка; 14 – тукоприёмник; 15 – спиральная пружина; 16 – высевающее окно; 17 – доньшко.

Рисунок 7.15 – Схема туковысевающего аппарата АТП – 2.

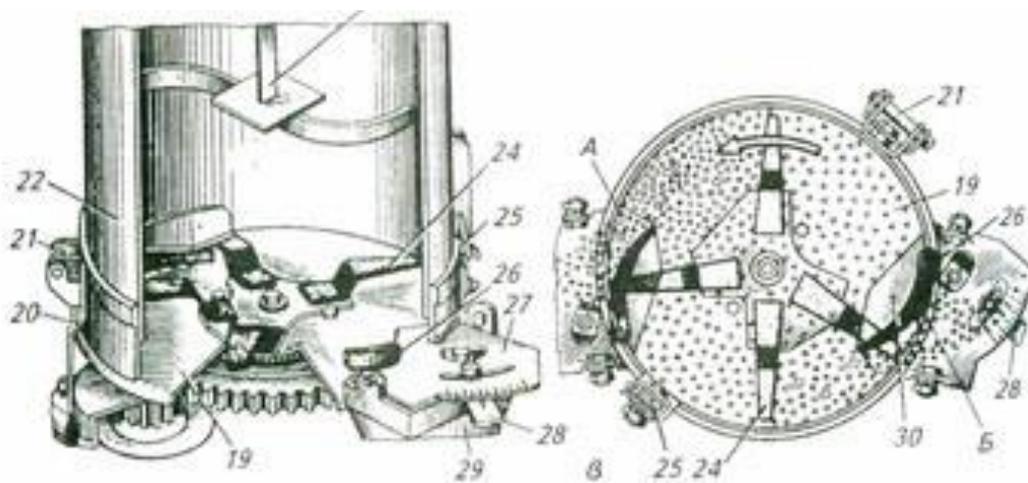
Норму высева регулируют, изменяя частоту вращения катушки, переставляя звездочки в механизме привода, и сечение питающего окна с помощью задвижки 5.

Зазор между доньшком 1 и штифтами катушки 3 должен быть в пределах 8...10 мм. Его регулируют поворотом оси 2.

Туковысевающий аппарат АТП – 2.

Норму высева регулируют, изменяя частоту вращения пружин, перестановкой звездочек в механизме привода.

Дисково-скребковый аппарат АТД – 2.



19 – диск; 20 – корпус; 21 – шарнир; 22 – бункер; 23 – указатель уровня туков; 24 – палец; 25 – замок; 26 – скребок – заслонка; 27 – шкала; 28 – рычаг; 29 – воронка; 30 - козырек; А; Б – высевные окна.

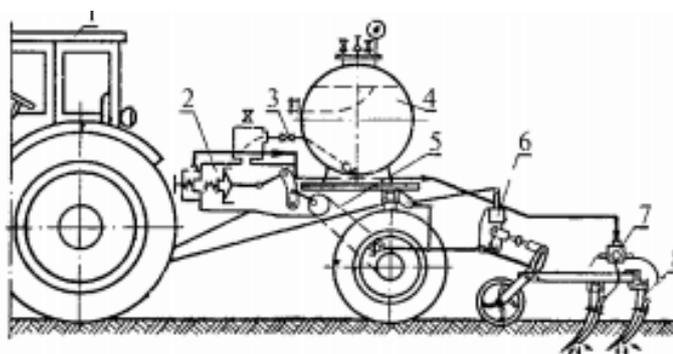
Рисунок 7.16 – Схема дисково-скребкового аппарата АТД – 2

Норму высева регулируют поворотом скребка-заслонки 26 и изменением частоты вращения диска 19.

Агрегаты для внесения жидкого аммиака аба-0,5; АБА-0,5М.

Агрегаты предназначены для внесения жидкого (безводного) аммиака в почву при сплошной или междурядной культивации. Машина состоит из рамы с ходовыми колесами, металлической емкости и насоса-дозатора с распределительной коммуникацией. В задней части машины на раму навешивают культиватор КРН-4,2 (рис. 1). Рама машины – сварная, выполненная из двух продольных лонжеронов, квадратного бруса и траверсы.

К раме крепят кронштейны для установки вала привода насоса-дозатора и навесной системы. В передней части рама имеет дышло со складывающейся опорной стойкой. Цистерна агрегатов АБА – цилиндрическая, с эллиптическими днищами. На раме цистерну крепят болтами на специальных кронштейнах, позволяющих смещать ее в зависимости от условий работы, тем самым догружают или разгружают заднюю ось трактора. На крышке люка емкости расположены: жидкостный заправочный вентиль со скоростным клапаном, предохранительный клапан, манометр с вентилем и газовый вентиль. Насос-дозатор ПР-1/16 предназначен для регулирования дозы внесения жидкого аммиака в почву. Насос-дозатор состоит из корпуса, в котором находятся механизм привода дозатора и регулировочное устройство.



1 – трактор; 2 – насос-дозатор; 3 – расходный вентиль; 4 – цистерна; 5 – привод насоса-дозатора; 6 – культиватор; 7 – распределитель; 8 – рабочий орган.

Рисунок 7.17 -Технологическая схема агрегата АБА-0,5

Заданную дозу (2,5...10 кг/га) внесения аммиака устанавливают в соответствии с таблицей. Для этого нужно снять боковую крышку насоса дозатора, отпустить болт шатуна и передвинуть стрелку кулисы на нужное деление. Ходовая часть машины состоит из двух колес, соединенных с рамой составными кронштейнами. При повороте нижней части кронштейна относительно верхней на 180° у машины изменяется ширина колеи, шаг составляет 100 мм. Ступица правого колеса имеет ведущую звездочку цепочного привода насоса-дозатора.

В агрегате АБА-0,5М применен в качестве дозатора насос ПР-1/16М1 со встроенным теплообменником и более совершенный поплавковый уровнемер с магнитно-механической передачей показаний на циферблате вместо сифонного в агрегате АБА-0,5; распределительная арматура расположена на боковой стороне цистерны.

