



БИБУТОВ НАРЗУЛЛА САЛИМОВИЧ - Родился 7 июля 1950 года в Каракульском районе Бухарской области. В 1972 году окончил Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. 1973-1978 гг. работал в Бухарском вечернем филиале Ташкентского политехнического института, с 1978 года в Бухарском институте пищевой и легкой промышленности на кафедре "Механика" старшим преподавателем. С 1983 г.-кандидат технических наук, с 1991 г.-доцент. Для высших учебных заведений по дисциплинам "Сопротивление материалов" и "Прикладная механика" Н. Бибутов опубликовал 27 учебников и учебных пособий, в том числе 12 в электронном варианте. Количество научных работ составляет более 200.



САБИР КУРБАНОВИЧ МУМИНОВ (1965-2020 гг.)

Сабир Курбанович Муминов - родился 1 марта 1965 года в Шахрисабзском районе. в 1992-1999 годах С.К. Муминов работал преподавателем в Шахрисабзском филиале Бухарского технологического института, в 1996-2004 годах заместителем директора Шахрисабзского технологического колледжа, 2004-2012 годах директором этого профессио-нального колледжа в, с 2013 года по настоящее время руководителем в детский дома "Зия чашмлари" Шахрисабзского района. Его научная работа направлена на обосновании техники и технологии рыхления подпахотного слоя почвы методом двухъярусного чизелевания. По этой теме он участвовал на республиканских научно-практических конференциях и публиковал статьи в научном журнале "Проблемы механики".



ISBN 978-9943-7231-0-8



9 789943 723108

Н.С. БИБУТОВ
С.К. МУМИНОВ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО ЧИЗЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ

Монография



**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Н.С. БИБУТОВ, С.К. МУМИНОВ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО ЧИЗЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ

**Бухара-2021
Издательства «Дурдона»**



40.3

631.43

Б 59

Бибутов Н.С., Муминов С.К.

Техника и технология глубокого чизелевания почвы. монография для студентов высших образовательных учреждений. Бибутов Н.С., Муминов С.К.-Т.: типография «Садриддин Салим Бухорий» издательства «Дурдона», 2021, 100 стр.

40.3

631.43

В монографии рассматриваются вопросы связанные со значением плотности почвы в формировании урожая хлопка-сырца, техники и технологии глубокого ее чизелевания.

Для рыхления плотных подпахотных горизонтов создано много орудий как в Узбекистане, так и за рубежом. Выбор оптимальной техно-логии зависит от зоны деформации и площади рыхления почвы, что определялись при применении различных типов рабочих органов и последовательности применения орудий разрушения почвы.

Данная монография предназначена для научных исследователи, конструкторы, докторанты, магистры и преподавателей высших учебных заведений.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ф.Жураев

- Заместитель директора
Бухарского филиала ТИМИ
по науке доктор технических наук

Ш.М.Мурадов

-Бухарского инженерно
технологического института
Доцент кафедры «Основы
механики и ЕУТТ»

Данная монография разрешена к публикации решением научно-технического совета Бухарского инженерно-технологического института от 3 апреля 2021 года № 9

ISBN- 978-9943-7287-1-4

© Н.С.Бибутов, С.К.Муминов



ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Введение	4
2	Плотность почвы	6
3	Основная обработка почвы	8
4	Глубокое рыхление почвы как агроприём уменьшения ее плотности	10
5	Анализ ранее проведенных исследований техники и технологии рыхления подпахотного горизонта почвы	10
6	Обзор зарубежных орудий безотвальной обработки почвы.	17
7	Плуги для вспашки почв засоренных камнями	20
8	Глубокорыхлители – плоскорезы.	21
9	Плуги чизельные и приспособления к ним	23
10	Новые способы рыхления почвы	33
11	Использование колебаний высокой частоты звукового и ультра-звукового диапазона	33
12	Виброударный способ рыхления	35
13	Рабочие органы с газовоздушной смазкой	37
14	Рабочие органы с газодинамическим воздействием на почвогрунт	38
15	Деформация почвы	41
16	Определение ширины захвата чизельной лапы	48
17	Определение количества рабочих органов чизеля – рыхлителя	51
18	Схема расстановки и ширина междуследия чизельных лап	53
19	Определение площади поперечного сечения разрушенного слоя почвы.	59
20	Определение площади рыхления почвы комбинированным рабочим органом	63
21	Определение площади взрыхленной почвы при ее чизелевании	68
22	Определение площади взрыхленной почвы при двухъярусном ее рыхлении.	71
23	Определение площади взрыхленной почвы рабочим органом типа наральник.	74
24	Критическая глубина чизелевания почвы	77
25	Прочность и разрушение почвы	81
26	Технология рыхления подпахотного горизонта почвы	86
27	Обоснование глубины хода рабочего органа верхнего яруса при двухъярусном чизелевании почвы	93
28	Заключение	95
29	Литература	97



ВВЕДЕНИЕ

Президент Республики Узбекистана Ш.М.Мирзиёев выступая 9 декабря 2017 года в "День работников сельского хозяйства" подчеркнул, что получение высокого урожая сельхоз культур невозможно без инновационного подхода к механизации сельхозпроизводства. Дальнейшее увеличение производства продукции сельского хозяйства, в том числе хлопководства возможно главным образом за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Среди комплексных агротехнических мероприятий, направленных на получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур повышение плодородия уплотненной почвы путем глубокой безотвальной ее обработки играет первостепенную роль. Только повышением плодородия почвы – при высоком качестве рыхления уплотненного подпахотного горизонта создаются оптимальные условия для роста растений и накопления урожая.

Отрицательные последствия уплотненной почвы разнообразны: ухудшаются водно-воздушный режим почвы и условия минерального питания растений, снижается урожайность сельскохозяйственных культур, усиливается эрозия почвы, снижается эффективность удобрений, возрастают затраты материальных ресурсов на обработку почвы [2,3,4,5,6,17,18].

Борьбу с уплотнением почвы проводят по трем направлениям: снижением уплотнения почвы, разуплотнением уплотненной почвы и предотвращением уплотнения почвы.

По - первому направлению ведутся работы по совершенствованию ходовой системы энергетических и транспортных агрегатов. Снижению их массы, применение широкозахватных и комбинированных машин. Одним из перспективных направлений является использование технологической колеи при возделывании сельскохозяйственных культур, когда технологические и транспортные машины перемещаются по полю по постоянной колее.

Способов предотвращения уплотнения почв разработано пока еще мало. В определенной мере к этому направлению



может быть отнесена технология нулевой обработки почвы, а также предложения по использованию машин на воздушной подушке и мостовое земледелие. Однако, для практического использования двух последних способов требуется длительные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

К настоящему времени во многих странах накоплен большой опыт по разуплотнению различных почв, основанное на механическом рыхлении методом разрушения пахотного слоя и уплотненных почв чизельными плугами и рыхлителями. Поэтому механическое разрушение уплотненной почвы является наиболее эффективным приемом рыхления. Помимо этого, качественное рыхление почвы создает благоприятные условия для улучшения мелиоративного состояния полей, экономии воды, способствует повышению производительности труда [2,5,17,18]

Наряду с этим необходимо отметить, что рыхление подпахотного горизонта является самой энергоемкой операцией в сельскохозяйственном производстве. Так, при возделывании хлопчатника из общих затрат энергии если 50...60 % приходится на долю обработки почвы из этого 40% - на долю рыхления подпахотного горизонта. Для ее выполнения в масштабе республики требуется плуги с почвоуглубителями, глубокорыхлители и чизеля-рыхлители.

Качество и энергоемкость рыхления подпахотного горизонта почвы прежде всего зависят от совершенства технологического процесса работы, конструкции орудий безотвальной обработки почвы.

Практика применения существующих орудий рыхления подпахотного горизонта показывает, что многие из них не отвечают современным требованиям агротехники обработки почвы, энергоемки и малопродуктивны, имеют низкую надежность работы. Например, широко известный двухъярусный плуг ПД-3-30 не лишен такого недостатка, как недостаточность глубины хода и низкая надежность почвоуглубителей, большая энергоемкость плуга при работе с тремя корпусами и почвоуглубителями. Применение этого плуга в



двухкорпусном варианте уменьшает рабочую ширину захвата и тем самым производительность агрегата.

Плотность почвы. Значение плотности почвы весьма велико и разносторонне. Выбор способов обработки почвы, а следовательно, и подбор орудий в целях создания окультуренного пахотного и подпахотного горизонта, определяется главным образом плотностью почвы, требованиями возделываемых культур и возможностями применения соответствующего комплекса приемов обработки почвы. С увеличением влажности почвы плотность уменьшается, а с углублением горизонта – повышается.

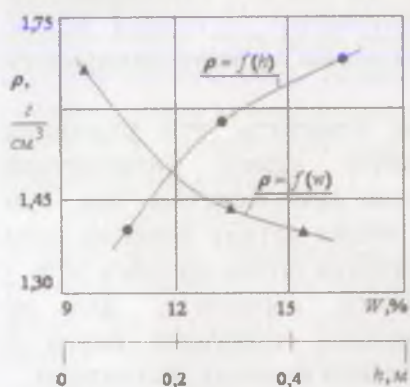


рисунок -1. Изменение плотности почвы в зависимости от ее влажности и глубины горизонта

На основании обработки полевых данных, получена закономерность изменения плотности почвы в зависимости от ее влажности и глубины залегания грунтовой воды.:

$$\rho = 21,6 - 0,612W + 0,0093W^2$$

$$\rho = 1,3447 + 0,0870h_{zg} - 0,0085W$$

В уплотненном подпахотном горизонте водопроницаемость резко снижается, что связано с уплотненностью и сниженной скважностью. От строения почвы (рыхлое или плотное) зависит водно-воздушный режим и биологическая активность почвы, а в конечном счете условие для роста и развития возделываемых культур. При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо выполнить много операций: вспашка, выравнивание, рыхление, боронование, малование, посев, уход за посевами, внесение органических и минеральных удобрений, уборка урожая и т.д.



Использование на полях орошаемого земледелия все большего количества скоростной и тяжелой техники привело к уплотнению как пахотных, так и подпахотных горизонтов.

Из данных [2,5,6] изменения плотности почвы (рисунок -2) видно, что плотность почвы сильно выражена как в пахотном, так и в подпахотном горизонте. Кроме того, при ежегодной мелкой пахоте почвы на глубину 0,3 м, привело к образованию плотной прослойки, которая называется «плужная подошва» и распространяется до глубины 0,4...0,45 м. Плотность подпахотного горизонта почвы давнего орошения достигает 1600...1700 кг/м³, а скважность уменьшается на 5...6 %, по сравнению с почвой пахотного слоя.

Уплотненный подпахотный горизонт отрицательно сказывается на росте растений и урожае хлопка – сырца. При этом сильно затрудняется просачивание воды в подпахотные слои, следовательно уменьшаются запасы влаги в почве, ухудшается воздухообмен в ней и в целом ухудшается питание хлопчатника и снижается урожай

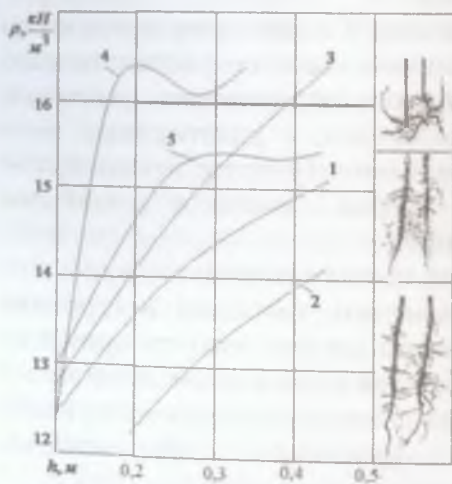


рисунок- 2. Развитие корневой системы хлопчатника в зависимости от плотности почвы

Плотность разных типов почв:

- 1- серозем орошаемый [5];
- 2-темно-каштановая неорошаемая [5];
- 3 -старопашка давнего орошения [2];
- 4-староорошаемые луговые-среднесуглинистые
- 5-староорошаемые лугово-такырные среднесуглинистые



Исследованиями [2,5] установлено, что наиболее благоприятные условия для развития корней и роста надземной части хлопчатника создается при плотности сложения подпахотных горизонтов $1200...1300 \text{ кг/м}^3$, так как при этом корневая система в состоянии наиболее полно использовать питательные вещества и воду подпахотного горизонта. Встречаясь с плотными слоями, главный и боковые корни в большинстве случаев вынуждены изменить направление роста в сторону менее уплотненных слоев. С увеличением глубины обработки корневая система хлопчатника развивается в благоприятных условиях, мало деформируется, не сдавливается, меньше изгибается (рисунк-2) и по всей длине покрыта боковыми отростками.

Уплотненный подпахотный горизонт отрицательно сказывается на росте растений и урожае хлопка – сырца. При этом сильно затрудняется просачивание воды в подпахотные слои, следовательно уменьшаются запасы влаги в почве, ухудшается воздухообмен в ней и в целом ухудшается питание хлопчатника и снижается урожай.

Основная обработка почвы. К настоящему времени во многих странах накоплен большой опыт по разуплотнению различных почв, основанное на механическом рыхлении методом разрушения пахотного слоя и уплотненных почв чизельными плугами и рыхлителями. Поэтому механическое разрушение уплотненной почвы является наиболее эффективным приемом рыхления

Общий принцип обработки почвы заключается в том, что она, прежде всего, должна изменить сложение и строение почвы. Задачей обработки почвы следует считать придание пахотному слою благоприятного для возделываемых растений сложения, которое достигается применением соответствующих технологических приемов (рыхление, оборачивание, перемешивание и др.).

Основной обработкой почвы предусматривается:

- придать почве рыхлость и мелко комковатость, при которой она могла бы удерживать возможно большее количество воды;



- переместить верхний слой почвы вниз для восстановления утраченной структуры, извлечь на поверхность более оструктуренные слои почвы;

- заделать на возможно большую глубину семена сорняков, вредителей и возбудителей болезней, зимующих на пожнивных остатках и в поверхностном слое почвы;

- заделать вносимые до вспашки удобрения в слой почвы, из которого растения могут использовать их наиболее эффективно;

- создавать условия, благоприятные для быстрого проведения ранне-весенних и предпосевных работ, чтобы в лучшие агротехнические сроки провести сев, раньше получить всходы и обеспечить ускоренное развитие хлопчатника.

Этим требованиям наиболее полно отвечает двухъярусная вспашка. При ней пласт почвы делится на две части, из которых верхняя укладывается на дно борозды, а нижняя накрывает ее сверху. Таким образом обеспечивается полный оборот пахотного слоя почвы, глубокая заделка семян и корневищ сорняков. Засоренность полей при этом уменьшается, так как глубоко заделанные семена сорняков не дают поросль, но появление ее оттягивается на 40-60 дней. За это время хлопчатник успевает окрепнуть.

Двухъярусная вспашка значительно активизирует микробиологические процессы, улучшает питание растений, способствует получению более высокого и раннего урожая. Поэтому вспашка почвы необходима для зоны хлопкосеяния.

Наряду с этим необходимо отметить, что рыхление подпахотного горизонта является самой энергоемкой операцией в сельскохозяйственном производстве. Так, при возделывании хлопчатника из общих затрат энергии если 50...60 % приходится на долю обработки почвы из этого 40% - на долю рыхления подпахотного горизонта.

При рыхлении подпахотного горизонта под влиянием накапливающихся растительных остатков почва постепенно обогащается питательными веществами, что и приводит к повышению ее плодородности. Глубокое рыхление почвы, снижая плотность, в свою очередь обеспечивает повышение



общей скважности за счет порозности, мощного развития корней вовлечения подпахотного горизонта в сельскохозяйственный оборот.

Глубокое рыхление почвы подпахотного горизонта как агроприём уменьшения ее плотности. К настоящему времени во многих странах накоплен большой опыт по разуплотнению почв, основанное на механическом рыхлении методом разрушения уплотненных почв чизельными плугами и рыхлителями. Поэтому механическое разрушение уплотненной почвы является наиболее эффективным приемом рыхления

При обработке почвы без оборота пласта образуется большие комки и глыбы, что можно увидеть при глубоком рыхлении почвы на глубину более пахотного слоя. Поэтому во избежание образования глыб и комков при обработке иссушенных почв необходимо добиваться разрушения верхнего слоя путем послойной обработки, т.е. Предварительно на небольшую глубину обрабатывать верхний пахотный слой оборотом пласта, затем нижний подпахотный разрушать не вынося его на дневную поверхность поля.

Анализ ранее проведенных исследований техники и технология рыхления подпахотного горизонта почвы. Разработкой технологий и технических средств основной обработки почвы в зоне возделывания хлопчатника и их совершенствованием занимались Р.И.Байметов, М.М.Муродов, Ф.Маматов, А.Тухтакузиев, Р.И.Ибраимов, А.К.Игамбердиев, О.Р.Кенжаев, Х.Р.Гафаров, Н.М.Муродов, Ш.М.Мурадов, Ф.Жураев и другие [2,4,5, 6,13,14,15,16]

Исследования Р.И.Байметова, Р.И.Ибраимова [16] посвящены разработке, испытаниям и внедрению в сельхозпроизводство технологии и плугов для двухъярусной вспашки (ПЯ-3-35, ПД-3-35).

Ф.М.Маматовым проведены исследования по разработке, совершенствованию и созданию новых прогрессивных технологий и машин для основной обработки почвы в зонах хлопкосеяния. Результате проведенных работ им разрабо-



таны и рекомендованы в производство фронтальные плуги для гладкой вспашки с пассивными и активными рабочими органами, усовершенствованные двухъярусные плуги и плуги с измельчителями стеблей хлопчатника.

А.Тухтакузиевым и Н.М.Мурадовым проведены исследования по совершенствованию двухъярусных плугов для работы на повышенных скоростях и с целью снижения его тягового сопротивления.

С целью изучения возможности использования существующих глубокорыхлителей (РН-80Б, РТН-2-25 и ГР-2,7) в САИМЭ были проведены экспериментальные исследования [16].



Профиль борозды после
прохода РН-80Б

К глубокорыхлителю предъявляются следующие основные требования :

- 1.Рыхлить почву на глубину до 50 см
- 2.Обеспечивать рыхление почвы по ширине захвата и оставлять на дне обработки между лапами и смежными проходами неровности высотой не более 15 см.
- 3.Иметь минимальное тяговое сопротивление, не залипаться почвой, не забиваться раститель

ными остатками и легко заглубляться в почву.

Рыхлитель РН-80Б предназначен для предплантажной обработки почвы на глубину 80 см. Рабочие органы – долото шириной 125 см. После его прохода на поверхности поля остаются гребни высотой 25...30 см. Неравномерно рыхлить почву по ширине захвата и не обеспечивает ровное дно обработки.

Рыхлитель РН-80Б предназначен для глубокого рыхления полотна террас под посадку виноградников и плодовых деревьев. Основным рабочим органом являются два плужных корпуса без отвалов. Расположенные в одной поперечной плоскости с расстоянием между носками лемехов 110 мм.



Недостатком является то, что между смежными проходами на дне борозды образуются неровности высотой до 35 см, что не допускается агротехникой возделывания хлопчатника. Кроме этого, лемеха установлены ко дну борозды с большим углом $\alpha = 30$, что приводит к увеличению тягового сопротивления. В отличие от вышеперечисленных глубокорыхлителей, сравнительно лучшие показатели получены при работе рыхлителя ГР-2,7. К достоинству этого глубокорыхлителя можно отнести равномерное рыхление дна борозды. Однако тяговое сопротивление его при глубине рыхления от 40 до 50 см колеблется от 51,0 до 63,3 кН, что соответствует тяге трактора более высокого класса при работе на первой передаче.



Рисунок-3. Глубокорыхлитель
603-НИИ

В САИМЭ разработана конструкция глубокорыхлителя к трактору класса 4т, а Ташкентским опытным ремонтно-механическим заводом изготовлена опытная партия орудий 603 -НИИ (рис.3), которые в 1979 году были переданы хлопкосеющим хозяйствам для широкой хозяйственной проверки.

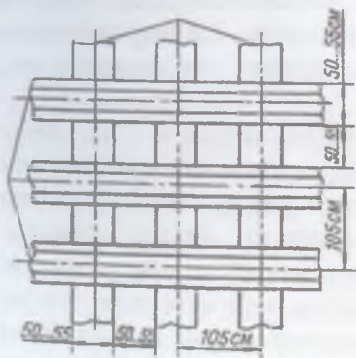
Глубокорыхлитель предназначен для рыхления почвы без оборота пласта на глубину до 50 см в зоне хлопководства и монтируется на раме канавокопателя – заравнивателя КЗУ-0,3Б.В отличие от выше перечисленных орудий, наиболее высокие показатели работы имеет глубокорыхлитель 603 НИИ, рабочим органом которого является лапа, состоящая из симметрично расположенных лемехов. Поэтому рабочий орган такого типа нами будет исследован в дальнейшем. Однако при проверке работы 603 НИИ выяснилось, что качество рыхления почвы не отвечает агротехническим требованиям и орудие имеет большое тяговое сопротивление, низкую производительность, большую массу, сложную конструкцию рамы и т.д.



Глубокорыхлитель ГРХ-2-50

Р.Ибраимова [16] установлено, что качественные и энергетические показатели глубокорыхлителей ГР-2,7, РН-80, 603-НИИ, из-за необоснованности параметров их рабочих органов, не отвечают агротребованиям рыхления подпахотного горизонта. Эти недостатки учтены при разработке глубокорыхлителя ГРХ-2-50 [2,15]

Глубокорыхлитель снабжен двум рабочим органом, шириной 0,5 м, глубина рыхления 0,5 м., угол крошение рыхлительной лапы $22^{\circ}30'$ и угол раствора 80° , стойка вертикального расположения. Глубокорыхлитель серийно выпускался и внедрен в сельском хозяйстве.

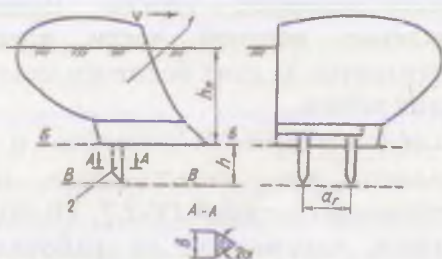


М.М.Муродов, О.Р.Кенжаев [7] занимались разработкой и созданием почвоуглубительных лап к двухъярусному плугу, для рыхления подпахотного горизонта почвы. Результаты их исследований послужили основой при создании технологии полосного рыхления почвы.

Такой прием обработки является технология вспашки с одновременным ленточным углублением пахотного горизонта на глубину до 45 см, с интервалами между разрыхленными лентами, равными ширине захвата плуга. Осуществляется она установлением на плуг только одной почвоуглубительной лапы за последним корпусом. Второе рыхление на данном поле производится через год обязательно в поперечном направлении, т.е, перпендикулярно первому. Поэтому не разрыхленными остаются только небольшие



квадраты. При вспашке плугом ПЯ-3-35 и ширине разрыхленной ленты 25...30 см не разрыхленными остаются квадраты размером 0,8 x 0,8 м.



На кафедре «Механика» Бухарского инженерно-технологического [22,23] института М.Мурадовым разработана конструкция ножей-рыхлителей к двухъярусному плугу, для разуплотнения плужной

подшвы на глубине до 45 см. Нож-рыхлитель имеет трапециевидальное сечение размеры которого намного меньше размеров сечения стойки почвоуглубительной лапы, установленные двухъярусному плугу. Эти ножирыхлители не обеспечивают достаточного заглубления и качественного рыхления плотных прослоек.

Исследования, проведенные А.К.Игамбердиевым [6] показывают, что рабочие органы глубокорыхлителя выполненные в виде широкозахватных плоскорежущих лап и взаимодействующие с почвой в условиях блокированного резания затрачивают излишнюю энергию на подрезание, деформацию и подъем почвы.

После прохода этих глубокорыхлителей в зоне разрушения почвы образуются глыбы (комки) размерами более 200...300 мм. В результате этого ухудшается качество обработки почвы. Этот глубокорыхлитель имеет долотообразный рабочий орган. Долото производит прямоугольное резание, и поэтому сопротивление почвы перемещению этому рабочему органу больше чем у стрельчатой лапы, которая производит косоугольное резание почвы. Снижение тягового сопротивления и повышения качества обработки почвы можно добиваться усовершенствуя технологический процесс работы и конструкции глубокорыхлителя, что не учитывается в изготовлении серийных орудий обработки почвы подпахотного горизонта

Р.И.Байметовым, А.Тухтакузиевым, Х.Р.Гафаровым [3] в 1990-1992 годы разработан глубокорыхлитель чизельного типа.

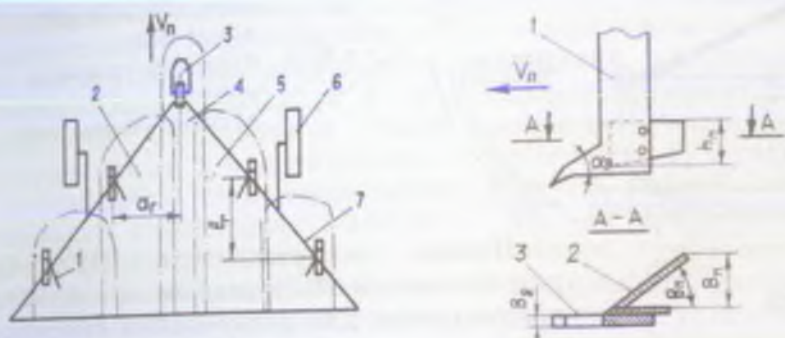


рисунок 4 Глубокыхлитель [3]

Глубокорыхлитель состоит из рамы 1 и закрепленных на ней последовательно и уступом – 3 центрального и боковых рабочих органов – 1, а также опорных колес 6 (рис.4).

Центральный рабочий орган орудия выполнен в виде стойки с рыхлительным элементом (долотом), выполненным в виде горизонтального двухгранного клина с горизонтально-поперечной режущей кромкой, а боковые рабочие органы – в виде односторонних левого и правого вертикальных рыхлительных пластин (клинов), установленных под углом β_{Π} к направлению движения. Технологический процесс работы орудия протекает следующим образом. При движении по полю центральный рабочий орган, расположенный первым по ходу орудия, рыхлит почву на заданную глубину, образуя взрыхленную зону 4. Боковые рабочие органы также рыхлят почву, образуя взрыхленные зоны 2 и 5. При этом все боковые рабочие органы благодаря тому, что выполнены в виде односторонних вертикальных клиньев и размещены на раме по клиновидной схеме, деформируют почву только в сторону зоны, взрыхленной предыдущим рабочим органом, т.е. в сторону ослабленных связей почвы, без ее подрезания и подъема.

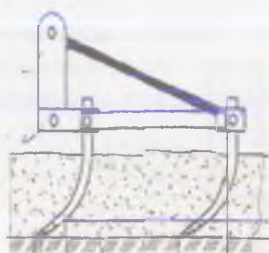
Однако, этот рыхлитель как макет экспериментального образца, прошел испытания только в пределах одного хлопководческого хозяйства.

а)

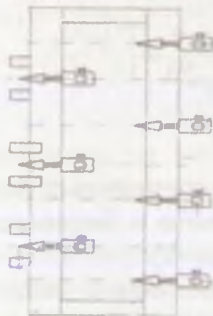
б)

в)

Схема чизеля-рыхли-



тела ЧРХ-5-50 [29]
а) вид сбоку;
б) стойка рабочего
органа;
в) стрельчатая лапа



Чизель – рыхлитель ЧРХ-5-50, разработанный Ф.Жураевым и УзМЭИ, предназначен для разрушения гипсовой прослойки, расположенной на глубине 0,4...0,45 м. ЧРХ-5-50 имеет пять или семь стрельчатообразных рабочих органов с шириной захвата каждого из них 0,2 м шахматного расположения междуследием 0,7 м. Из-за невозможности увеличения глубины и низкого качества рыхления

этот чизель – рыхлитель не нашел широкого применения.

Применение узкорыхлящей лапы не способствует уменьшению энергоемкости и увеличению полноты рыхления.

Г.М.Рудаковым и Р.И.Байметовым была обоснована технология послойного чизелевания почвы. Ими установлено, что для обеспечения мелкокомковатого рыхления почвы рабочие органы чизеля должны быть установлены в три ряда на различную глубину. Исследования Х.Бегимова показали, что применение чизеля для послойной обработки почвы значительно улучшает крошение почвы, сокращает кратность обработки и повышает на 1,5...2,0 ц/га урожай хлопка-сырца по сравнению с чизелем, у которого все рабочие органы установлены на одинаковую глубину.



И.С.Рузиевым [30] на основе изучения физико-механических свойств почвы Кашкадарьинского вилоята обоснована параметры и схема расстановки рабочих органов рыхлителя для обработки почвы под посевных культур.



Рыхлитель. Имеет пять рыхлительных лап шахматного расположения и предназначена для рыхления почвы на глубину 40 см. В условиях орошаемого земледелия для обработки почвы под хлопчатник и другие сельскохозяйственные культуры плоскорезом были проведены исследования направленные к модернизацию полунавесного культиватора - плоскореза - глубокорыхлителя КПГ -2,2, которого агрегатировали с трактором Т-100 МГС. КПГ -2,2 предназначался для глубокого рыхления подпахотного горизонта с одновременным внесением органических и минеральных удобрений [16]. Поэтому проведение исследований с целью разработки технологии и техники плоскорезной обработки в условиях орошаемого земледелия является актуальной и принципиально новым направлением.

Обзор зарубежных орудий безотвальной обработки почвы

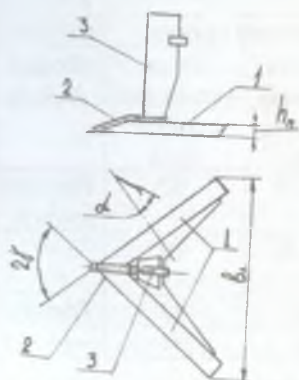


Рисунок-5. Рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы.
1-лемех, 2 - долото, 3 - стойка

В ГСКБ завода им.Октябрьской революции создана серия культиваторов-плоскорезов-глубокорыхлителей: КПГ-2-250, РПЯ-250 и т.д., которые предназначались для безотвальной вспашки почвы в зоне ветровой эрозии с сохранением стерни. Глубина обработки этих рабочих органов не превышает 25...30 см.

Общим для всего семейства плоскорезующих рабочих органов является то,

что в основу конструктивной схемы их положен трехгранный клин, симметричный относительно продольно-вертикальной плоскости. На рис.5. показан рабочий орган, основными конструктивными параметрами которого являются: угол 2γ раствора и угол крошения лемехов, ширина захвата лапы b_1 , значения которых в зависимости от почвенно-климатических условий колеблются в довольно широких пределах (табл.1).



Исследованиями В.В.Труфанова [14] установлено, что на стерневых полях, при глубоком рыхлении почвы, удовлетворительное качество работы обеспечивали лапы с углом крошения $\alpha = 25 \dots 30$. Им также установлено, что увеличение угла раствора от 84 до 120 не оказало существенного влияния на изменение качества их работы при глубоком и мелком рыхлении почвы по стерне пшеницы. Лапы с углом раствора $2\gamma = 180$, по сравнению со стрелчатыми, хуже крошат пласт на плотных почвах, а на рыхлых и влажных почвах часто обволакиваются корнями сорных растений, быстро залипают почвой и сгруживают ее впереди себя, в результате их заглубляющая способность ухудшается.

Таблица 1

**Параметры плоскорезящих рабочих органов,
рекомендуемых разными авторами.**

Ф.И.О. исследователя	Параметры рабочего органа				
	Угол раствора, град	Угол крошения, град	Высота подъема пласта, мм	Угол установки стойки, град	Форма долота
Труфанов В.В.	100...120	25	50...65	90	Плоская двухгр.
Грибановский А.П.	60...80	20...30	33...45	90	—
Грищенко А.В.	70...80	20...25	36	90	Трехгр.
Буряков А.С.	75	30...35	40	90	—

Значительное уменьшение угла раствора ведет к увеличению тягового сопротивления и снижению надежности лемехов.

По исследованиям Грибановского А.П. из условия минимального сгруживания почвы, наилучшей заглубляемости и минимального тягового сопротивления угол крошения лапы должен быть 20...30, угол раствора 60...80 и ширина захвата рабочего органа для работы в различных почвенно-климатических условиях, рекомендуют различные их значения (табл 1), удовлетворяющие агротехническим требованиям.



предъявляемым к обработке почвы в данной зоне для соответствующей культуры. Это объясняется тем, что при **выборе основных параметров рабочего органа** определяющими факторами являются тип и физико-механические свойства почвы данной зоны и агротехнические требования, предъявляемые к обработке почвы.

Следует отметить, что физико-механические свойства почв зоны орошаемого хлопководства существенно отличаются от свойств почвы зерносеющих районов, различны и агротехнические требования, предъявляемые к обработке почвы. Поэтому параметры плоскорежущей лапы, обоснованные и выбранные для работы в других почвенно-климатических условиях, не могут быть использованы в зоне хлопководства.

Рыхлитель РН-40 обеспечивает предплантажную обработку почвы и дальнейшую нормальную работу плантажных плугов и плугов общего назначения при вспашке тяжелых связных почв с крупными валунами, пнями, а также каменистых почв на глубину 80 см и 40 см в агрегате с тракторами класса 6 и 3 т.

Особенность их конструкции состоит в наличии мощных рыхлящих рабочих органов, снабженных прочной стойкой со сменными долотами и вертикальными режущими ножами. Рыхлитель РТН-2-25 в настоящее время снабжен автонавесками для более легкого их присоединения к тракторам Т-100 МГС. Рыхлители РН-40 и РТН-2-25 в 1966 г. успешно прошли государственные и хозяйственные испытания в Армении, Грузии, Молдавии и Таджикистане.

Плуги для вспашки почв засоренных камнями, расположенными в пахотном горизонте, отличаются от плугов общего назначения тем, что они снабжены предохранительными устройствами для автоматического выглубления корпусов при встрече с камнями и заглубления после преодоления препятствия.

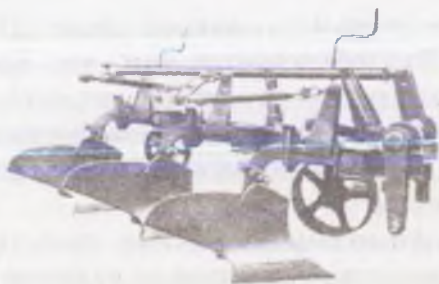


рисунок-6. Плуг навесной с автоматическим предохранителем для вспашки каменистых почв с удельным сопротивлением до $0,6 \text{ кг/см}^2$ ПКС-4-35 к тракторам класса 3т

Принцип действия предохранительного устройства заключается в следующем. Корпуса на раме установлены шарнирно. При наезде на препятствие одного (и более) корпусов он выглубляется и через систему тяг механизма выключения поворачивает назад понизители прицепа, а раму перемещает вперед. После прохода препятствия под действием силы тяги трактора понизители поворачиваются вперед, заглубляя корпус.