Процесс внесения аммиака в почву осуществляется следующим образом. Перед началом работы проверяют герметичность соединений трубопроводов и наличие масла в картере насоса-дозатора, ходом поршня насоса-дозатора устанавливают норму внесения аммиака; регулируют ширину колеи машины и глубину хода рабочих органов культиватора. После проведения указанных работ агрегат заправляют аммиаком от заправщика до указателя уровня, находящегося на делении П, до появления из отверстия указателя белого тумана, и транспортируют к месту внесения. По прибытии на поле тракторист с помощью гидросистемы опускает культиватор в рабочее положение и через гидроцилиндр одинарного действия включает кулачковую муфту насоса-дозатора.

При движении агрегата от ступицы правого колеса через звездочку и цепную передачу передается вращение на звездочку приводного вала и далее кулачковой муфте насоса-дозатора. Рабочим положением гидроцилиндра одинарного действия является нейтральное положение рычага гидрораспределителя, при этом муфта под действием пружины находится в замкнутом состоянии.

После включения насоса, поршень которого совершает возвратно-поступательное движение, аммиак из цистерны через расходный вентиль поступает в теплообменник и далее в насос-дозатор. Насос-дозатор через клапан подает аммиак в распределитель и из последнего в трубки рабочих органов. Перед концом загона за 10...12 м насос-дозатор выключают с тем, чтобы аммиак из распределителя и шлангов поступил в почву. Во время переезда агрегата шток гидроцилиндра стопорят в разомкнутом положении муфты.

Лекция 8. Машины для внесения органических удобрений

Вопросы:

- 1 Виды органических удобрений.
- 2 Способы внесения органических удобрений.
- 3 Агротехнические требования.
- 4 Машины для погрузки органических удобрений.
- 5 Машины для внесения органических удобрений.

1 Виды органических удобрений

Органические удобрения содержат вещества животного или растительного происхождения. К ним относятся:

- *навоз* – твердый перепревший, жидкий и полужидкий;
- *навозная жижа*;
- *торф*;
- *компосты*;
- *растительная масса*;
- *копролит*;
- *сапрпель*;

Навоз собирают на животноводческих фермах в навозохранилищах с применением способов обеззараживания, сохранения питательных элементов и получения массы пригодной для механизированного внесения.

Из навоза, торфа и минеральных удобрений приготавливают компосты.

2 Способы и технологии внесения удобрений

В зависимости от времени внесения различают два способа внесения:

- *предпосевной* – называют основным, сплошным или разбросным. Его применяют для внесения твёрдых и основной массы жидких органических удобрений.

При таком способе удобрения, равномерно разбросанные по полю, во время вспашки заделываются в почву на глубину 10...20 см. Происходит испытание технология, при которой полевая машина по команде компьютера вносит различные дозы удобрений в зависимости от плодородия поля и реальной потребности почвы в питательных элементах.

- *подкормка растений* – при таком способе жидкие органические удобрения вносятся в период вегетации растений. В данном случае удобрения могут вноситься в почву при междурядных обработках, или равномерно разбрасываться по поверхности поля.

Для внесения удобрений составляют комплексы машин, обеспечивающих механизацию всех операций технологического процесса.

В зависимости от вида удобрений, расстояния до поля и имеющихся машин применяются следующие технологии:

- *прямоточная* – удобрения с места складирования у животноводческих комплексов загружаются в разбрасыватели, которые вывозят их в поле и вносят в почву. Такая технология экономически эффективна при небольшом расстоянии перевозки удобрений, которое для разбрасывателей грузоподъемностью 4, 8 и 16 т. не должно превышать соответственно 1, 3, и 4 км.

- *перевалочная* – удобрения с места складирования у животноводческих комплексов вывозят транспортными машинами в поле и выгружают в кучи. В установленные агротехнические сроки удобрения из куч загружают в разбрасыватели и вносят в почву.

- *двухфазная* – твердые органические удобрения (навоз, торф и т.д.) вывозят в поле и укладывают по полю в кучи по 5...10 т. Затем валкователем-разбрасывателем разбрасывают по полю.

При внесении удобрений разбрасыватели регулируют на заданную дозу внесения (кг/га; т/га; л/га). Настройку на заданную дозу внесения и проверку фактической проводит агроном.

3 Агротехнические требования

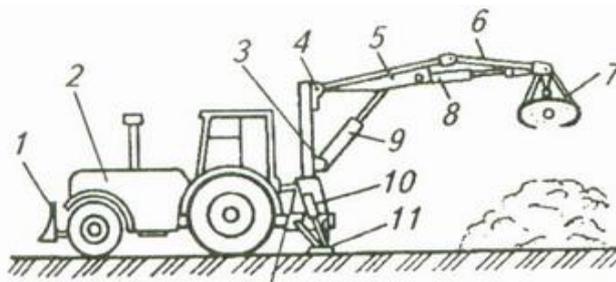
Неравномерность распределения удобрений по ширине захвата при внесении оптимальных доз – $\pm 15\%$, при внесении умеренных доз - $\pm 25\%$.

При внесении органических удобрений:

- отклонение фактической дозы внесения удобрений от заданной - $\pm 5\%$.
- неравномерность распределения по ширине - $\pm 25\%$, по направлению движения $\pm 10\%$. Не обработанные полосы, пропуски и перекрытие смежных проходов – не допускаются. Время между внесением удобрений и заделкой – не более 12 часов.

4 Машины для погрузки органических удобрений

Погрузчик-экскаватор ПЭ – 0,8Б укомплектован грейфером для погрузки сыпучих материалов, когтями для погрузки объемной массы (навоз, силос, сенаж, солома и т.д.), бульдозерным отвалом (лопатой) для перемещения массы, крюком для погрузки штучных грузов.