На серийных плугах ПКС-4-35 и ПКС-3-35 (рис.6. и 7) рассчитанных для вспашки легких почв с удельным сопротивлением до $0,6 \text{ кг/см}^2$ (Прибалтика, Северо-Запад) устанавливается навеска разомкнутого типа, у которой корпус изготовлен из двух шарнирно связанных звеньев удерживающих плуг в транспортном положении. Горизонтальность рамы обеспечивается установкой второго опорного колеса у заднего корпуса. Взамен предплужников на грядилах корпусов крепятся углоснимы, которые при встрече с камнем выглубляются вместе с корпусом.



рисунок-7. Плуг 3-х корпусный навесной для вспашки каменистых почв с удельным сопротивлением до $0,6 \text{ кг/см}^2$ марки ПКС-3-35 к трактору класса 1,4т



Глубококорыхлители – плоскорезы. Первый навесной культиватор-плоскорез КПЛ-3-150 (рис.8) имел 3 широкозахватные плоскорежущие стрельчатые лапы, закрепленные на жесткой раме, с углом раствора в плане $2\gamma=100^\circ$. При прохождении такого орудия на глубине 10-12 см по полю на поверхности сохранялось до 85-90% вертикально стоящей стерни, полностью подрезались сорняки на глубине хода рабочих органов и интенсивно рыхлился пласт.



рисунок-8. Навесной
культиватор – плоскорез
КПЛ-3-150 к тракторам
класса 3т

Более совершенным культиватором – плоскорезом, чем КПЛ-3-150, явился плоскорез КП-2-250 с шарнирно-секционным креплением рабочих органов к раме орудия. Простота конструкции и надежность в работе способствовали массовому внедрению КП-2-250 в сельскохозяйственное производство.

Для тракторов К.700 и Т-100 МГС была выпущена опытная партия культиваторов-плоскорезов КП-3-250, большинство узлов и деталей которых унифицированы с КП-2-250.

Сравнительно большая ширина захвата орудия (7,5м) и необходимость равномерной обработки почвы по глубине (с отклонениями ± 10 см) требуют, чтобы не только сами секции с рабочими органами, но и основная рама КП-3-250 были выполнены шарнирными.

Несмотря на видимые эксплуатационно-экономические преимущества, из-за недостатков в оснащении тракторов класса 3т навесной гидросистемой, навесные культиваторы-плоскорезы сейчас заменяются прицепными секционными гидрофицированными. Исследователями отечественных ученых (академика Бараева А.И.) доказана необходимость периодических глубоких безотвальных обработок почв, подверженных ветровой эрозии, глубококорыхлителями-



плоскорезами. Такие орудия к тракторам класса 3 т (КПГ-250) и 6т (КПГ-2-150) (рис.9) выпускаются серийно.



Рисунок 9.
Глубококорыхлитель-
плоскорез-культиватор КПГ-
2-150 для вспашки почв,
подверженных ветровой
эрозии.

КПГ-250 и КПГ-2-150 имеют мощные глубококорыхлящие (до 30см) плоскорезущие лапы, закрепленные жестко на раме орудия. Глубина хода регулируется опорными колесами с винтовыми механизмами телескопического типа. Наличие универсального навесного устройства позволяет эти глубококорыхлители агрегатировать с тракторами различного класса при разноглубинных обработках почв. Для борьбы со злостным корне-отпрысковым сорняком, а также с ветровой эрозией появившаяся на заводе создан и рекомендован к серийному выпуску культиватор-плоскорез КПУ-400.

Наличие сменных рабочих органов с различными углами раствора лемехов ($2\gamma=100^{\circ}-120^{\circ}$) и универсального навесного устройства обеспечивают работу орудия на разных глубинах. Орудие может навешиваться на трактора класса 1,4 и 3т. Дальнейшие работы по совершенствованию почвообрабатывающих машин и орудий для борьбы с ветровой эрозией направлены на создание комбинированных агрегатов.

Плуги чизельные и приспособления к ним. Навесные плуги чизельные ПЧ-4,5, ПЧ-2,5, ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 предназначены для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта безотвальной обработки почвы взамен зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления почвы на склонах и паровых полей.

Основными узлами плуга чизельного общего назначения ПЧ-4,5 являются (рис.10) : рама 1, рабочие органы 2, опорные



колеса 3, навеска 4, механизм регулировки глубины хода 5 и подставки 6.



рисунок 10. Плуг чизельный
общего назначения ПЧ-4,5

Плуги чизельные общего назначения ПЧ-4,5, ПЧ-2,5 и плуги ПЧК-4,5, ПЧК-2,5 для обработки почв, засоренных камнями, комплектуют двумя типами сменных лап: стрелчатыми плоскорежущими и рыхлительными долотообразными.

Рабочие органы чизельных плугов общего назначения устанавливают на раме с недорезом пласта по ширине захвата на различную ширину междуследия в зависимости от глубины обработки и твердости почвы. При обработке почвы на глубину 20-30 см рекомендуется ширина междуследия рабочих органов с рыхлительными лапами – 400 мм, а на глубину от 30 до 45 см – 500 мм. Стрелчатые лапы используют для обработки почвы на глубину до 30 см с шириной междуследия 500 мм.

В таком же порядке устанавливают рабочие органы чизельных плугов для обработки почв, засоренных камнями.

Плуги чизельные ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 для обработки почв, засоренных камнями, выполняют те же технологические операции, что и плуги чизельные общего назначения ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5. Рабочие органы плугов ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 снабжены устройствами для предохранения их от поломок при встрече с крупными камнями и другими препятствиями в процессе работы.

Тип предохранителей – индивидуально- пневмогидравлический.

Основные узлы навесного плуга ПЧК-4,5 к трактору тягового класса 5 (рис.11) – рама 1, рабочие органы 2, механизм регулировки глубины обработки 3, гидромеханизм 4, навеска 5,



подставка 6, пневмогидроаккумулятор 7, опорные колеса 8. Рабочий орган 2 вместе с грядилем и гидромеханизмом 4 соединен с рамой 1 шарнирно вертикальной осью вращения, обеспечивая подъем и обход рабочего органа при встрече с препятствием.

Такая конструкция защитного устройства позволяет рабочим органам обходить скрытые крупные камни и другие препятствия без извлечения их на поверхность поля и автоматически возвращает рабочие органы в исходное положение после прохода препятствия. В конструкции защитного устройства предусмотрена фиксация отключенного рабочего органа в поднятом положении, что позволяет уменьшить ширину захвата орудия при работе в тяжелых условиях.



рисунок 11. Плуг чизельный ПЧК-4,5 для обработки почв, засоренных камнями, к трактору тягового класса 5.

Плуг чизельный навесной ПЧК-2,5 имеет аналогичное устройство и отличается от плуга ПЧК-4,5 меньшей шириной захвата.



рисунок 12. Плуг чизельный ПЧК-2,5 для обработки почв, засоренных камнями, к трактору тягового класса 3

Техническая характеристика плугов марки ПЧК, агрегируемые с тракторами тягового класса 3 приведены в таблице 2



Наиболее крупным производителем глубокорыхлителей в Германии являются фирмы "Rabewerk" и "Rau". В табл.3 и 4 приведены краткие характеристики некоторых моделей глубокорыхлителей фирмы "Rabewerk".

Техническая характеристика плугов ПЧК Таблица 2

Показатели	Марка орудия			
	ПЧ-4,5	ПЧ-2,5	ПЧК-4,5	ПЧК-2,5
Рабочая ширина захвата, м	4,5	2,5	4,5	2,5
Максимальная глубина обработки, см	45	45	45	45
Рабочая скорость, км/ч	До 8	До 8	До 8	До 8
Производительность за 1 ч основного времени, га	До 3,6	До 2,0	До 3,6	До 2,0
Рабочие органы	Рыхлительные и сменные стрельчатые лапы			
Число рабочих органов на раме	9	5	9	5
Стойки рабочих органов	Жесткие			
Тип предохранительного устройства рабочих органов	Предохранитель и срезного типа		Гидропневматический предохранитель	
Ширина захвата лап, мм	70	70	70	70
рыхлительных стрельчатых	270	270	270	270
Ширина междуследия рабочих органов, мм	400-500	400-500	400-500	400-500
Общая масса, кг	1980	950	2445	1560
Габаритные размеры, мм				
длина	2050	1650	3300	2500
ширина	3980	2500	4350	2650
высота	1900	1580	1990	1850

Таблица 3

Техническая характеристика одностоечных глубокорыхлителей фирмы "Rabewerk"

Модель	Потребная мощность, кВт	Масса, кг	Высота рамы, см	Максимальная глубина, см	Ширина долота, см
Wurger 4/80	До 60	195	85	80	8,11
Wurger 4/95	От 60 и выше	513	100	95	11,15

Таблица 4.



**Техническая характеристика многостоечных
глубокорыхлителей фирмы
"Rabewerk"**

Модель	Мощность, кВт	Масса, кг	Число рабочих органов	Между следие, см	Высота рамы, см	Максимальная глубина, см	Ширина долота, см
W-65/II-80	От 70	935/955	2	92-210	80/100	65/80	8 и 11
Sprosser S-65/III-80	От 100	1125/1155	3	50-105	80/100	65/80	8 и 11
Sprosser - Avant S-A 65/IV-80	От 130	1530/1570	4	95-110	80/100	65/80	8 и 11
	150	1487	5	65	90	55	7

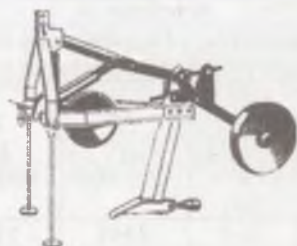


рисунок.13. Одностоечный глубокорыхлитель "Wurger 4/95" фирмы "Rabewerk"

Стойка имеет наклон около 15° , оснащается плоским долотом и сменной накладкой (ножом) с симметричной заточкой. В качестве дополнительного оборудования прикладывается кротователь для прокладки кротовины диаметром 50 мм. Впереди стойки может устанавливаться дисковый нож диаметром 500 мм. Глубина рыхления регулируется опорным колесом. Распорка орудия шарнирная, удерживается в рабочем положении двумя пружинами. При наезде рабочего органа на препятствие, распорка «переламывается» и орудие выглубляется, поворачиваясь относительно оси подвеса навески.



рисунок 14. Глубокорыхлители
фирмы "Bomford"

В качестве примера глубокорыхлителей, выпускаемых в Великобритании, на рис. 14 показаны три модели орудий фирмы "Bomford": сверхтяжелый глубокорыхлитель модели SSP на глубину до 80 см, тяжелый – модели SSS на глубину до 70 см и среднетяжелый – модели SSF на глубину до 60 см.

Ввиду значительной высоты стоек, работающих на глубину 60-80 см, возникают трудности с обеспечением необходимого клиренса при подъеме орудия в транспортное положение.



А – прямая рыхлительная стойка:
1 – стойка, 2 – сменная накладка,
3 – долото, 4 – уширители;

Б – стойка щелевателя со сменным наконечником; В – стойка со сменным долотом; Г – наклонная стойка плуга – рыхлителя «Параплау»: 1 – стойка, 2 – сменные ножи, 3 – долото, 4 – башмак, 5 – пластина с изменяемым наклоном;

Д – круглое долото с дреном;

Е – стойка с уширителями;

Ж – стойка с шарнирным дренажом; З – стойка с уширителем щели;

И – стойка с бороздообразователем.

рисунок 15. Сменные рабочие органы глубокорыхлителей-щелевателей. На рис. 15 показаны наиболее распространенные сменные рабочие органы, которыми оснащаются глубокорыхлители – щелеватели зарубежного производства. Как видно из рисунка, фирмы-производители стремятся расширить диапазон применения орудий путем использования сменных рабочих органов. Так, для повышения долговечности, стойки оснащаются сменными накладкой (А), наконечником (Б),



долотом (В), ножами (Г). Для прокладки дренажа к стойкам крепятся сменные дрены (Д и Ж). Для повышения влагоемкости щелей применяют уширители (З). Для подделки канав с целью сброса значительного количества воды к стойке крепят бороздообразователь (И).

На рис.16 показаны четыре типа рабочих органов глубокорыхлителя, выпускаемого французской фирмой "Ransoms France". Первые два отличаются друг от друга наклоном стойки и способом крепления к раме. Первый имеет наклон стойки к вертикали 10° и жесткое крепление к раме. Второй имеет наклон в 15° и крепится к раме шарнирно с возможностью поворота в горизонтальной плоскости при наезде на препятствие. Долота сменные: при работе на глубину до 45 см долото имеет сечение 152×25 мм, на глубину до 56 см – 203×25 мм. Третий тип рабочего органа предназначен для щелевания, долото выполнено из стержня круглого сечения диаметром 76 мм, сзади долота крепится дреномер.

На четвертом типе рабочего органа закреплены уширители в виде двух пластин, поставленных под большим углом к дну борозды для повышения крошения почвы по всей глубине обработки.



рисунк.16. Типы рабочих органов глубокорыхлителя фирмы "Ransoms France".

Сменные рабочие органы глубокорыхлителя фирмы "Rome Industries" [20] (США), показанные на рис.17, включают литое долото, выполненное совместно с уширителем, литое обратное долото, сменное литое долото с приваренными лапами уширителя с общей шириной захвата 457 мм, сменные



уширительные лемеха с общей шириной захвата 610 мм. На рис.18. показан одностоечный глубокорыхлитель фирмы "Gard" (Франция). Стойка рыхлителя оснащена быстросъемным долотом и жестко закрепленным дреномером. Угол наклона долота равен 30° , а стойки – 15° . На стойку могут



рисунк.17 Сменные рабочие органы глубокорыхлителя фирмы "Rome Industries"



рисунк. 18. Одностоечный глубокорыхлитель фирмы "Gard" и сменные уширители к нему.

устанавливаться также долота с уширителями шириной захвата 200 и 300 мм. Для увеличения долговечности и износостойкости долот на их рабочей поверхности приварены стержни из высокопрочной стали.

Одной из основных проблем, на разрешение которых направлены поиски конструкторов и изобретателей, является снижение тягового сопротивления глубокорыхлителей и энергоемкости процесса в целом, а также повышение качества крошения почвы. Поиск ведется в направлении оптимизации параметров рабочих органов, рационального воздействия их на почву, комбинации различных рабочих органов, использование по ярусного рыхления почвы и др. Некоторые наиболее интересные технические решения рассмотрены ниже.



рисунок 19. Рабочий орган
глубокорыхлителя по заявке
Великобритании № 1595784

В заявке Великобритании, в целях повышения степени крошения почвы долото стойки глубокорыхлителя дополнено уширителями имеющими криволинейную форму рабочей поверхности (рис.19). Долото и уширители размещаются в два яруса.

Размещение уширителей на небольшом расстоянии от долота не обеспечивает значительного их влияния на степень крошения почвы. Также нельзя признать рациональной форму профиля уширителей: большой угол в начале и уменьшение его в конце крыла уширителя не приводят к снижению тягового сопротивления.

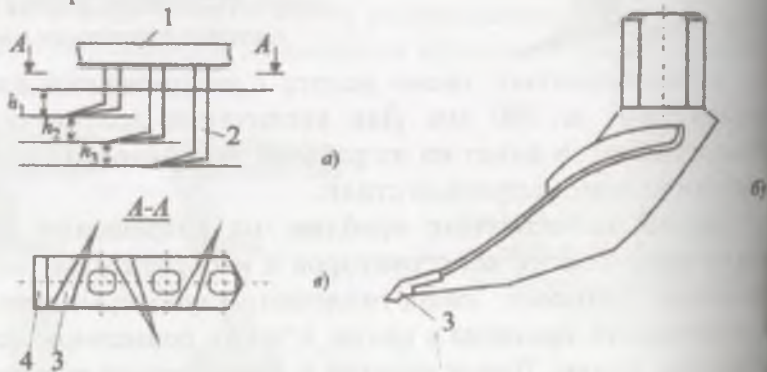


рисунок.20 Ярусный глубокорыхлитель по АС № 1079187

С целью снижения энергоемкости предлагается поярусная установка нескольких рабочих органов 2 (рис.20,а). Долото каждого рабочего органа имеет отвальчики 3 (рис.20,б), которые поочередно направлены в противоположные стороны (рис.20, в). Благодаря тому, что каждый рабочий орган рыхлит почву на небольшую глубину h_1, h_2, h_3 Суммарная сила сопротивления ожидается меньше. Чем при использовании



одного рабочего органа на полную глубину. Кроме того, отвальчики 3, отклоненные к разные стороны, повышают степень крошения почвы.

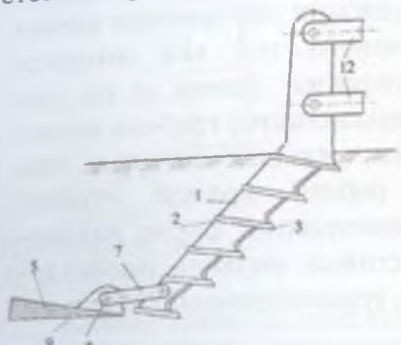


рис. 21 Глубокорыхлитель по АС № 1042627

Принцип поярусного рыхления использован в техническом решении (рис.21). Глубокорыхлитель включает установленную под отрицательным углом резания стойку 1 и расположенные на ней по высоте ряд долот 2 с выступающими вперед лезвиями 3. На нижнем конце стойки шарнирно закреплена двукрылая лапа

9 со сходящимися к оси симметрии ребрами 5. Ширина долот уменьшается от поверхности поля к основанию стойки. Прямые стойки с долотом имеют существенный недостаток: при значительном тяговом сопротивлении у них ограниченная зона рыхления, а на дне борозды по следу прохода двух соседних стоек остается гребень значительной высоты. Поэтому большинство иностранных фирм перешли на выпуск глубокорыхлителей и плугов-рыхлителей с рабочими органами в виде наклонных стоек типа «Параплау», т.е. кроме вертикальной стойки они оснащаются дополнительными элементами для горизонтального подрезания и дополнительного рыхления почвы. Схемы рыхления почвы вертикальной и наклонной стойками показаны на рисунках 22 и 23.



рисунки 22-23. Схема рыхления почвы прямой (а) и наклонной (б) стойками



рисунок. 24 Плуг –
рыхлитель "Terraplow" фирмы
"Rau" с наклонными стойками

Из схемы видно, что если вертикальная стойка деформирует почву сжатием и смятием, то при деформации почвы наклонной стойкой имеются элементы ее сдвига, а на дне борозды остается гребень значительно меньшей высоты, чем при работе прямой стойки. Несимметричная форма наклонной стойки вызвала необходимость уравнивания боковой реакции почвы. Поэтому наклонные стойки устанавливают на раме либо симметрично относительно продольной осевой линии агрегата, либо попарно горизонтальными полками навстречу друг другу (рис.24 и 25)



а)



б)

рисунок 25. Рабочий орган (а) рыхлителя "Deltaplow" фирмы "Rau Sicam" и схема рыхления почвы (б) двумя стойками



а)



б)

рисунок.26. Схема расстановки наклонных стоек

В зависимости от расстановки рабочих органов, можно получить сплошное рыхление почвы (рис.26,а) или полосное (рис.26,б).

для сплошного (а) и
полостного (б) рыхления



рисунок 27.
Глубокорыхлитель по
АС № 1011061

С целью повышения качества крошения почвы по всей глубине рыхления в АС № 1011061, предложен глубокорыхлитель с несколькими колеблющимися долотами, расположенными попарно на стойке шарнирно и соединены между собой и с эксцентриковым вибратором штангой. Вылет носка каждого ниже расположенного долота больше предыдущего.

Новые способы рыхления почвы [20]. Рабочие органы глубокорыхлителей (стойка, долото, уширители) по своей форме представляют собой двух или трехгранные клинья, поэтому воздействуют на почву сжатием или смятием, т.е. наиболее энергоемкими деформациями.

Структура почвы в естественном состоянии включает множество почвенных комков разного размера, связанных между собой силами сцепления. Разорвать связи между частицами с минимальными энергозатратами можно либо путем деформации растяжения, либо вибрацией, когда почвенные частицы испытывают интенсивные колебательные движения и перемещаются относительно друг друга. При этом неоднородность сложения почвы и наличие в ней разных дефектов (пустот, трещин, корней растений и т.п.) приводит к концентрации напряжений вокруг дефектов, что также приводит к снижению энергозатрат.

Использование колебаний высокой частоты звукового и ультразвукового диапазона. Колебания такой частоты применяют в землеройных и дорожно-строительных машинах. При наложении на рабочие органы землеройных машин колебаний с частотой 20-100 Гц и 18-22 кГц усилие резания грунтов снижалось в 2-5 раз и более. Было установлено, что при этом снижаются силы трения и сцепления грунта. Однако, полностью. Механизм процесса резания при воздействии



колебаний высокой частоты и причины снижения энергозатрат не установлены.

Колебания рабочих органов осуществлялись, в основном, использованием магнитострикционных источников колебаний, однако для мобильных землеройных и дорожно-строительных машин имеются большие трудности с энергообеспечением таких устройств.

Опыты по резанию мерзлого грунта с помощью режущего профиля и излучателя электромагнитной энергии, который помещался над поверхностью грунта показали, что для снижения механической прочности мерзлого грунта необходима определенная продолжительность воздействия электромагнитной энергии. Максимальное снижение энергозатрат происходило при скорости движения режущего профиля меньше 0,4 м/с. При скорости превышающей 0,4 м/с эффекта от применения вибрации не было.

Рыхлитель плотных грунтов (рис.28) включает энергетическую машину 1, четырехзвенный механизм навески с гидроцилиндром 2 с передней 3 и задней 4 стойками и магнитострикционный вибратор 5 в виде катка с радиальными колебаниями. Задняя стойка 4 имеет консоль 8, на которой установлены зубья 9.

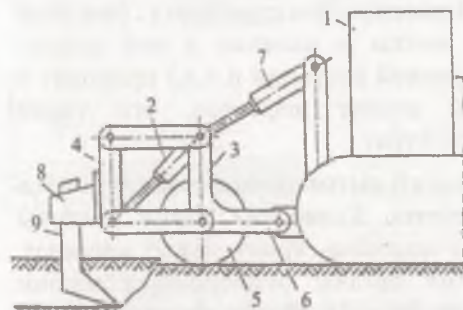


рис. 28. Рыхлитель плотного грунта с магнитострикционным излучателем в виде катка по АС № 783424

На рис.29. показан рыхлитель, снабженный магнитострикционным вибратором. Рыхлитель включает



стойку 1, шарнирно закрепленную на базовой машине 2 и управляемую гидроцилиндром 3. На стойке 1 смонтирован основной зуб 4 и дополнительный зуб 5, к которому подводятся ультра-звуковые колебания через вибратор 6.

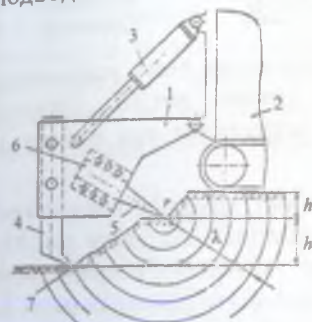
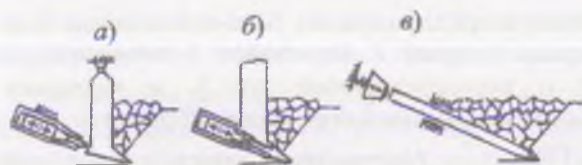


рис. 29. Рыхлитель с дополнительным зубом, снабженным магнитострикционным вибратором по АС № 1046436

Расстояние между режущей кромкой 7 основного зуба и режущей кромкой 8 дополнительного зуба равно длине волны λ колебаний вибратора 6 и зуба 5. Высота расположения h_2 режущей кромки 8 над режущей кромкой 7 равна половине длины волны $\lambda/2$. При указанных соотношениях глубин рыхления основной зуб 4 рыхлит грунт, разупрочненный колебаниями дополнительного зуба 5 с вибратором 6. Эффективность рыхления обеспечивается за

счет снижения сопротивления резанию основного зуба, что позволяет увеличить глубину рыхления и производительность.

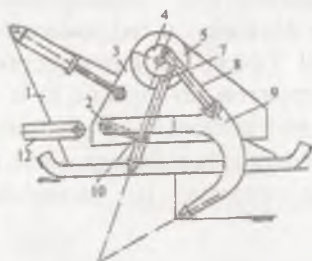
Виброударный способ рыхления. Для рыхления прочных грунтов эффективным является виброударный способ, при котором стойки рыхлителя подвергаются периодическим ударам посредством пневмо- и гидромолотов по схемам, показанным на рис.30 (а,б,в). Преимуществом виброударных способов рыхления грунтов по схемам а) и б) является их компактность, недостатками – большая диссипация энергии, ограниченная мощность молотов из-за их расположения ниже поверхности грунта и сложность изменения угла резания



рисунк.30.
Схемы трех
способов
виброударного
рыхления
грунтов

Недостатки первых двух способов могут быть устранены при использовании способа по схеме рис.30. Однако громоздкость конструкции молота затрудняет его работу в стесненных условиях.

Для рыхления мерзлых и прочных грунтов предложен рыхлитель ударного действия, показанный на схеме рис.31. Устройство включает раму 1, к которой посредством центральной оси 2 шарнирно присоединена подвижная рама 3. На подвижной раме 3 закреплен коленчатый вал 4 с маховиком 5, который приводится во вращение гидромотором. На коленчатом валу шарнирно закреплены: ударник 7 с клиновидным наконечником и приводное звено 8, которое вторым концом шарнирно соединено с ударником 9, имеющим клиновидный наконечник. Ударники 7 и 9 расположены в продольной плоскости, совпадающей с направлением движения машин. Рыхлитель работает следующим образом. При вращении коленчатого вала 4 приводится в движение оба ударника. Ударник 9, качаясь вокруг оси 2, наносит удар по свободной стенке забоя на глубине рыхления.



рисунк. 31. Рыхлитель ударного
действия по АС №949089

Одновременно ударник 7 наносит удар по поверхности массива почвы по траектории, определяемой радиусом качания коромысла 10. Применение предлагаемого устройства обеспечивает повышение производительности благодаря совместному воздействию ударников по пересекающимся траекториям.

В устройстве для рыхления мерзлых и прочных грунтов разрушение сколотой грунтовой призмы осуществляется плитой с зубьями 9, на которой установлен дебалансный вибратор 10 (рис.32). Одновременно с внедрением в грунт зуба 6 с наконечником 7 и скалывания грунтовой призмы на нее опускается плита с зубьями 9 и вибратором 10. Зубья 9 обеспечивают концентрацию напряжений в грунте и производят в нем первоначальное трещинообразование в направлении наконечника 7, облегчая его работу.

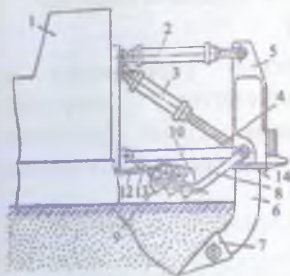


Рисунок-32. Устройство циклического действия для рыхления грунта по АС №977618

Рабочие органы с газовоздушной смазкой [20] Для снижения сил трения при перемещении почвогрунтовой массы по развитым рабочим поверхностям рабочих органов почвообрабатывающих и землеройных машин используют газовоздушную смазку. Газ подается под давлением 0,1-0,15 МПа на рабочую поверхность рабочих органов для создания газовой прослойки между средой и металлической поверхностью.

Применение газовоздушной смазки наиболее целесообразно на плотных песчаных, суглинистых и глинистых почвогрунтах, находящихся во влажном и переувлажненном состояниях. Степень снижения коэффициента трения грунта по металлу при условии газовоздушной смазки определяется давлением и расходом воздуха, типом грунта и его влажностью. Для песчаных и супесчаных грунтов коэффициент трения снижается на 65-70%, для суглинков и глин на 75-90 %.

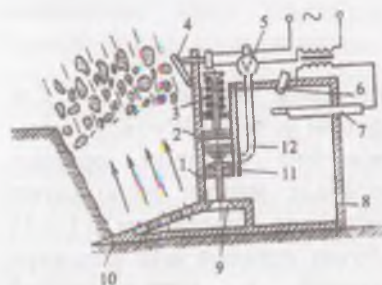
В РИСХМ проводились опыты по применению газовоздушной смазки с целью снижения трения при работе корпуса плуга. На экспериментальной установке использовался



непрерывный наддув воздуха через перфорированную поверхность с диаметром отверстий 0,6 мм, давление наддува 1,5...5 атмосфер. Снижение трения наблюдалось при работе на черноземе плотности 1,25 г/см³, влажности более 25% и высоте пласта более 7-8 см. Ввиду того, что рабочие органы глубоких рыхлителей имеют слабо развитую рабочую поверхность долота и стойки использовать газовоздушную смазку для них нерационально.

Рабочие органы с газодинамическим воздействием на почвогрунт [20]

При газодинамическом воздействии разрушение и перемещение почвогрунта производится энергией расширяющихся газовоздушных потоков. Схема действия газодинамического интенсификатора процесса рыхления грунта показана на рис-33.

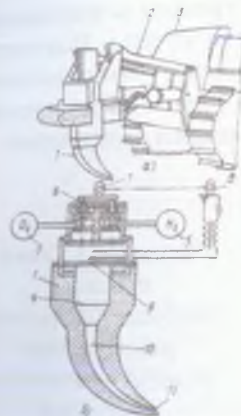


рисунк-33. Схема работы землеройной машины, оснащенной газодинамическим интенсификатором

На бульдозерном отвале 1 установлены камеры сгорания 8 и нож 10 с выхлопными отверстиями. Через патрубок 6 в камеру 8 подается топливно-воздушная смесь, которая воспламеняется свечой 7 при срабатывании датчика 4. Взрывообразное истечение продуктов сгорания обеспечивает клапан 9, который открывается при достижении максимального давления в камере 8. Поток газа через решетку ножа 10 воздействует на грунт, разрушает и перемещает его. Регулирующий клапан 2, диффузор 11 и пружина 12 обеспечивают закрытие клапана 9 при зарядке камеры и быстрое открывание при сгорании смеси. Время открытия



клапана 9 регулируется краном 5 в отводном канале 12, выпускающем газ в атмосферу.



Перспективным является применение интенсификаторов газодинамического воздействия при глубоком рыхлении почвогрунтов (рис. 34). Рыхлитель 1 присоединен к трактору 3 с помощью навески 2. Зуб рыхлителя в верхней части снабжен камерой сгорания 4 с центральным каналом 10, который заканчивается в наконечнике зуба.

рисунк-34 Схема рыхлителя газодинамического действия.

Камера сгорания и канал имеют форму, обеспечивающую создание детонационной ударной волны, распространяющейся вдоль по каналу после воспламенения горючей смеси. Детонационная волна, проходящая через отверстие 11, создает вторичную реакцию или взрыв в грунте. Кислород и газообразное топливо (водород, ацетилен) поступают от специальных источников 5. Газовоздушная смесь воспламеняется свечой зажигания 9. В цепь зажигания входит батарея, катушка и кулачковый выключатель 8. Изучение разрушения мерзлого грунта рыхлителем с газодинамическим интенсификатором позволило установить две фазы процесса. В первой фазе (рис.35,а) происходит механическое деформирование грунта зубом, при этом в грунте образуется прорезь, поперечное сечение которой в верхней части имеет форму трапеции (F_1), а нижней - прямоугольника (F_2) (рис.35,б). Во второй фазе (рис.35,б и в), в момент детонационного взрыва, происходит интенсивное разрушение грунта в зонах F_2 и F_3 .

Следует отметить следующие особенности разрушения грунта с помощью газодинамического интенсификатора. При внедрении в грунт рабочего органа в нем образуются трещины,



которые являются концентраторами напряжений при последующем динамическом расширении газа. Газ, внедряясь в трещину, действует как клин. Раскрытие трещин в основном происходит в сторону дневной поверхности грунта. Поэтому разрушение грунта газодинамическими импульсами осуществляется преимущественно за счет деформаций разрыва, т.е. наименее энергоемкой деформацией разрушения.

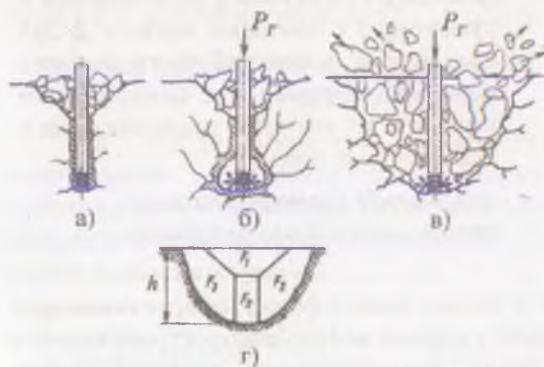


Рисунок-35. Схема процесса разрушения грунта рыхлителем газодинамического действия.

Недостатками орудий газодинамического действия являются цикличность работы и большое динамическое усилие отдачи. Отдачу можно практически исключить, располагая выхлопные отверстия в боковых стенках зуба, т.е. перпендикулярно направлению движения.

Немецкой фирмой "Deutsche Witzemachinen Gesellschaft" предложена принципиально новая конструкция глубокорыхлителя. В конструкции отсутствует стойка рыхлителя, на которой крепится долото (рис.36). Связь долота с машиной осуществляется посредством мощного электромагнита, установленного на навесной системе трактора. Для направленного воздействия магнитного поля порядка 150 тыс. Гаусс, электромагнит закрыт полусферой, выполненной из специальных материалов. Электромагнит действует подобно устройствам для поездов на магнитной подушке. При движении агрегата долото перемещается по почве и производит ее рыхление, не нарушая поверхностный

слой почвы. Электромагнит в состоянии удерживать долото на глубине до 0,5 м.