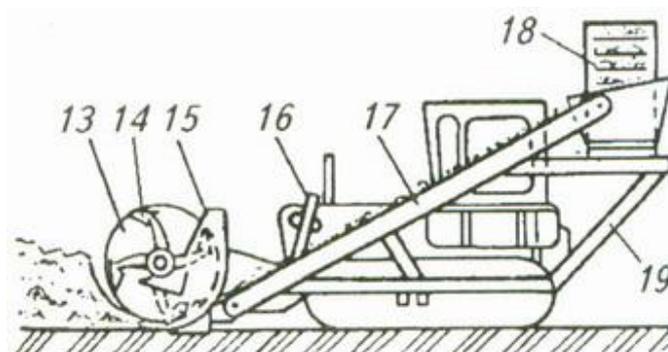


- 1 – лопата; 2 – трактор; 3 – поворотная труба; 4 – кронштейн; 5 – стрела; 6 – надставка; 7 – сменный рабочий орган; 8; 9 – гидроцилиндры; 10 – колонка; 11 – домкрат; 12 – рама.

Рисунок 8. 1 – Схема погрузчика-экскаватора ПЭ – 0,8Б

Грузоподъемность – 800 кг. Высота подъема: - грейфером – 3,6 м. - крюком – 5 м.

Погрузчик непрерывного действия ПНД – 250 применяется для рыхления и погрузки из буртов органических и органо-минеральных смесей, торфа, компостов в машины для внесения и транспортировки удобрений.



13 – шнековая часть фрезы; 14 – зубчатая часть фрезы; 15 – корпус; 16 – гидроцилиндр; 17; 18 – транспортеры; 19 – домкрат.

Рисунок 8.2 – Схема погрузчика непрерывного действия ПНД – 250

Фронтально-перекидной погрузчик ПФП – 1,2 снабжен ковшом, подвешенным на П-образной раме, монтируется на базе гусеничного трактора ДТ-75В.

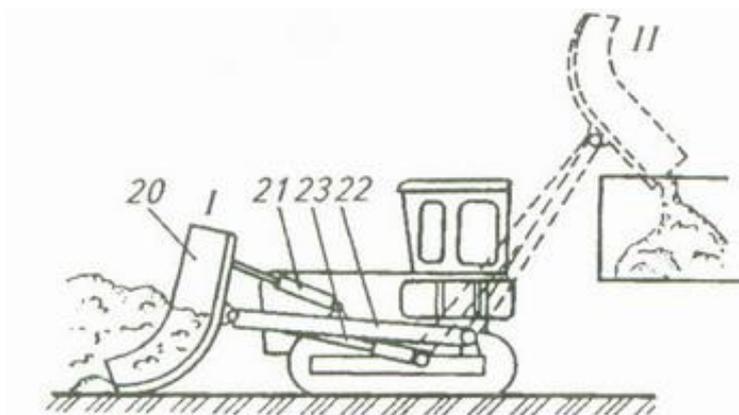


Рисунок 8.3 – Схема фронтально-перекидного погрузчика ПФП – 1,2.

Грузоподъемность – 1500 кг. Производительность – 125 т/ч.

5 Машины для внесения органических удобрений

Твердые органические удобрения (навоз, торф, компосты) вносятся на поверхность почвы, а затем заделываются плугами в пахотный слой почвы.

Т.к. на каждом гектаре разбрасывают несколько десятков тонн удобрений, то для снижения затрат труда нужны большегрузные машины 5...15 тонн.

Машины для внесения твердых органических удобрений работают по аналогичной схеме: транспортер подает массу к активному разбрасывающему устройству, которое измельчает и разбрасывает ее по поверхности поля.

Твердые органические удобрения вносят по прямопочной, перевалочной и двухфазной технологиям.

- Машины для внесения твердых органических удобрений

Машина РОУ – 6.

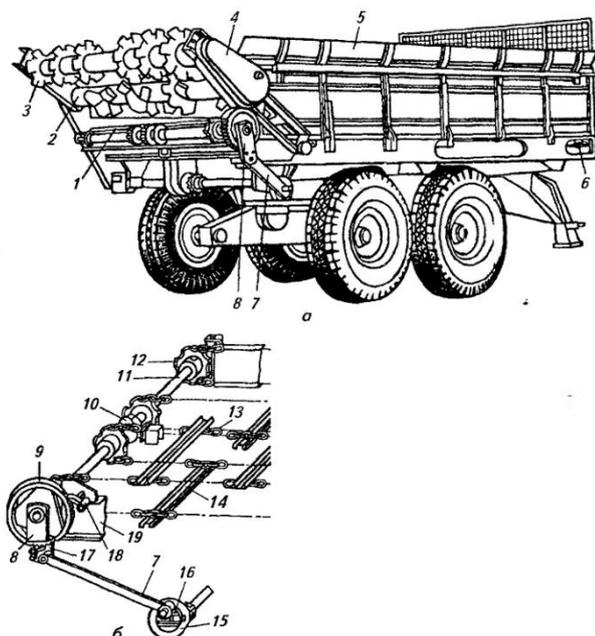


Рисунок 8.4 – Схема машины РОУ – 6.

Привод транспортера осуществляется от ВОМ трактора через кривошипно-шатунный механизм. Транспортер осуществляет периодическую подачу массы к разбрасывающему устройству.

Доза внесения регулируется изменением скорости движения агрегата и подающего транспортера. Скорость транспортера зависит от радиуса кривошипа, который можно изменить, поворачивая диск кривошипа 16 относительно корпуса 15.

Грузоподъемность машины – 6 т., ширина разбрасывания 6...7 м., доза внесения 15...45т/га.

Машины ПРТ-10; 16.