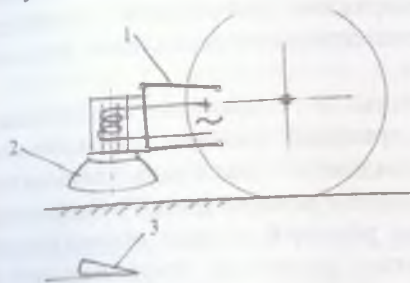


Рисунок- 36.
Электромагнитный
рыхлитель фирмы "DWG"Λ

- 1 – навеска трактора;
- 2 – сфера электромагнита;
- 3 – долото рыхлителя

Значительное снижение тягового сопротивления электромагнитного рыхлителя достигается за счет отсутствия стойки и меньшей зоны рыхления. Кроме того, отсутствие рамы орудия, гидроцилиндров и других узлов позволяет резко снизить его металлоемкость. Недостатками электромагнитного рыхлителя являются опасность потери долота при остановке двигателя или генератора, а также то, что обрабатываемое поле должно быть очищено от металлических предметов, в противном случае они будут втянуты в процесс и увеличат тяговое сопротивление. Стоимость электромагнитного рыхлителя также весьма высока.

Деформация почвы. В сельском хозяйстве резание и переворачивание пласта почвы плугом называется вспашкой. Резание и отделение слоев почвы в виде комков или сыпучего материала с объемом пор и пустот значительно большими, чем до разработки или механического разрушения, называется рыхлением. В процессе рыхления почва разрушается в пределах определенного объема, ширина которого на поверхности поля превышает ширину рыхлящего элемента.

Под зоной разрушения подразумевается слой почвы, где происходит трещинообразование, ведущее к увеличению ее вспушенности и скважности, что является основной задачей рыхления. В технологическом отношении рыхление почвы является процессом отделения от почвенного массива кусков и слоев инструментом клинообразной формы, а в физическом понимании – механическое разрушение почвенного массива.



Основные геометрические размеры и форма зон рыхления почвы зависит от физико-механических свойств почвы, количество и очертание рыхлящего элемента, положения лезвия лемеха относительно направления резания и поверхности поля.

Орудия обработки почвы в поливном земледелии устроены и действуют по принципу резание с отделением стружки. Но из-за разновидности рыхлящих элементов имеются также различные способы резания (рис.37). Например в зависимости от положения режущей кромки относительно направления движения агрегата различают прямоугольное, косоугольное резание. При этом резание может осуществляться прямолинейной или ломанной режущей кромкой с одной или с двумя гранями.

В зависимости от схемы расстановки рабочих органов в раме орудия существуют различные условия процесса резания: заблокированное, деблокированное и свободное.

Для рыхления почвы подпахотного горизонта на глубинах 0,3...0,6 могут быть применены все виды резания.

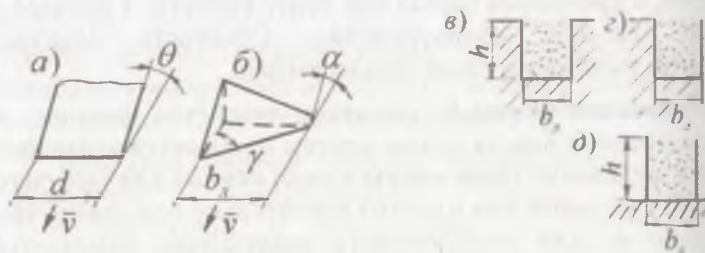


Рисунок-37. Разновидности рыхления (резания):
а) прямоугольное резание; б) косоугольное резание
в) резание ломанной режущей кромкой;
г) заблокированное резание; д) деблокированное резание;
е) свободное резание

Прямоугольное резание осуществляется рыхлящим элементом в виде долота, которое характеризуется параметрами: углом вхождения в почву (угол крошения) α , ширина захвата d и длина рабочей поверхности ℓ_0 . При этом

почва деформируется не только в поперечном, но и в продольном направлении, дно зоны рыхления получается ровным, а форма поперечного сечения - трапециидальная.

В продольном направлении зона распространения деформации определяется углом бокового скалывания и расстоянии зоны характеризуется углом бокового скалывания и шириной распространения деформации почвы (рис.38).
 $\ell_p = h \cdot \operatorname{ctg} \psi_1$; $B = d + 2h \cdot \operatorname{ctg} \psi$

Площадь поперечного сечения трапеции определяется следующей формулой: $A_d = dh + h^2 \operatorname{ctg} \psi$ (1)

Косоугольное резание осуществляется рыхлящим элементом в виде лемеха с одним или двумя рабочими гранями, который называется рыхлительной лапой с основными параметрами: ширина захвата - b ; угол груди - θ ; угол раствора - 2γ ; угол крошения - α .

В процессе разрушения почвы рыхлительной лапой дно зоны рыхления получается ровным, а форма поперечного сечения трапециидальной. (рис.38). Площадь поперечного сечения зоны рыхления определяется по следующей формуле:

$$A = bh + h^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) отличаются тем, что в одном случае площадь зоны рыхления зависит от ширины захвата долота - d , а в другом от ширины захвата рыхлительной лапы - b . При равных значениях d и b (при $h = \operatorname{const}$ т $\psi = \operatorname{const}$) получим, что $A_d = A$, т.е. площадь зоны рыхления произведенного долотом равна площади зоны рыхления, произведенного рыхлительной лапой.

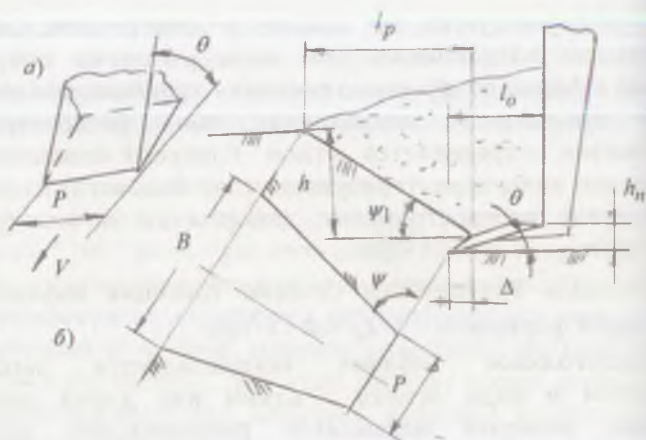


Рисунок-38. Схема определения зоны деформации
а) клин; б) зона рыхления; в) поперечное сечение
деформированной зоны

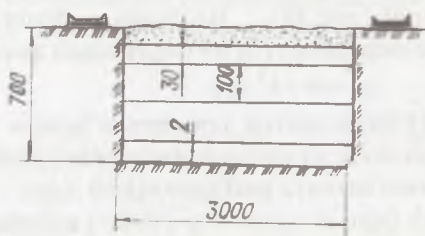


Рисунок-39.
Поперечный разрез
поля с окрашенными
слоями почвы

Изучение деформации почвы в зависимости от основных параметров рыхлительной лапы проводилось в лабораторных и полевых условиях с применением окрашенных постелей. Для этого в яму размером 3 x 30 м в плане и глубиной 0,7 м засыпалась почва с чередованием окрашенных слоев через каждые 0,1 м (рис.39). Почва для создания однородного фона предварительно просеивалась через решето с размером ячеек 1 мм. После закладки очередного слоя почва разравнивалась планировщиком. «Постели», но крашенные слои почвы, в течение зимы и осени находились в естественных условиях. По физико-механическим свойствам были идентичны почве полей предназначенных для рыхления.

Изучение продольной и боковой деформации почвы проводились в зависимости от угла крошения α и ширины захвата рыхлительной лапы - b .

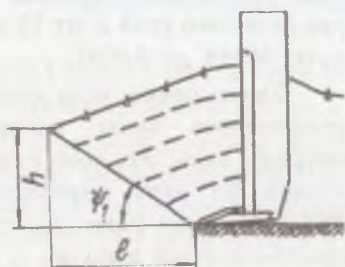


Рисунок-40. Продольная деформация почвы рыхлительной лапой

Эти разрезы фотографировали и зарисовали через стекло на кальку. По полученным данным определяли углы продольного и бокового скалывания почвы. Углы продольного и бокового скалывания будут равны

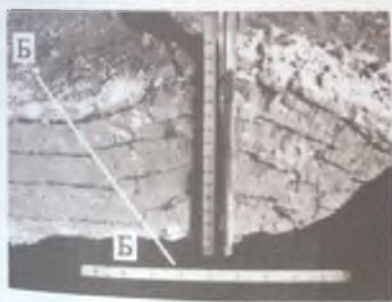
$$\operatorname{tg} \psi_1 = \frac{h}{b}; \quad \operatorname{tg} \psi = \frac{h}{c} \quad \text{или}$$

$$\psi_1 = \arctg \frac{h}{b}; \quad \psi = \arctg \frac{h}{c}$$

На продольных разрезах (рис-40) видна продольная плоскость скалывания А-А, а на поперечных получено направление боковой плоскости скалывания почвы Б-Б (рис.41). угла

$$\psi_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2} \quad (3)$$

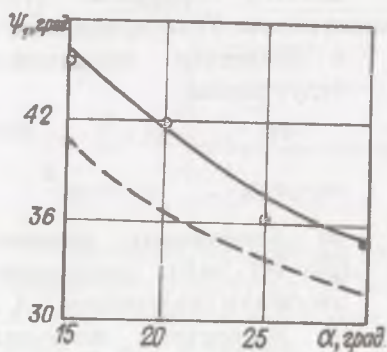
Рисунок-41. Боковая деформация почвы рыхлительной лапой





Изменение угла крошения лемеха существенно влияет углы продольного и бокового скалывания. На рис.42 показано изменение угла продольного скалывания в зависимости от угла крошения лемеха. Как видно из рисунка, что увеличением угла α от 15° до 30° приводит к уменьшению угла ψ_1 от $46^\circ 44'$ до $34^\circ 30'$.

Уменьшение угла продольного скалывания приводит к увеличению зоны распространения деформации почвы впереди лапы. Эта зона определяет точку крепления опорного колеса на раме глубокорыхлителя. Если опорные колеса прикрепить на раме внутри зоны деформации, то они будут проваливаться в почву, и не будет выдерживаться заданная глубина хода рыхлительной лапы. При этом, глубина рыхления увеличивается от заданной, что приводит к увеличению тягового сопротивления глубокорыхлителя. Поэтому опорное колесо надо устанавливать вне зоны распространения деформации почвы.



Длина распространения деформации почвы впереди лапы зависит от угла груди, в свою очередь который связан с углом крошения рыхлительной лапы.

Рисунок-42. Изменение угла продольного скалывания почвы в зависимости от угла крошения лемеха
Экспериментальная кривая — — —

Теоретическая кривая — — —

На основании экспериментальных данных, методом наименьших квадратов выведена эмпирическая формула характеризующая зависимость углов продольного ψ_1 и бокового ψ скалывания почвы от угла крошения рыхлительной лапы α , т.е.

$$\psi_1 = 0,04\alpha^2 - 2,6362\alpha + 76^\circ 39'$$

$$\psi = 0,01\alpha^2 - 1,63\alpha + 83^{\circ}55' \quad (5)$$

Из расчета формулы получено что, изменение угла бокового скалывания почвы в зависимости от угла α , откуда видно, что с увеличением угла α от 15 до 30° значение угла ψ уменьшается от 61°42' до 44°18'.

Изменение ширины лапы b от 0,4 до 0,7 м (при $\alpha = 20^\circ$; $L = 0,9$ м) не привело к существенному изменению углов ψ_1 и ψ

Результаты экспериментов по изучению ширины захвата b и угла крошения α на величину зоны распространения деформации в поперечном направлении приведены в таблице 5

Из таблицы 5 видно, что с изменением лапы - b от 0,4 до 0,7 м при рыхлении почвы на глубину 0,5 м, ширина распространения деформации B возрастает от 1,21 до 1,5 м, а при рыхлении пашни - от 0,82 до 0,109 м

Размеры распространения деформации почвы рыхлительной лапой (трехгранный клин) и долото (двухгранный клин) одинаковы.

Таблица-5

Зона распространения деформации в поперечном направлении в зависимости от ширины захвата рыхлительной лапы b и угла крошения лемеха α

Параметры лапы	Зона распространения поперечной деформации почвы, м			
	Рыхление на глубину $h = 0,5$ м		Рахление пашни $h_p = 0,2$ м	
	теоретически	Экспериментально	теоретический	Экспериментально
Ширина захвата, м	$\alpha = 22^\circ$		$\alpha = 30^\circ$	
	0,40	1,18	0,81	0,82
	0,50	1,28	0,90	0,94
	0,60	1,38	0,100	0,99
	0,70	1,48	0,109	0,109
Угол крошения, град	$b = 0,5$ м			
	15	1,043	0,87	0,87
	20	1,25	0,91	0,92
	25	1,41	0,96	0,100
	30	1,53	0,100	0,103



Таблица

Элементы деформации почвы в зависимости от угла крошения

Угол крошения, град	Угол скалывания, град		Размеры распространения деформации, м		
	φ_1	ψ	ℓ_p	B	H
15	46	62	0,48	1,04	0,64
22	42	53	0,55	1,26	0,69
30	36	44	0,65	1,55	0,73

Определение ширины захвата чизельной лапы. В орудиях для глубокого чизелевания почвы устанавливается пять и более рабочих органов. Как общая ширина захвата чизельного орудия, так и ширина захвата одной рыхлительной лапы зависит от количества рабочих органов, которое, в свою очередь, определяется исходя из схемы расстановки рабочих органов на раме орудия и тягово-возможности трактора. Преимуществом чизельных орудий перед глубокорыхлителями является то, что за счет большего количества рабочих органов и малой ширины междуследия можно уменьшать размеры неразрушенных гребней и тем самым увеличить полноту рыхления и улучшить крошение почвы.

Чизельные рабочие органы, установленные на определенной ширину междуследия, работают с неполным подрезанием пласта по ширине захвата орудия. Согласно агротехническим требованиям к качеству обработки почвы крайний рабочий орган орудия в смежных проходах должен проходить рядом со следом крайнего рабочего органа предыдущего прохода на расстоянии, равном ширине междуследия - L . В связи с этим рабочая ширина захвата чизельного орудия всегда больше его конструктивной ширины захвата - B_p (рис. 43). Рабочая ширина захвата чизельного рыхлителя устанавливается в зависимости от энергетической возможности трактора

$$B_p = \chi \frac{F_T}{F_1} \quad (6)$$

где: F_T - тяговое усилие трактора, кН;



F_1 - сопротивление почвы перемещению чизеля -
рыхлителя шириной захвата - 1 м;

χ - коэффициент использования тягового усилия
трактора, равный - 0,80

Расчетом формулы (6) можно определить, что с
увеличением тягового усилия трактора F_T от 40 до 50,60 и 70
кН (при $F_1=26,5$ кН) рабочая ширина захвата чизеля -
рыхлителя B_p возрастает соответственно от 1,2 до 1,5; 1,8 и 2,1
м, а с увеличением скорости движения трактора от..... до
(при $F_T = const$) -уменьшается соответственно от 1,4 до 1,38;
1,16 и 0,97 м.

Рабочая ширина захвата чизельного орудия
определяется по формуле

$$B_p = nb + (n-1)(L-b) + 2C \quad (7)$$

где $C = 2h_r \operatorname{ctg} \psi$ - ширина неразрушенного гребня.

n - количество рабочих органов чизельного орудия. С другой
стороны рабочая ширина захвата орудия равна

$$B_p = n(b+C) = nb + 2nh_r \operatorname{ctg} \psi \quad (8)$$

Формулы (7) и (8) адекватны, тогда

$$nb + (n-1)(L-b) + 2h_r \operatorname{ctg} \psi = nb + 2n \cdot h_r \operatorname{ctg} \psi$$

$$\text{откуда} \quad b = \frac{nL - (n-1)2h_r \operatorname{ctg} \psi}{n} \quad (9)$$

$$\text{или} \quad b = \frac{nK_n L - (n-1)2h_{дон} \operatorname{ctg} \psi}{nK_n} \quad (10)$$

где $h_{дон}$ - допустимая высота неразрушенного гребня,
равная 0,07 м.

Анализ формулы (10) показывает, что ширина захвата
рыхлительной лапы чизельного орудия зависит от ширины
междуследия - L и количества рабочих органов (рис. 43).

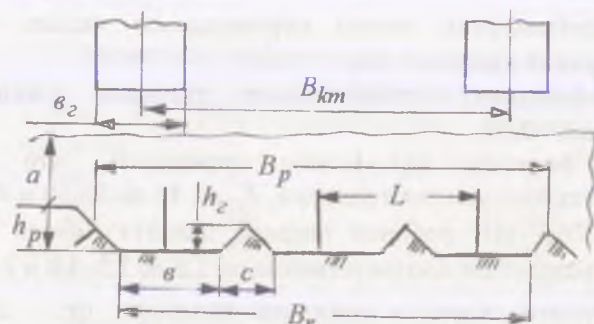
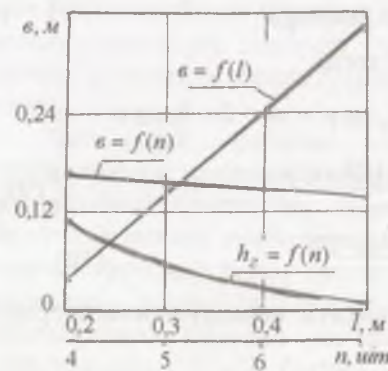


Рисунок-43.
Схема к
определению
ширины
захвата
рыхлительной
лапы чизель-
рыхлителя.

Для того чтобы выполнять условие $h_r \leq h_{дон}$ увеличением ширины междуследия L от 0,2 до 0,5 м необходимо увеличивать и ширину захвата рыхлительной лапы от 0,044 до 0,344 м. При $L = const$, чем больше рабочих органов, тем меньше ширина захвата рыхлительной лапы.

Например, если при $n=5$ шт, $b=0,154$ м, то при $n=7$ шт $b=0,144$ м. Соответственно высота гребней тоже уменьшается (рис.44).



Ширина захвата рыхлительной лапы интенсивно возрастает с увеличением ширины междуследия - L , чем с изменением количества рабочих органов.

Рисунок-44. Влияние ширины междуследия и количества рабочих органов n на ширину захвата рыхлительной лапы b и высоты гребня дна обработки h_r .

При различном количестве рабочих органов с увеличением ширины захвата рыхлительной лапы от 0,10 до 0,25 м высота неразрушенных гребней уменьшается, а с изменением ширины междуследия от 0,2 до 0,5 м высота гребней возрастает (табл. 7.)



Таблица-7
Влияние ширины захвата рыхлительной лапы - b и ширины междуследия - L на высоты гребней h_r

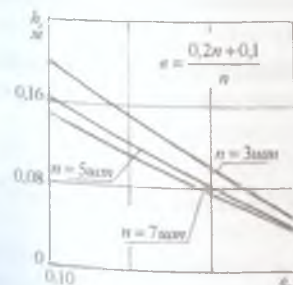
Параметры, м	Высота гребня - h_r	
	Количество рабочих органов	
	$n = 5$	$n = 7$
$b=0,10 (L=0,3)$	0,16	
$b=0,15$	0,12	
$b=0,20$	0,08	
$b=0,25$	0,04	
$L=0,20$	0,03 ($b=0,10$ м)	0 ($b=0,2$ м)
$L=0,30$	0,104	0,075
$L=0,40$	0,18	0,149
$L=0,50$	0,25	0,224

По конструктивной возможности ширины захвата рыхлительной лапы определяется из условия рыхления следов гусеницы.

$$B_{km} + b_r = n(b + 2h_r \cdot \text{ctg} \psi) \quad (11)$$

$$\text{откуда } b = \frac{(B_{km} + b_r)K_n - 2h_{дон} \cdot \text{ctg} \psi}{nK_n} \quad (12)$$

При этом, если на раме чизельного орудия устанавливается $n=5$ рабочих органов, то ширина захвата рыхлительной лапы должна быть $b=0,178$ м, а при $n=7$ шт. $b=0,075$ м



Определение количества рабочих органов чизеля - рыхлителя

рисунок. 45. Влияние ширины захвата и количества рабочих органов на высоту гребня - h_r .



Расчетом формулы (10) установлено, что при разном количестве рабочих органов с увеличением ширины рыхлительной лапы от 0,10 до 0,25 м высота дна между смежными стойками уменьшается. Агротехническое требование, при котором высота гребня дна обработки превышает допустимое значение $h_{доп} = 0,07$ м, выполняется при следующих значениях ширины захвата: при $n = 3$ шт; $b = 0,233$; при $n = 5$ шт; $b = 0,22$; при $n = 7$ шт; $b = 0,214$ м.

Таким образом ширина захвата рыхлительной лапы колеблется в пределах $b = 0,178 \dots 0,233$ м.

Необходимое количество рабочих органов определяется исходя из тяговой возможности трактора, т.е. $n = \frac{F_T \cdot \chi}{F_1 \cdot b}$ (11)

где: F_T - тяговое усилие трактора, кН

$\chi = 0,8$ - коэффициент использования тягового усилия трактора,

F_1 - сопротивление чизеля-рыхлителя на 1 м ширины захвата,

Принимая $b = 0,2$ м, $F_T = 40$ кН и при $F_1 = 26,5$ кН/м определяем, что $n = 6,0$ шт. Однако, сплошное чизелевание подпахотного горизонта не проводится, а между смежными проходами и рабочими органами остаются гребни обработки. Поэтому, формула (13) пишется следующим

$$\text{образом: } n = \frac{F_T \cdot \chi}{F_1(b + 2h_r \operatorname{ctg} \psi)}$$

Учитывая условие $h_r < h_{доп}$, находим что $n = 3,7$ (принимая $n = 4$ шт).

Количество рабочих органов чизеля рыхлителя можно определить по удельному тяговому сопротивлению орудия:

$$n = \frac{F_T \cdot \chi}{Kbn}$$

При значениях $K = 60$ кН/м и $h = 0,5$ м получим, что $n = 5,3$ шт (принимая $n = 5$ шт).

Таким образом, при $b = 0,2$ м и тяговой возможности трактора количество рабочих органов чизеля рыхлителя колеблется в пределах $n = 4 \dots 6$ шт. Четное число рабочих

органов затрудняет вопрос симметричной установки их на раме чизеля рыхлителя при различных вариантах схемы расположения рыхлительной лапы. Поэтому при изучении различных схем расположения рабочих органов на раме орудия принимаем ($n = 5$ шт) пять рыхлительных лап.

Схема расстановки и ширина междуследия чизельных лап

При оптимальной ширине захвата рыхлительной лапы качество рыхления подпахотного горизонта, а именно полнота рыхления и крошение почвы зависит от ширины междуследия рабочих органов чизельного

орудия. Рабочие органы с заданным междуследием, должны быть расставлены на раме орудия так, чтобы они не забивались почвой и растительными остатками при обработке почвы на максимальную глубину.

Выполнение этих требований в основном зависит от правильной расстановки рабочих органов на раме орудия. Исходя из деформации почвы при обработке на большую глубину, расстояние между соседними бороздами должно быть больше, чем при обработке на меньшую глубину; неперенным условием, определяющим необходимое расстояние между рабочими органами в поперечном направлении является то, что между соседними бороздами не должно оставаться необработанных полос - m (рис. 4.6,а), и стойками соседних лап в каждом ряду, т.е. ширина перекрытия - n при воздействия соседних лап на почву должна быть меньше расстояния - l - между соседними лапами в одном ряду, а высота гребня не больше допускаемого по агротребованию и ширина его у основания должна быть минимальной. Ширина зоны деформации почвы с боковых сторон рыхлительной лапы - B (рис.4б) в общем случае определяется зависимостью

$$B = b_d + 2h_p \operatorname{ctg} \psi$$

(16)



Расчетом формулы (10) установлено, что при различных количестве рабочих органов с увеличением ширины захвата рыхлительной лапы от 0,10 до 0,25 м высота дна обработки между смежными стойками уменьшается. Агротехническое требование, при котором высота гребня дна обработки не превышает допустимое значение $h_{дон} = 0,07$ м, выполняется при следующих значениях ширины захвата: при $n = 3$ шт; $b = 0,233$; при $n = 5$ шт; $b = 0,22$; при $n = 7$ шт; $b = 0,214$ м.

Таким образом ширина захвата рыхлительной лапы колеблется в пределах $b = 0,178...0,233$ м.

Необходимое количество рабочих органов определяем исходя из тяговой возможности трактора, т.е. $n = \frac{F_T \cdot \chi}{F_1 \cdot b}$ (13)

где: F_T - тяговое усилие трактора, кН

$\chi = 0,8$ - коэффициент использования тягового усилия трактора,

F_1 - сопротивление чизеля-рыхлителя на 1 м ширины захвата,

Принимая $b = 0,2$ м, $F_T = 40$ кН и при $F_1 = 26,5$ кН определяем, что $n = 6,0$ шт. Однако, сплошное чизелевание подпахотного горизонта не проводится, а между смежными проходами и рабочими органами остаются гребни дна обработки. Поэтому, формула (13) пишется следующим образом:

$$n = \frac{F_T \cdot \chi}{F_1 (b + 2h_r \operatorname{ctg} \psi)} \quad (14)$$

Учитывая условие $h_r < h_{дон}$, находим что $n = 3,7$ шт (принимаем $n = 4$ шт).

Количество рабочих органов чизеля рыхлителя можно определить по удельному тяговому сопротивлению орудия, т.е.

$$n = \frac{F_T \cdot \chi}{Kbn} \quad (15)$$

При значениях $K = 60$ кН/м и $h = 0,5$ м получим, что $n = 5$ шт (принимаем $n = 5$ шт).

Таким образом, при $b = 0,2$ м и тяговой возможности трактора количество рабочих органов чизеля рыхлителя колеблется в пределах $n = 4...6$ шт. Четное число рабочих



органов затрудняет вопрос симметричной установки их на раме чизеля рыхлителя при различных вариантах схемы расположения рыхлительной лапы. Поэтому при изучении различных схем расположения рабочих органов на раме орудия принимаем ($n = 5$ шт) пять рыхлительных лап.

Схема расстановки и ширина междуследия чизельных лап

При оптимальной ширине захвата рыхлительной лапы качество рыхления подпахотного горизонта, а именно полнота рыхления и крошение

почвы зависит от ширины междуследия рабочих органов чизельного

орудия. Рабочие органы с заданным междуследием, должны быть расставлены на раме орудия так, чтобы они не забивались почвой и растительными

остатками при обработке почвы на максимальную глубину.

Выполнение этих требований в основном зависит от правильной расстановки рабочих органов на раме орудия. Исходя из деформации почвы при обработке на большую глубину, расстояние между соседними бороздами должно быть больше, чем при обработке на меньшую глубину; неперемным условием, определяющим необходимое расстояние между рабочими органами в поперечном направлении является то, что между соседними бороздами не должно оставаться необработанных полос - m (рис. 4.6,а), и не должно быть заклинивания почвы в пространстве между стойками соседних лап в каждом ряду, т.е. ширина перекрытия - l при воздействия соседних лап на почву должна быть меньше расстояния - t - между соседними лапами в одном ряду, а высота гребня не больше допускаемого по агротребованию и ширина его у основания должна быть минимальной. Ширина зоны деформации почвы с боковых сторон рыхлительной лапы - B (рис.46) в общем случае определяется зависимостью

$$B = b_n + 2h_p \operatorname{ctg} \psi \quad (16)$$

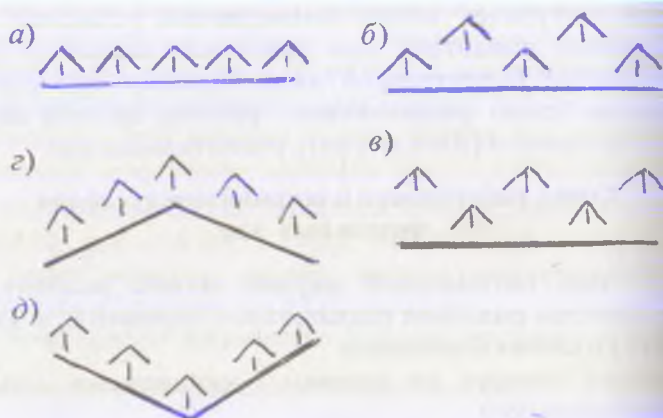


Рисунок-46. Схемы расстановки рабочих органов на раме орудия. а) однорядная; б - в) двухрядная; г - д) стрелообразная.

Чтобы лапы не оставляли на поверхности почвы необработанные полосы - m и чтобы обеспечить сплошное рыхление почвы в верхнем слое без заклинивания почвой необходимо выполнять условие

$$t = b_d + 2h_p \operatorname{ctg} \psi \quad (17)$$

Если рыхлительные лапы расположены в одном ряду (рис.4.6,а), то для осуществления сплошной обработки и предупреждения забивания орудия почвой надо их поставить на расстоянии $t = L = B$. Однако расстояние t недостаточно: орудие забивается растительными остатками, не достигается удовлетворительное крошение почвы, на дне борозды остаются не разрушенные большие гребни, высота которых достигает глубины рыхления. Одним из способов увеличения ширины междурядья является расстановка рабочих органов на раме орудия в два и более ряда (рис.4.6,б,в,г,д). При этом необходимо выполнять следующие условия:

- ширина зоны боковой деформации почвы, после прохождения рабочих органов, за счет уменьшения высоты гребней до допустимого, должна быть меньше ширины зоны боковой

деформации, полученной после прохода одной рыхлительной лапы, т.е. $B < B_r, \Gamma$;

- расстояние между стойками - t должно быть равно ширине зоны боковой деформации - B_r ; т.е. $t = B_r$;

- ширина междурядия L должна удовлетворять рыхлению подпахотного горизонта по ширине расстояния - $2t + b$, т.е. $L = 2t$

Существуют различные варианты (рис.46,б, в,г,д) двух или трех рядной схемы расстановки рабочих органов на раме чизельного орудия.

При разработке конструкций чизельных орудий целесообразна такая схема размещения рабочих органов, при использовании которой не только исключается заклинивание почвы между рабочими органами, забивание их растительными остатками, но и улучшаются другие показатели качества работы; сокращается длина, масса и число рабочих органов орудия, работающих в блокированной среде, что существенно влияет на затраты энергии при рыхлении подпахотного горизонта

Однорядная схема (рис.46,а). Рабочие органы размещены на одном прямом бруске. Такое размещение рабочих органов может быть применено главным образом при создании чизельных орудий для рыхления почвы междурядий возделывания хлопчатника. Для глубокой сплошной обработки почвы такая схема непригодна, так как при малой ширине междурядий орудие забивается почвой и растительными остатками.

Двухрядная схема (рис-46,б,в). Преимущества: небольшая масса и длина рамы, позволяющие создать несложную конструкцию навесного чизельного орудия к тракторам разных классов тяги с приспособлением для дополнительного крошения почвы и выравнивания поверхности; простая схема рамы, позволяющая быстро и удобно переставлять рабочие органы на требуемую ширину междурядия; упрощается конструкция секции орудия.

Недостатки. Все рабочие органы первого ряда работают в блокированной среде, что способствует значительному

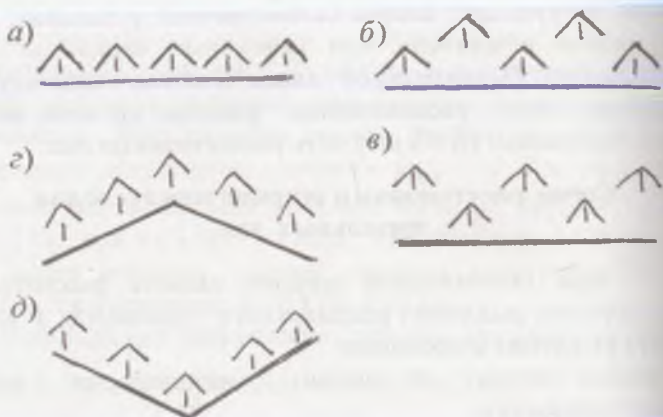


Рисунок-46. Схемы расстановки рабочих органов на раме орудия. а) однорядная; б - в) двухрядная; г - д) стрелообразная.

Чтобы лапы не оставляли на поверхности почвы необработанные полосы - m и чтобы обеспечить сплошное рыхление почвы в верхнем слое без заклинивания почвой необходимо выполнять условие

$$t = b_{\text{л}} + 2h_{\text{р}} \operatorname{ctg} \psi \quad (17)$$

Если рыхлительные лапы расположены в одном ряду (рис.4.6,а), то для осуществления сплошной обработки и предупреждения забивания орудия почвой надо их поставить на расстоянии $t = L = B$. Однако расстояние t недостаточно: орудие забивается растительными остатками, не достигается удовлетворительное крошение почвы, на дне борозды остаются не разрушенные большие гребни, высота которых достигает глубины рыхления. Одним из способов увеличения ширины междуследия является расстановка рабочих органов на раме орудия в два и более ряда (рис.4.6, б, в, г, д). При этом необходимо выполнять следующие условия:

- ширина зоны боковой деформации почвы, после прохождения рабочих органов, за счет уменьшения высоты гребней до допустимого, должна быть меньше ширины зоны боковой

деформации, полученной после прохода одной рыхлительной лапы, т.е. $B < B_r$; г;

- расстояние между стойками - t должно быть равно ширине зоны боковой деформации - B_r ; т.е. $t = B_r$;

- ширина междуследия L должна удовлетворять рыхлению подпахотного горизонта по ширине расстояния - $2t + b$, т.е. $L = 2t$

Существуют различные варианты (рис.46,б,г,д) двух или трех рядной схемы расстановки рабочих органов на раме чизельного орудия.

При разработке конструкций чизельных орудий целесообразна такая схема размещения рабочих органов, при использовании которой не только исключается заклинивание почвы между рабочими органами, забивание их растительными остатками, но и улучшаются другие показатели качества работы; сокращается длина, масса и число рабочих органов орудия, работающих в блокированной среде, что существенно влияет на затраты энергии при рыхлении подпахотного горизонта

Однорядная схема (рис.46,а). Рабочие органы размещены на одном прямом бруссе. Такое размещение рабочих органов может быть применено главным образом при создании чизельных орудий для рыхления почвы междурядий возделывания хлопчатника. Для глубокой сплошной обработки почвы такая схема непригодна, так как при малой ширине междурядий орудие забивается почвой и растительными остатками.

Двухрядная схема (рис-46,б,в). Преимущества: небольшая масса и длина рамы, позволяющие создать несложную конструкцию навесного чизельного орудия к тракторам разных классов тяги с приспособлением для дополнительного крошения почвы и выравнивания поверхности; простая схема рамы, позволяющая быстро и удобно переставлять рабочие органы на требуемую ширину междуследия; упрощается конструкция секции орудия.