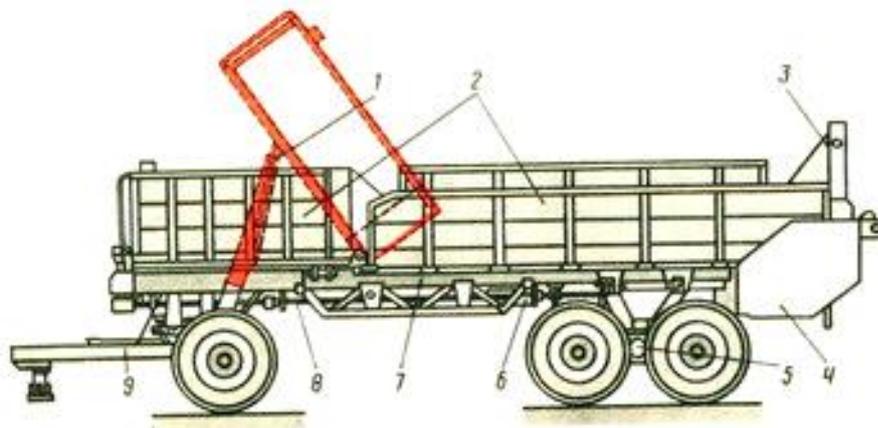


Рисунок 8.5 – Вид машины ПРТ-10; 16.

В отличие от РОУ – 6 привод подающего транспортера осуществляется через цепную передачу. Транспортер осуществляет непрерывную подачу массы.

Доза внесения зависит от скорости движения агрегата, и скорости подающего транспортера, которую можно изменить, переставляя звездочки в механизме привода.

Машина ПРТ – 7Ш снабжена разбрасывающим устройством с вертикальным расположением оси вращения четырех барабанов. Привод

транспортера гидравлический с механизмом реверса для изменения направления его движения.

Дозу внесения регулируют аналогично машинам ПРТ-10; 16.

Разбрасыватель РУН – 15Б.

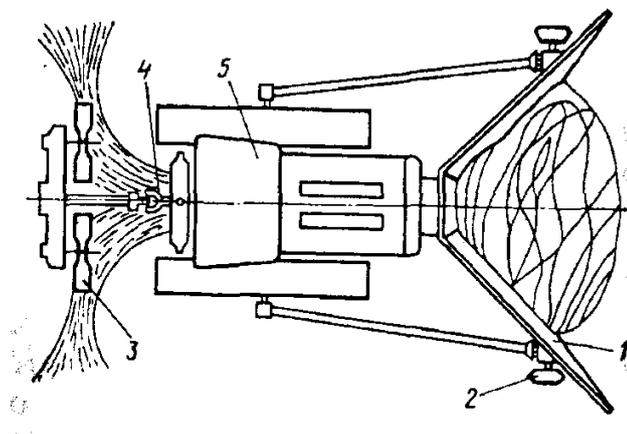


Рисунок 8.6 – Схема разбрасывателя РУН-15Б

Распределяет органические удобрения из куч, размещенных на поле рядами в шахматном порядке. Навешивается на гусеничные тракторы класса 3. Дозу внесения регулируют, изменяя расстояние между кучами в рядке и их массу. Расстояние между кучами в рядке вычисляют по формуле

$$L = 10^4 M / (Q * V_r) \quad (8.1)$$

где: M – масса одной кучи, т;

Q – доза внесения, т/га;

V_r – расстояние между рядами куч, равное ширине разбрасывания, 25...30м.

Разбрасыватели РТУ-5, РТУ-8, РТУ-10, РТУ-14, РТУ-18, РТУ-20 предназначена для перевозки и выгрузки силосной массы, различной сыпучей продукции сельскохозяйственного производства. Конструкция включает 2 спиральных вертикальных разбрасывателя, при использовании которых РТУ используется как разбрасыватель твёрдых органических удобрений, с

минимальным усилием обеспечивает идеальное распределение твердых органических удобрений.



Рисунок 8.6 – Вид машины РТУ-10

- Машины для внесения жидких органических удобрений.

Жидкие органические удобрения вносят поверхностно или внутрипочвенно цистернами-разбрасывателями, а также дождевальными установками на поля, расположенные вблизи ферм.

Разбрасыватели РТУ-5, РТУ-8, РТУ-10, РТУ-14, РТУ-18, РТУ-20 предназначена для перевозки и выгрузки силосной массы, различной сыпучей продукции сельскохозяйственного производства. Конструкция включает 2 спиральных вертикальных разбрасывателя, при использовании которых РТУ используется как разбрасыватель твердых органических удобрений, с минимальным усилием обеспечивает идеальное распределение твердых органических удобрений.

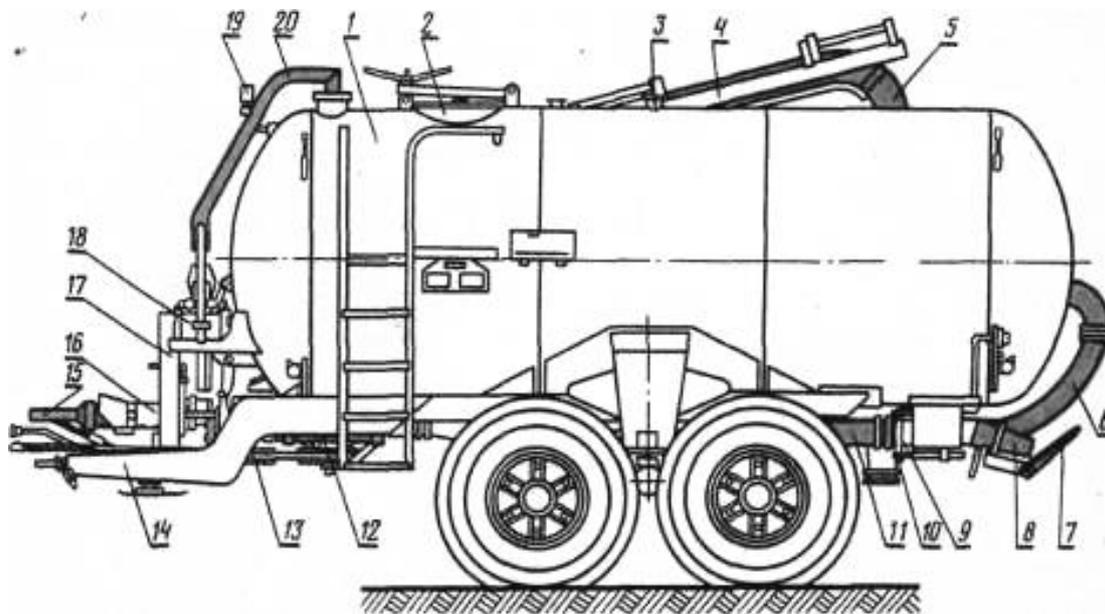
Жиже-разбрасыватель РЖТ-8 (рис. 8.7) предназначен для разлива жидких органических удобрений по полю, мойки машин, тушения пожаров. Агрегируется с тракторами класса тяги 30 кН, имеющими вал отбора мощности, тягово-сцепное устройство, пневматические, гидравлические и электрические выводы.