Недостатки. Все рабочие органы первого ряда работают в блокированной среде, что способствует значительному



Учитывая условие $h_r < h_{дон}$ формулу (21) перепишем в следующем виде:
$$b_s = \frac{h_r K_{ctg\psi_1} - 2h_{дон} ctg\psi \cdot ctg\gamma_p}{ctg\gamma_p K_{ctg\psi_1}} \quad (22)$$

Анализ формулы показывают, что уменьшением угла γ_p ширина захвата рыхлительной лапы тоже уменьшается (табл.8)

Таблица 8

Ширина захвата лапы, м b_d	Угол раствора стрелообразной рамы, град		
	53	45	37
	0,33	0,20	0,102

Однако чрезмерное уменьшение угла γ_p приводит к удлинению рамы и тем самым к увеличению массы орудия. Поэтому угол раствора стрелообразной рамы принимаем в пределах 45...50 град.

Учитывая допустимую высоту гребня, находим расстояние
$$t = b_d + 2h_{дон} ctg\psi \quad (23)$$

Если $b_d=0,2$ м; $h_{дон}=0,07$ м, то расстояние $t=0,31$ м, а ширина междуследия $L = 0,62$ м.

Преимущества стрелообразной схемы: с увеличением ширины захвата орудия число рабочих органов, работающих в сплошной среде - уменьшается; при достаточной ширине междуследия и рациональном угле раствора стрелообразной рамы орудия исключается забивание рабочих органов почвой и растительными остатками; все рабочие органы орудия, кроме среднего, работают в полусвободной среде, поэтому в сравнении с шахматным расположением рабочих органов двух и трехрядной схем, значительно снижается тяговое сопротивление, уменьшается износ рабочих органов, устраняется образование крупных глыб и улучшается выравнивание поверхности почвы; значительно меньше масса орудия и центр тяжести его расположен ближе к трактору, обеспечиваются свободный и удобный доступ к рабочим органам для технического ухода и перестановки их на требуемую ширину междуследия.

Недостатки: с увеличением ширины захвата - увеличивается длина орудия, центр тяжести удаляется от трактора, при меньшей ширине захвата следует сокращать ширину междуследий, что приводит к забиванию орудия почвой.

растительными остатками; при больших значениях угла раствора $2\gamma_p$ и небольшой ширине междурядья можно ожидать забивания рабочих органов почвой и сорными остатками в пространстве между смежными рабочими органами.

Определение площади поперечного сечения разрушенного слоя почвы. Площадь поперечного сечения взрыхленной части почвы зависит от основных параметров рабочего органа и является основным связывающим фактором тягового сопротивления орудия с его параметрами [1]. Так как глубина рыхления определена по агротребованию применения орудий обработки почвы, поэтому площадь рыхления подпахотного горизонта зависит от технологии ее проведения. Например, при послойной обработки сначала верхняя часть почвы разрушается с плугом, затем нижняя часть разрыхляется глубокорыхлителем. Поэтому, площадь рыхления подпахотного горизонта при послойной обработке меньше, чем площади поперечного сечения почвы при глубоком рыхлении стерни. Кроме того, площадь взрыхленной части почвы зависит от типа орудия, количества и формы рабочего органа. Поэтому, ниже приведем теоретико-экспериментальные данные по определению площади взрыхленной части почвы, полученные методом расчета, в зависимости от формы и количества рабочих органов.

а) б)

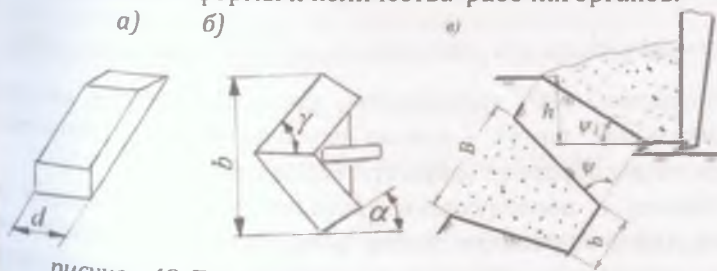


рисунок-48. Типы рабочих органов и зона рыхления:

- а) долотообразный;
- б) стрельчатая лапа;
- в) продольно - поперечный

профиль



Учитывая условие $h_F = h_{дон}$ формулу (21) перепишем в следующем виде:
$$b_l = \frac{h_p K_n \operatorname{ctg} \psi_1 - 2 h_{дон} \operatorname{ctg} \psi \cdot \operatorname{ctg} \gamma_p}{\operatorname{ctg} \gamma_p K_n} \quad (22)$$

Анализ формулы показывают, что уменьшением угла ширина захвата рыхлительной лапы тоже уменьшается (табл.8)

Таблица 8

Ширина захвата лапы, м b_l	Угол раствора стрелообразной рамы, град		
	53	45	37
	0,33	0,20	0,102

Однако чрезмерное уменьшение угла γ_p приводит к удлинению рамы и тем самым к увеличению массы орудия. Поэтому угол раствора стрелообразной рамы принимаем в пределах 45...50 град.

Учитывая допустимую высоту гребня, находим расстояние
$$t = b_l + 2 h_{дон} \operatorname{ctg} \psi \quad (23)$$

Если $b_l = 0,2$ м; $h_{дон} = 0,07$ м, то расстояние $t = 0,31$ м, а ширина междуследия $L = 0,62$ м.

Преимущества стрелообразной схемы: с увеличением ширины захвата орудия число рабочих органов, работающих в сплошной среде - уменьшается; при достаточной ширине междуследия и рациональном угле раствора стрелообразной рамы орудия исключается забивание рабочих органов почвой и растительными остатками; все рабочие органы орудия, кроме среднего, работают в полусвободной среде, поэтому в сравнении с шахматным расположением рабочих органов по двух и трехрядной схемам, значительно снижается тяговое сопротивление, уменьшается износ рабочих органов, устраняется образование крупных глыб и улучшается выравнивание поверхности почвы; значительно меньше масса орудия и центр тяжести его расположен ближе к трактору, обеспечиваются свободный и удобный доступ к рабочим органам для технического ухода и перестановки их на требуемую ширину междуследия.

Недостатки: с увеличением ширины захвата - увеличивается длина орудия, центр тяжести удаляется от трактора; при меньшей ширине захвата следует сокращать ширину междуследий, что приводит к забиванию орудия почвой и

растительными остатками; при больших значениях угла раствора $2\gamma_p$ и небольшой ширине междурядия можно ожидать забивания рабочих органов почвой и сорными остатками в пространстве между смежными рабочими органами.

Определение площади поперечного сечения разрушенного слоя почвы. Площадь поперечного сечения взрыхленной части почвы зависит от основных параметров рабочего органа и является основным связывающим фактором тягового сопротивления орудия с его параметрами [1]. Так как глубина рыхления определена по агротребованию применения орудий обработки почвы, поэтому площадь рыхления подпахотного горизонта зависит от технологии ее проведения. Например, при послойной обработки сначала верхняя часть почвы разрушается с плугом, затем нижняя часть разрыхляется глубокорыхлителем. Поэтому, площадь рыхления подпахотного горизонта при послойной обработке меньше, чем площади поперечного сечения почвы при глубоком рыхлении стерни. Кроме того, площадь взрыхленной части почвы зависит от типа орудия, количества и формы рабочего органа. Поэтому, ниже приведем теоретико-экспериментальные данные по определению площади взрыхленной части почвы, полученные методом расчета, в зависимости от формы и количества рабочих органов.

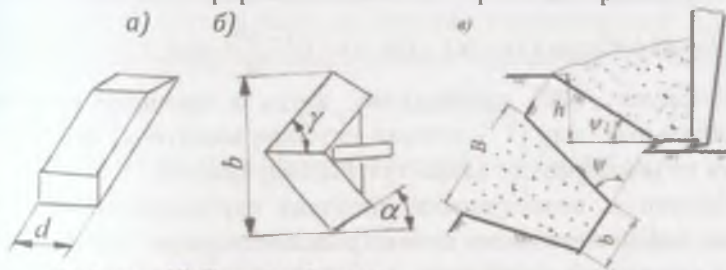


рисунок-48. Типы рабочих органов и зона рыхления:

а) долотообразный;

б) стрельчатая лапа;

в) продольно - поперечный профиль



Как показали лабораторные опыты, долотообразные и стрелчатые рыхлительные лапы при одинаковой ширине захвата и угла крошения - одинаково деформируют почву, т.е. продольная и боковая деформации от типа рыхлительного элемента не зависят.

Полная площадь A_p поперечного сечения почвы, взрыхленной глубокорыхлителем (рыхление стерни) должна быть равна (рис.49).

$$A_p = B_p h - (n-1)A_1 - 2A_2 \quad (24)$$

где B_p - ширина распространения деформации почвы.

A_1 - площадь не разрушенной полосы, так называемого гребня высотой - h , и шириною у основания - C_1 .

A_2 - площадь боковых не разрушенных частей почвы.

Площади A_1 и A_2 определяются по следующим формулам :

$$A_1 = \frac{(L-b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \quad (25)$$

$$A_2 = \frac{h^2 - c \operatorname{tg} \psi}{2} \quad (26)$$

Учитывая формулы (25) и (26) ширину распространения боковой деформации почвы определяем зависимостью

$$B_p = nb + 2h \cdot c \operatorname{tg} \psi + (n-1)(L-b) \quad (27)$$

Формулу 4 перепишем в следующем виде

$$A = nbh + h^2 c \operatorname{tg} \psi + (n-1)(L-b)h - (n-1) \frac{(L-b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \quad (28)$$

Формула (28) справедлива, когда в процессе работы рыхлительных лап (1 - проход глубокорыхлителя) боковые стенки почвы образуют закрытую борозду (рис.49)

Однако в последующих проходах глубокорыхлителя в период деформирования почвы рыхлительными лапами не между смежными проходами, а на другой стороне образуется закрытая борозда, что повторяется во всех последующих проходах.

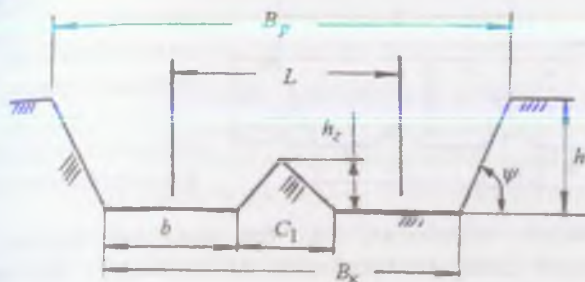


Рисунок-49.

Схема к
определению
площади
взрыхленной
части
почвы.

Это означает, что деформация почвы рыхлительной лапой расположенное на стороне между смежными проходами, перекрещивается зоной рыхления предыдущего прохода и образует как бы открытую борозду с не разрушенной полосой треугольной формы, высота и ширина которого равен h_2 и C_1 . Поэтому, ширина распространения боковой деформации почвы уменьшается от b до $B_{p\partial}$ (рис.50) Действительная ширина распространения боковой деформации почвы, на втором и в последующих проходах агрегата определяется по следующей формуле:

$$B_{p\partial} = nb + (n - 0,5)(L - b_n) + h \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (29)$$

Кроме того, в период рыхления подпахотного горизонта почвы вершины гребней обрушиваются, и поэтому их действительная высота h_{∂} меньше теоретической h_2 . Тогда действительный площадь гребня определяется следующей

формулой

$$A_{1\partial} = K_n \frac{(L - b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \quad (30)$$

Площадь боковой необработанной части почвы

$$A_2 = 0,5h^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (31)$$

и действительная площадь взрыхленной части почвы равна

$$A_{\partial} = B_{p\partial}h - (n - 0,5)A_{1\partial} - A_2$$

Подставляя зависимости (29) и (30) в (31) получим:

$$A_{\partial} = nbh + 0,5h^2 \operatorname{ctg} \psi + (n - 0,5) \left[(L - b)h - K_n \frac{(L - b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \right] \quad (32)$$

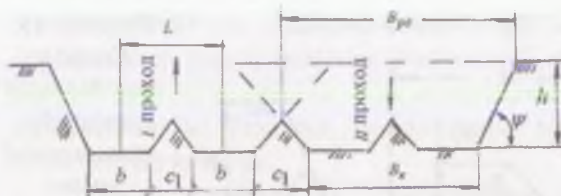


рисунок 50. Схема к определению площади взрыхления почвы во втором и в последующих проходах

При послойной обработке, т.е. при рыхлении пашни - верхний пахотный слой вспахивается на глубину - 0,3 м, поэтому глубина рыхления уменьшается от h до h_p (рис 51).

Тогда формулы (27) и (29), по которым определяются ширина распространения боковой деформации почвы, пишутся в следующем виде:

$$I - \text{проход} \quad B = nb + 2h_p \operatorname{ctg} \psi + (n-1)(L-b) \quad (33)$$

Во втором проходе ширина взрыхленной полосы меньше, чем в первом и равна $B_{pf} = nb + (n-0,5)(L-b) + h_p \operatorname{ctg} \psi$ (34)

Во всех проходах действительная высота гребня не должна меняться, поэтому площадь не разрушенных гребней определяется по формуле (30), а площадь боковой необработанной части почвы $A = 0,5h_p^2 \operatorname{ctg} \psi$.

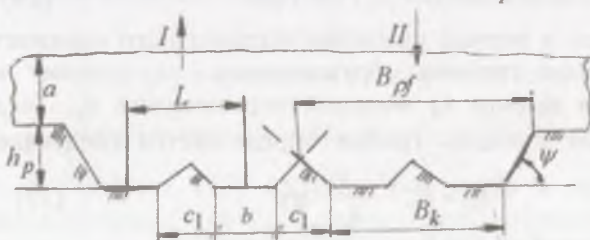


рисунок 51. Схема к определению площади взрыхленной почвы при рыхлении пашни.

Поэтому площадь рыхления пашни после первого прохода

$$\text{равна: } A_p = nbh_p + h_p^2 \operatorname{ctg} \psi + (n-1) \left[(L-b)h_p - \frac{K_n(L-b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \right] \quad (35)$$

и для последующих проходов

$$A_{p\partial} = nbh_p + 0,5h_p^2 \operatorname{ctg} \psi + (n-0,5) \left[(L-b)h_p - \frac{K_n(L-b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \right] \quad (36)$$

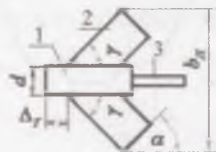


Анализ полученных формул показывает, что площадь взрыхленной почвы зависит как от глубины рыхления (h и h_p), так и от основных параметров рабочего органа: ширины захвата - b и угла крошения - α рыхлительной лапы и от чего зависят углы продольного и бокового скалывания почвы (ψ и φ_1), и ширины междуследия - L рабочих органов.

Полученные формулы используются при расчете тягового сопротивления и при разработке рабочих органов для рыхления почвы

Определение площади рыхления почвы комбинированным рабочим органом. С целью улучшения плодородия почвы производится глубокое рыхление которое осуществляется орудиями снабженными двумя или тремя рабочими органами типа рыхлительные лапы на стыке двух лемехов которых, с целью улучшения заглубляющей способности и обеспечения прочности лапы установлено долото (рис.52)

В процессе работы глубокорыхлителя между смежными долотами остается необработанная часть почвы высотой - h_3 и шириной у основания - C_3 что срезается и разрушается лемехами (рис.53). При этом высота необработанной части почвы - h уменьшается до - h_r , ширина основания полосы от C_3 до



рисуюнок 52. Рабочий орган
глубокорыхлителя.

1-долото, 2-лемех, 3-
стойка

C_1 ширина распространения боковой деформации почвы увеличивается от B_o^1 до $B_{л}^1$, которая определяется по формуле:

$$B_{л}^1 = B_o^1 + b_{л} - d - 2\Delta_b \operatorname{ctg} \psi \quad (37)$$

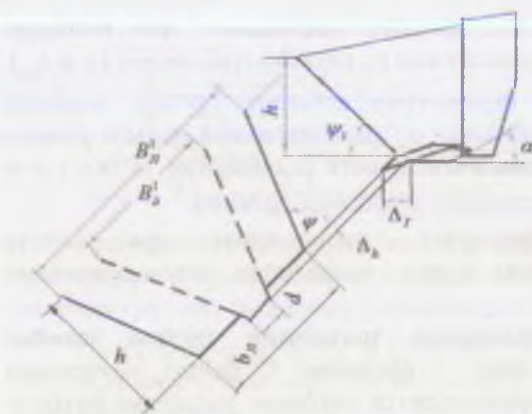
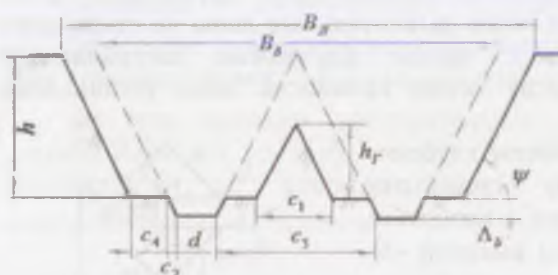


Рисунок-53
Схема работы
рабочего органа;
продольно-попереч-
ный разрез зоны
рыхления почвы;



Поперечный разрез
зоны рыхления
почвы двумя
рабочими органами.