Цистерна-полуприцеп 1 дышлом 14 опирается на гидрокрюк трактора, а также на ходовые колеса. Заполняют цистерну через люк 2.

РЖТ-8 оборудован самозагружающим вакуумным устройством, заборной штангой 4, напорно-переключающим и распределительным устройствами.

Для самозагрузки в цистерне создается вакуум двумя насосами 18 ротационного типа. Всасывающее окно насоса трубопроводом 20 соединено с цистерной. От попадания жидкости вакуум-насосы предохраняет устройство в виде патрубка с двумя полыми шарами. Верхний шар всплывает и перекрывает отверстие отсасывающего трубопровода 20.

Рабочий вакуум в цистерне 0,035...0,055 МПа. Шариковый клапан 3 не допускает повышения вакуума свыше 0,06 МПа. Время заполнения 5...8 мин. Рукав 5 заправочной штанги соединен с грузочным патрубком и прикреплен к несущей стойке. Рукав поворачивают на 90° и опускают на 2,5 м гидроцилиндрами.



1 - цистерна; 2 - люк; 3 - предохранительный клапан; 4 - заборная штанга; 5, 6 и 11 - рукава; 7 - распределительный щиток; 8 - насадок; 9 - заслонка; 10 - рычажный механизм; 12 - центробежный насос; 13 и 17 - клиноременная передача; 14 - дышло; 15 - карданный вал; 16 - контрпривод; 18 - вакуум-насос; 19 - вакуумметр; 20 - трубопровод.

Рисунок 8.7 - Жижеразбрасыватель РЖТ-8.

Напорно-переключающее устройство состоит из центробежного насоса 12, рукава 11 и заслонки 9. Подача насоса до 400 т/ч. Он подает удобрение влажностью не ниже 85%. Удары жидкости гасятся установленной в цистерне перегородкой.

Жидкость через насадок 8 можно направить на вылив или по рукаву 6 в цистерну для перемешивания. Входной патрубок приварен к заслонке, скользящей по пластине с отверстиями. Заслонка с рукавом, закрепленным на патрубке, может быть совмещена гидроцилиндром с раструбом разлива или перемешивания. К пластине заслонку прижимает рычажный механизм 10.

Разлив удобрения (10...40 т/га) регулируют сменой насадков 8 и изменением рабочей скорости агрегата от 8,5 до 11 км/ч. РЖТ-8 комплектуется насадками диаметром 50, 80, 100 и 130 мм.

Удобрения распределяют по поверхности поля щитком 7. При установке его под углом 27° ширина захвата 8...10 м. Ширину захвата можно изменить уменьшением угла установки щитка.

Для мойки машин и тушения пожара к распределительному патрубку, сняв насадок 8, присоединяют рукав.

Во время движения РЖТ-8 тормозят пневмотормозом от педали трактора, на стоянке - ручным тормозом. Разбрасыватель оснащен освещением и сигнализацией.

Вместимость цистерны около 8000 л, требуемая мощность для привода вакуум-насосов 6 кВт, центробежного насоса 22 кВт. Обслуживает машину тракторист.

Разбрасыватель жидких органических удобрений РЖТ-4 аналогичен по устройству РЖТ-8. Его агрегируют с трактором «Беларусь». Используют для самозагрузки, транспортировки и разлива по почве жидкого навоза влажностью не ниже 90%.

Для самозаправки РЖТ-4 подвозят к кромке навозохранилища. Тракторист при помощи гидроцилиндра устанавливает заправочную штангу перпендикулярно к продольной оси агрегата и опускает гибкий рукав штанги в жидкость. При этом включается муфта привода насоса, а гидроцилиндр переключающего устройства совмещает напорный рукав с патрубком перемешивания.

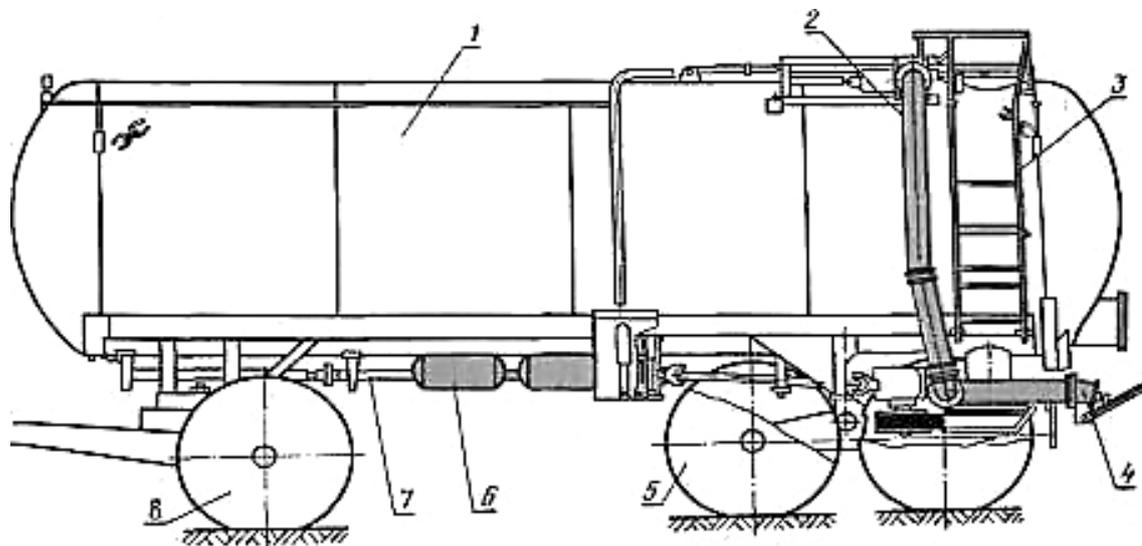
Тракторист включает вал отбора мощности трактора, в цистерне создается вакуум, и жидкость заполняет цистерну.

Перед разливом жидкости тракторист включает вал отбора мощности для перемешивания содержимого цистерны. Затем соединяет напорный трубопровод с патрубком распределителя. Жидкость через дозирующий насадок выливается на щиток-отражатель и равномерно разливается по полю. Дозу вылива удобрения регулируют изменением скорости передвижения агрегата и установкой на выгрузном патрубке соответствующего сменного дозирующего насадка.

Для равномерного разлива жидкости расстояние между смежными проходами машины должно быть 8...10 м.

Разбрасыватель РЖТ-16 (рис. 8.8) предназначен для разлива по полю жидких органических удобрений.

Передняя часть цистерны-полуприцепа опирается на подкатную тележку 8, задняя, на которой размещены рабочие механизмы, при помощи балансирной подвески опирается на полуоси колес ходовой системы 5.



1- цистерна; 2 - напорно-переключающее устройство; 3- смотровая лестница; 4 - распределительное устройство; 5 - ходовая система; 6 - тормозная система; 7 - привод рабочих органов; 8- подкатная тележка.

Рисунок 8.8 - Разбрасыватель жидких органических удобрений РЖТ-16:

РЖТ-16 оборудован самозагружающимся, напорно-переключающим и распределительными устройствами, автоматизирующими весь рабочий цикл.

Заправочную штангу опускают гидроцилиндром в рабочую жидкость и включают подающий и вакуумный насосы. Жидкость через гибкий рукав и загрузочный трубопровод поступает в цистерну. Во время переезда или перед выливом жидкое удобрение можно перемешать предназначенным для этого механизмом.

Цистерна снабжена люком, что позволяет заполнять ее автотомными погрузочными средствами.

Для разлива поднимают гидроцилиндром запорный клапан; жидкость выливается в полость подающего насоса, который через выливной патрубок подает ее на отражающий щиток.

При следующем проходе середину агрегата направляют на расстоянии 10 м от центра колеи предыдущего прохода.

РЖТ-16 агрегируется с трактором К-701, имеющим вал отбора мощности. Управление рабочими механизмами дистанционное, из кабины трактора.

Грузоподъемность 15 т. Максимальная высота забора жидкости при самозаправке 3,5 м, заправочный рукав может поворачиваться на угол 90°.

Машина снабжена патрубками с диаметром выливного отверстия 70...120 мм (с интервалом 10 мм). В зависимости от диаметра выливного отверстия доза вылива при скорости 10 км/ч составляет 10...60 т/га.

В инструкции завода и на кузове машины изображен график вылива (т/га) в зависимости от диаметра выливного отверстия.

Жидкое органическое удобрение должно быть без твердых включений размером более 3 см и солоmistых более 25 см. Для самозагрузки влажность жидкости должна быть не меньше 90%.

Жиже-разбрасыватель РЖУ-3,6 (рис. 9) используют для разлива жидких органических удобрений, заправки опрыскивателей ядохимикатами, мойки машин, тушения пожара.

Цистерна 5 машины установлена на шасси автомобиля ГАЗ-53А, рабочие механизмы смонтированы на цистерне и раме автомобиля.

На автомашине и на переднем днище цистерны смонтирована напорно-вакуумная магистраль 1, состоящая из масляного бака, редуктора, гидромотора и вакуумного насоса.

К коробке передач автомобиля прикреплена коробка отбора мощности с шестеренчатым насосом, подающим масло в гидромотор и гидроцилиндры. Редуктор, соединенный с гидромотором, приводит в действие вакуум-насос и лопастную мешалку 7, установленную в цистерне.

На цистерне расположены загрузочная горловина 3 и предохранительное устройство 4. После заполнения цистерны поплавков предохранительного устройства всплывает и шток поплавка выключает зажигание.

Для заполнения цистерны и разлива жидкого удобрения в цистерне создают насосом вакуум или избыточное давление.

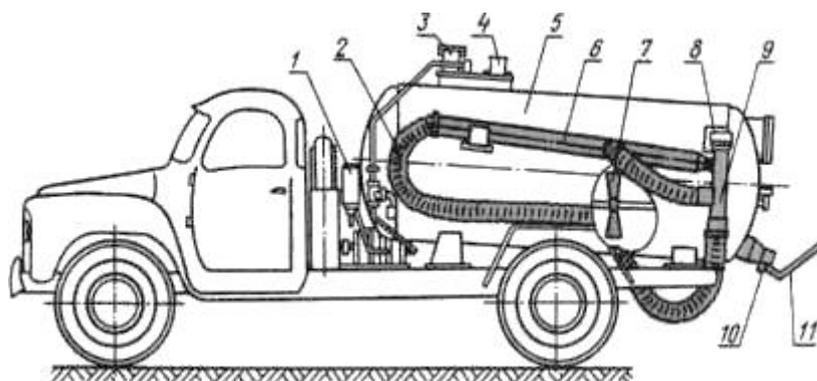
Заправочное устройство составлено из штанги 6, шланга 2 и всасывающего затвора. Глубина забора до 3,5 м.

Заборное устройство при помощи механизма 8 можно поворачивать на угол 160° гидроцилиндрами, управляемыми из кабины водителя.

Для разлива служат затвор 10 и щиток-отражатель 11. В цилиндрическую часть затвора можно вкладывать жиклеры с отверстиями разного диаметра и тем самым регулировать дозу выливаемого удобрения.

Выходящая из жиклера струя, ударившись об отражатель, превращается в жидкостный веер, ширину которого регулируют изменением угла наклона отражателя 11.

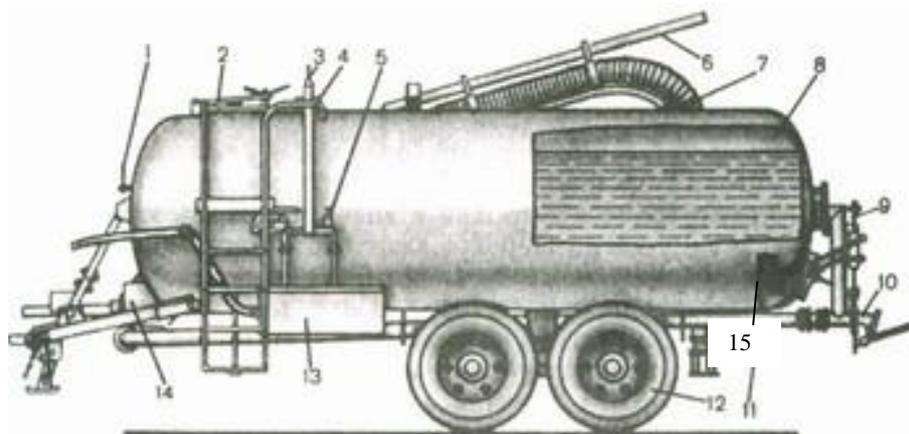
Вылив (5... 10 т/га) регулируют сменой жиклеров и изменением рабочей скорости автомобиля. Диаметры жиклеров 40, 65 и 80 мм, рабочая скорость 8...15 км/ч, вместимость цистерны 3,4 м³, ширина полосы разлива до 8 м. Пожарный рукав присоединяют вместо выливного затвора 10. Обслуживает РЖУ-3,6 водитель.



1--напорно-вакуумная магистраль; 2-заборный шланг; 3 - загрузочная горловина; 4 - предохранительное устройство; 5 - цистерна; 6 - заправочная штанга; 7 - мешалка; 8 - механизм поворота штанги; 9 - заборное устройство; 10 - затвор; 11 - щиток-отражатель.

Рисунок 8.9 - Автомобильный жижеразбрасыватель РЖУ-3,6.

Машина МЖТ – 10. Машина может выполнять три операции:



1 – уровнемер; 2 – верхний люк; 3 – вакуумметр; 4 – предохранительный жидкостной клапан; 5 – предохранительный вакуумный клапан; 6 – штанга; 7 – заправочный рукав; 8 – цистерна; 9 - переключающее устройство; 10 – разливочное устройство; 11 – напорный трубопровод; 12 – ходовое колесо; 13 - вакуумная установка; 14 - центробежный насос.

Рисунок 8.10 – Схема машины МЖТ-10

- самозагрузка;
- перемешивание;
- внесение удобрений.

Дозу внесения регулируют:

- заменяя задвижки в разливочном устройстве (\varnothing 60, 90, 110 мм, или без задвижки);
- изменяя скорость движения;
- изменяя положение распределительного щитка 15.

Машина для внесения жидкого навоза МЖ-10 состоит из цистерны вместимостью 10,4 м³, центробежного насоса, вакуумной установки, заправочного рукава, смонтированного на поворотной штанге, напорного трубопровода, переключающего и разливного устройств, предохранительных вакуумного и жидкостного клапанов и гидросистемы.

В цистерне имеется верхний и нижний люки с герметически закрытыми крышками. Для визуального определения полноты заполнения цистерны установлен поплавковый уровнемер.

Для создания разрежения в цистерне при ее заполнении на машине монтируется вакуумная установка, состоящая из двух насосов ротационного типа. Всасывающий коллектор насосов трубопроводом соединен с корпусом предохранительного жидкостного клапана, внутри которого размещены два полых шара.

Центробежный насос, приводимый в действие от ВОМ трактора, перекачивает жидкость из цистерны в напорный трубопровод.

Переключающее устройство служит для настройки машины на выполнение различных операций. Оно включает в себя верхнюю заслонку, расположенную с внутренней стороны резервуара, нижнюю заслонку, гидроцилиндр, рычаг и тягу, смонтированные на патрубке. Последний соединяет напорный трубопровод с внутренней полостью цистерны.

Разливочное устройство служит для дозированного распределения удобрений по поверхности поля. Оно состоит из патрубка, задвижки и распределительного щитка, наклон которого можно изменять.

Машина может выполнять: самозагрузку жидких удобрений из навозохранилища, перемешивание их во время транспортировки и внесение на поля.

Самозагрузка. Перекрывается заслонкой патрубков разливочного устройства, опускается с помощью гидроцилиндра штанга с рукавом в навозохранилище и включается вакуумная установка. В цистерне образуется разрежение до 0,061 МПа, под действием которого через рукав жидкая масса заполняет цистерну. Как только жидкость, достигнув верхнего уровня, поднимает шар-клапан до упора, патрубок вакуумного трубопровода, поступление удобрений прекращается. После заполнения цистерны штангу укладывают в транспортное положение и отключают вакуумную установку.

Перемешивание. Заслонку открывают гидроцилиндром, а заслонку закрывают и включают насос. Жидкость из резервуара поступает в насос и нагнетается им по трубопроводу и патрубку в резервуар, т.е. циркулирует по кругу и перемешивается. Это предотвращает расслоение жидкости и образование осадка.

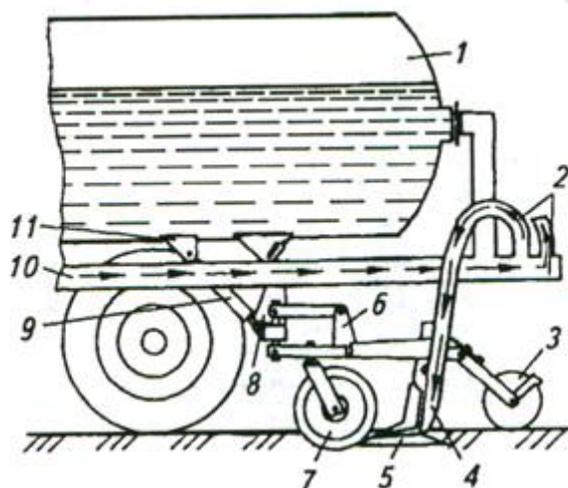
Внесение удобрений. Включают в работу центробежный насос который подает жидкость по трубопроводу в патрубок разливочного устройства. Заслонку при этом закрывают, а заслонку открывают. Выходя через отверстие в задвижке с большой скоростью, жидкость ударяется в щиток и веером распределяется по поверхности поля.

Для изменения дозы внесения удобрений машину комплектуют задвижками с отверстиями диаметром 60, 90 и 110 мм. Размер отверстия задвижки и рабочую скорость агрегата подбирают по таблице. Для внесения 40—60 т удобрений на 1 га работают без задвижек.

Агрегатируется МЖТ-10 с трактором Т-150К, "Беларус-1522", "Беларус-1321". Ширина захвата 6—12 м.

Основные марки *ЗЖВ* – Φ – 3,2; *РЖУ* – 3,6; *РЖТ* – 4; *РЖТ* – 8; *РЖТ* – 16; *МЖТ* – 6; *МЖТ* – 16; *МЖТ* – 23 – по устройству и рабочему процессу аналогичны машине МЖТ – 10.

Агрегат АВВ – Φ – 2,8. Предназначен для внутривпочвенного внесения жидких органических удобрений и органо – минеральных смесей влажностью не менее 92% на лугах, пастбищах, а также на стерневых полях.



1 – цистерна; 2 – распределительное устройство; 3 – прикатывающий каток; 4 - подкормочная трубка; 5 – плоскорежущая лапа; 6 – секции; 7 – дисковый нож; 8 – рама; 9 – гидроцилиндр; 10 – напорный трубопровод; 11 – кронштейн.

Рисунок 8.11 – Схема агрегата АВВ – Ф – 2,8.

Агрегат состоит из машины МЖТ – 10 и навешенного на него приспособления для внутрипочвенного внесения.





Рисунок 8.12 – Машина для внесения жидких органических удобрений МЖУ-20.

Глубину заделки регулируют, переставляя катки 3 и сжимая нажимные пружины. Дозу внесения регулируют, заменяя дозирующие шайбы, и скоростью движения.

Для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений выпускается машина МЖУ-20 (рис. 8.12). Данная машина позволяет вносить удобрения с разной шириной междурядий и по стерне.

Вид *растениепитателя ПЖУ-4000* для корневых подкормок жидкими удобрениями представлен на (рис. 8.13).



Рисунок 8.13 – Вид растениепитателя ПЖУ-4000.

Список литературы

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

Г.К. Демидов, Б.Д. Зотов и др. М.: Колос, 1986. 688 с.

14. Новые агротехнологии. Каталог продукции KUHN. М.: KUHN, 2006. 177 с.

15. Ожерельев В.Н., Ожерельева М.Н. Машины для уборки зерна: учебно-методическое пособие по дисциплине сельскохозяйственные машины: диск. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010.

16. Опрыскиватели ООО "КАЗАНЬСЕЛЬМАШ" www.kazansm.ru

17. Оптимальное сочетание: техника, технологии, финансирование. М.: ЛБР групп, 2008. 138 с.

18. Оптимальные технологии заготовки кормов фирмы "KRONE". www.krone-rus.ru

19. Почвообрабатывающая техника фирмы "KOCKERLING" www.kockerling.de

20. Практикум по сельскохозяйственным машинам / А.И. Любимов, З.И. Воцкий, В.В. Бледных и др. М.: Колос, 1997. 191 с.

21. Пресс-подборщик рулонный ППП-120 «Pelikan»: руководство по эксплуатации, каталог деталей и сборочных единиц. Ростов н/Д., 2012. 157 с.

22. Пресс-подборщик тюковый ППТ-041 «Tukan»: руководство по эксплуатации и каталог запасных частей. Ростов н/Д., 2011. 138 с.

23. Программа продукции DEUTZ FAHR. М.: ЕвроАгроставка, 43 с.

24. Программа техники фирмы "KRONE на 2013-2014 г. www.krone-rus.ru

25. Сельскохозяйственная техника из Европы. Выборочный каталог. М.: «ЭкоНива-Техника», 2008. 68 с.

26. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учеб. пособие для вузов. М.: Колос, 1994. 751 с.

27. Сельскохозяйственные машины. Практикум / М.Д. Адиньяев, В.Е. Бердышев, И.В. Бумбар и др.; под ред. А.П. Тарасенко. М.: Колос, 2000. 240 с.

28. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах [Техника для растениеводства] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям:

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

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

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

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

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

33. Техника выпускаемая заводом "ROSTSELMASH".

www.rostselmash.com

34. Техника выпускаемая фирмой "AMAZONE" www.amazone.de

35. Техника торгового центра ЛБР-ГРУПП "CASE" "MORRIS" "KUHN" "UNIA" www.lbr.ru

36. Техника фирмы "KOLNAG". www.kolnag.ru.

37. Техника фирмы "LEMKEN" www.lemken.com.

38. Техника фирмы "VADERSTAD" www.vaderstad.com.

39. Учебные фильмы по технике выпускаемой ПО "Гомсельмаш" www.gomselmash.by.

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

Учебное издание

Кузнецов Владимир Васильевич

Сельскохозяйственные машины

Сборник лекций по дисциплине

Часть 2

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

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 03.04.2018 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л.6,74. Тираж 25 экз. Изд. № 5673.

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