где, B_0^1 - ширина распространения боковой деформации почвы, деформированной долотом.

$$B_0^1 = d + 2(h + \Delta_b) \operatorname{ctg} \psi \quad (38)$$

Из схемы (рис 46) ширина необработанной почвы с долотом, равна $C_3 = 2h_3 \operatorname{ctg} \psi$, с другой стороны $C_3 = 2C_4 + 2C_2 + C_1$,

$$\text{где } C_4 = \frac{1}{2}(b - d - 2\Delta_b \operatorname{ctg} \psi), \quad C_2 = \Delta_b \operatorname{ctg} \psi, \quad C_1 = 2h_r \operatorname{ctg} \psi$$

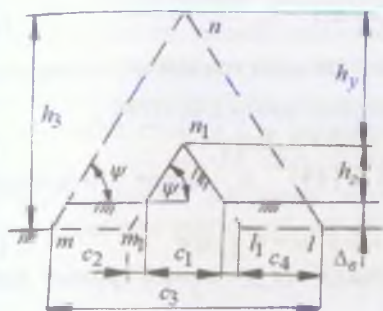


рисунок 54. Схема к определению высоты гребня h_3

тогда

$$C_3 = b - d + 2h_r \operatorname{ctg} \psi \quad (39)$$

Из формулы (39) видно, что ширина основания необработанной полосы уменьшается с увеличением ширины захвата долота $-d$.

Е11

Если $b_n = d$, то $C_3 < C_1$, т.е. ширина не разрушенной полосы будет меньше ширины гребня. Для определения высоты $-h_3$, воспользуемся подобием треугольников $mn\ell \propto m_1n_1\ell_1$ (рис 54)

откуда $\frac{C_3}{h_3} = \frac{C_1 + 2\Delta_b \operatorname{ctg} \psi}{h_r + \Delta_b}$ или после некоторого преобразования, учитывая зависимость (46) и C_1 получим

$$h_3 = \frac{b - d + 2h_r \operatorname{ctg} \psi}{2 \operatorname{ctg} \psi} \quad (40)$$

расстояние h_y равно $h_y = h_3 - h_r - \Delta_b$

Подставляя зависимость (39) в (38) находим ширину боковой деформации почвы произведенной долотом

$$B_d = nd + 2h \cdot \operatorname{ctg} \psi + 2\Delta_b \operatorname{ctg} \psi + (n-1)(b - d + 2h_r \operatorname{ctg} \psi) \quad (41)$$

Тогда полную ширину распространения боковой деформации почвы получим, подставляя формулу (41) в (39)

$$B_1 = nb + 2h \cdot \operatorname{ctg} \psi + (n-1)2h_r \operatorname{ctg} \psi \quad (42)$$

Площадь рыхления почвы (по стерне) произведенное на глубине $-h$ складывается из площадей рыхления почвы произведенное долотом ($A_{Дд}$) и лемеха ($A_{л}$), т.е. (рис 53).

$$A = nA_{од} + A_{л} \quad (43)$$

где, n - количество долото.

Площадь рыхления почвы произведенное с одним долотом определяем



по формуле .
$$A_{\text{дд}} = \frac{B_{\text{д}}^1 + d}{2} (h + \Delta_b) \quad (44)$$

где $B_{\text{д}}^1$ — ширина распространения поперечной деформации почвы произведенное одним долотом.

$$B_{\text{д}}^1 = d + 2(h + \Delta_b) \operatorname{ctg} \psi \quad (45)$$

Подставляя (45) в (44) и после некоторого преобразования получим

$$A_{\text{дд}} = d(h + \Delta_b) + (h + \Delta_b)^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (46)$$

С каждой стороны площади $A_{\text{дд}}$ — лемех срезает почву шириной $-C_4$.

Тогда площадь взрыхленной почвы лемехом определяем по формуле
$$A_1 = 2C_4 h + (n-1) \left[\frac{2C_4 + C_1}{2} h - \frac{C_1 h_r}{2} \right] \quad (47)$$

Принимая $C_4 = b_0$ и учитывая $C_1 = L - b$ формулу (47) перепишем в следующем виде:

$$A_1 = (n+1)b_0 h + \frac{1}{2}(n-1)(L-b)[h - h_r] \quad (48)$$

Подставляя зависимости (46) и (48) в (43) получим формулу площади рыхления почвы всеми рабочими органами глубокорыхлителя снабженные долотом, т.е.

$$A = nd(h + \Delta_b) + n(h + \Delta_b)^2 \operatorname{ctg} \psi + (n+1)b_0 h + \frac{n+1}{2}(L-b)(h - h_r) \quad (49)$$

При послойной обработке, т.е. при рыхлении пашни площадь поперечного сечения не разрушенной части почвы, находящейся между долотами двух рабочих органов не остается в виде треугольника, а приобретает трапециевидальную форму (рис.55), так как вершина треугольника mne (рис 54) остается в зоне вспаханной почвы.

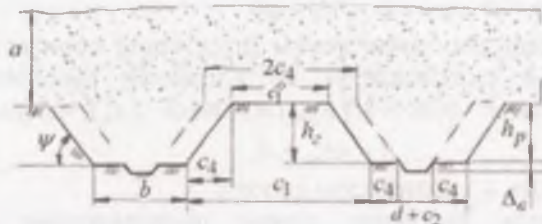


рисунок 55. Схема к определению площади рыхления пашни.



При определении площади поперечного сечения зоны рыхления пашни, всеми рабочими органами орудия, важным является форма и площадь поперечного сечения необработанной полосы, в свою очередь которые зависят от междуследия стоек - L и ширины захвата- b рабочего органа. Так, при $L=0,9$ и $b=\min$, форма необработанной полосы - трапеция. Тогда площадь взрыхленной почвы лемехами определяем по следующей зависимости (рис. 55).

$$A_n = 2C_4 h_p + (n-1) \left[\frac{2C_4 + c_1 + 2C_4}{2} h_z - \frac{C_1 + C_1^0}{2} h_z \right]$$

где: $C_1^0 = C_1 - 2C_{11}$ и $C_{11} = h_z \operatorname{ctg} \psi$, кроме того, учитываем, что
 $C_4 = b_0$; $C_1 = (L - b)$,

тогда

$$A_n^* = 2nb_0 h_p + \frac{(n-1)}{2} [(L-b)(h_p - 2h_r) + 2h_r^2 \operatorname{ctg} \psi] \quad (50)$$

Анализ схемы деформации почвы показывает, что при $L=0,9$ м с увеличением ширины захвата рабочего органа от 0,3 до 0,62 м ширина C_1 уменьшается от 0,6 до 0,28 м, но форма необработанной полосы остается трапециидальной. При $C=L-b=0,28$ м, ширина $C_1^0 = 0$, и поперечное сечение необработанной полосы от трапециидальной формы переходит в треугольник. Тогда площадь взрыхленной почвы определяем по следующей зависимости (рис 55).

$$A_n^* = 2nC_4 h_p + \frac{(n-1)}{2} \left[\frac{2C_4 + C_1 + 2C_4}{2} h_p - \frac{C_1 h_r}{2} \right] \text{ или}$$

$$A_n^* = 2nb_0 h_p + \frac{(n-1)}{2} (L-b)(h_p - 2h_r) \quad (51)$$

Площадь взрыхленной почвы всеми долотами равна

$$A_d = nd(h_p + \Delta_b) + n(h_p + \Delta_b)^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (52)$$

Полная площадь рыхления пашни определяем как сумму площадей

$$A_n^* \text{ и } A_d \text{ т.е.} \quad A = A_d + A_n^* \quad (53)$$

$$A = A_d + 2nb_0 h_p + \frac{(n-1)}{2} [(L-b)(h_p - 2h_r) + 2h_r^2 \operatorname{ctg} \psi] \quad (54)$$

Полученные формулы используются при расчете тягового сопротивления и при разработке рабочих органов для рыхления почвы

Определение площади взрыхленной почвы при ее чизелевании

Полная площадь A_p - поперечного сечения почвы взрыхленной чизелем - рыхлителя определяется по формуле

$$A_p = B_p h_p - (n-1)A_1 - 2A_2$$

где $A_1 = \frac{(t-b)^2}{4} \operatorname{ctg} \psi$ площадь неразрушенной полосы, так называемого гребня высотой h_r и шириной у основания - c_0 (рис.56);

$A_2 = \frac{h_p^2 \cdot \operatorname{ctg} \psi}{2}$ - площадь боковых неразрушенных частей почвы. Ширину распространения поперечной деформации почвы определяем по формуле:

$$B_p = nb + 2h_p \cdot \operatorname{ctg} \psi + (n-1)(t-b)$$

При однорядной схеме расстановки рабочих органов (рис.46.а) площадь взрыхленной почвы чизельным орудием определяем по формуле:

$$A = nbh_p + h_p^2 \operatorname{ctg} \psi + (n-1) \left[(t-b)h_p - \frac{K_p(t-b)^2}{4} \operatorname{ctg} \psi \right] \quad (55)$$

При стрелообразной схеме расстановки, центральный рабочий орган работает в условиях блокированного среза, и форма поперечного сечения деформированной почвы будет трапецеидальной с шириной основания на дне обработки, равной ширине захвата рыхлительной лапы. Ширина распространения поперечной деформации почвы равна

$$B = b + 2h_p \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (56)$$

а площадь взрыхленной почвы центральным рабочим органом

$$A_u = bh_p + h_p^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (57)$$

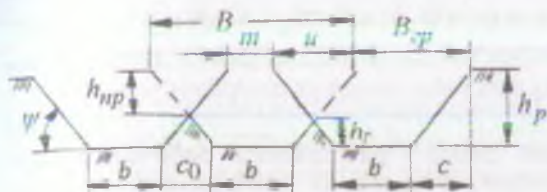


рисунок-56. Схема к определению площади взрыхленной почвы при ее чизелевании

Рабочие органы второго ряда, которые являются боковыми относительно центрального, работают в условиях полусвободного среза, так как часть почвы треугольной формы поперечного сечения с размерами u, h_{np} , которую должен деформировать боковой рабочий орган - разрушена центральным рабочим органом. Поэтому ширина распространения поперечной деформации почвы боковым рабочим органом будет равна

$$B_{\text{ш}} = B - u \quad (58)$$

где $u = 2h_{np} \cdot \text{ctg} \psi$ - ширина зоны перекрещивания деформации почвы при проходе двух смежных рабочих органов. Если учитывать, что $h_{np} = h_p - h_r$, то $u = 2(h_p - h_r) \cdot \text{ctg} \psi$ подставляем в (58) и получим

$$B_{\text{ш}} = B - 2(h_p - h_r) \cdot \text{ctg} \psi \quad (59)$$

Подставляя зависимость (59) в (58) и после некоторого преобразования получим, что

$$B_{\text{ш}} = b + 2h_r \cdot \text{ctg} \psi \quad (60)$$

Площадь взрыхленной почвы одним боковым рабочим органом равна (рис.56)

$$A_6 = B_{\text{ш}} h_p - \frac{C_0 h_r}{2} \quad (61)$$

где, C_0 - ширина неразрушенной на дне обработки полосы,

$$C_0 = 2h_r \cdot \text{ctg} \psi$$

Учитывая (60) и ширину неразрушенной полосы зависимость (61) перепишем в следующем виде.

$$A_6 = b \cdot h_p + 2h_p \cdot h_r \cdot \text{ctg} \psi - h_r^2 \cdot \text{ctg} \psi \quad (62)$$

Площадь взрыхленной почвы всеми боковыми рабочими органами равна



$$A_6 = (n-1)[b \cdot h_p + h_r(2h_p - h_r) \operatorname{ctg} \psi] \quad (63)$$

Площадь взрыхленной почвы орудием равна сумме зависимостей (57) и (63)

$$A = nb \cdot h_p + [h_p^2 + 2(n-1)h_p h_r - (n-1)h_r^2] \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (64)$$

При двухрядной схеме расстановки рабочие органы первого ряда работают в условиях блокированного среза. Ширина междуследия рабочих органов первого ряда L принимается так, что при этом зоны деформации почвы не перекрещиваются, а между ними на поверхности поля остается необработанная полоса шириной m , что разрушается центральным рабочим органом второго ряда.

Тогда площадь взрыхленной почвы рабочими органами первого ряда равна

$$A_1 = n_1 b h_p + n_1 h_p^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (65)$$

где n_1 - количество рабочих органов первого ряда, $n_1 = n - n_2$

n_2 - количество рабочих органов второго ряда.

Площадь взрыхленной почвы одним центральным рабочим органом второго ряда равна

$$A_{u2} = B_r h_p - A_u - A_r \quad (66)$$

где B_r - ширина распространения деформации почвы после прохода центрального рабочего органа второго ряда определяемая по формуле

$$B_r = b + 2h_r \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (67)$$

A_u - площадь поперечного сечения перекрещиваемой зоны деформации почвы, определяемая по формуле

$$A_u = h_{np}^2 \operatorname{ctg} \psi = (h_p - h_r)^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (68)$$

A_r - площадь поперечного сечения гребня

$$A_r = h_r^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (69)$$

Зависимости (67), (68) и (69) подставляем в формулу (66) и после некоторого преобразования получим

$$A_{u2} = (n_2 - 2) \{ b h_p - [h_p^2 - 4h_p h_r + 2h_r^2] \operatorname{ctg} \psi \} \quad (70)$$

Общая площадь взрыхленной почвы боковыми рабочими органами второго ряда равна

$$A_{b2} = 2 \{ b h_p + 2h_p h_r \operatorname{ctg} \psi - h_r^2 \operatorname{ctg} \psi \} \quad (71)$$

Площадь взрыхленной почвы чизельным орудием при двухрядной схеме расстановки его рабочих органов определяем по формуле.



$$A = nbh_p + [(n_1 - n_2 + 2)h_p^2 + 2(n_2 + 1)(2h_p h_r - h_r^2)] \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (72)$$

При стрелообразной схеме с тупым углом раствора расстановки рабочих органов площадь взрыхленной почвы чизельным орудием определяем по формуле (72). Анализ формулы (64) и (72) показывает, что площадь взрыхленной почвы зависит от количества, ширины захвата и глубины хода рабочих органов чизельного орудия.

Определение площади взрыхленной почвы при двухъярусном ее рыхлении. При двухъярусном рыхлении почвы рабочие органы верхнего яруса разрыхляют почву на глубину h_{bp} , меньшую чем рабочие органы нижнего яруса, которые разрыхляют почву на глубину h .

Рисунок-57. Схема двухъярусного рыхления почвы

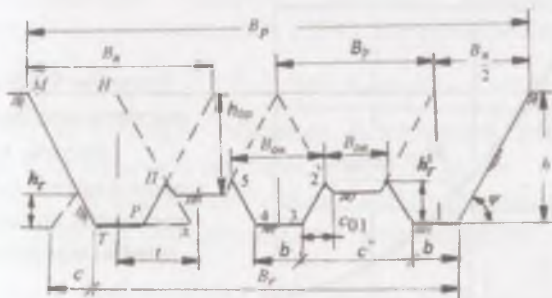
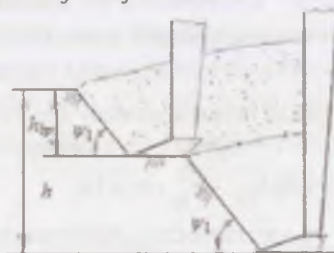


Рисунок-58. Схема к определению площади взрыхленной почвы при двухъярусном ее рыхлении

Поэтому ширина распространения деформации почвы, произведенное органом верхнего яруса (B_b) тоже меньше от ширины распространения деформации почвы, произведенной рабочим органом нижнего яруса - B_n (рис.58). После прохода



чизельного орудия на дне обработки остается неразрушенная полоса, шириной у основания $c^{11} = L - b$ и высотой h_r^1 . Высота h_r^1 зависит от глубины рыхления почвы рабочим органом верхнего яруса. Например: при $h_{bp} = h$, получим что $h_r^1 = h_r$, т.е. высота необработанной полосы равна высоте гребня, который остается между смежными проходами. При рыхлении почвы рабочим органом верхнего яруса на глубину $h_{bp} = 0,2$ м, высота h_r^1 наибольшая, равная $h_r^1 = 0,3$ м. Как видно из рис.58, что с увеличением глубины рыхления h_{bp} от 0,2 до 0,5 м высота h_r^1 изменяется по криволинейному закону, который подчиняется следующей зависимости:

$$h_r^1 = 0,55 - 0,52h_{bp} + 1,25h_{bp}^2 \quad (73)$$

Площадь взрыхленной почвы всеми рабочими органами верхнего яруса определяем по формуле:

$$A_b = (B_b h_{bp} - h_{bp}^2 \operatorname{ctg} \psi) n_b \quad (74)$$

где n_b - количество рабочих органов верхнего яруса

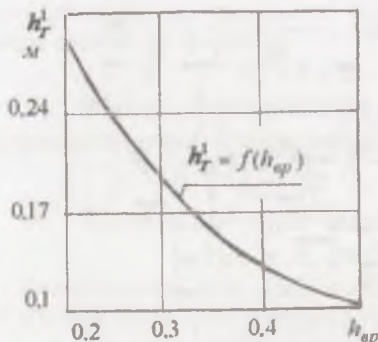


Рисунок-59. Изменение высоты необработанной полосы h_r^1 в зависимости от глубины рыхления почвы рабочим органом верхнего яруса

Учитывая ширину распространения поперечной деформации почвы рабочими органами верхнего яруса

$$B_b = b + 2h_{bp} \operatorname{ctg} \psi$$

Формулу (74) перепишем в следующем виде

$$A_b = n_b (b h_{bp} + h_{bp}^2 \operatorname{ctg} \psi) \quad (75)$$



Если предположим, что $\bar{B} = \bar{L}$, т.е. ширина распространения поперечной деформации почвы рабочими органами верхнего яруса равна ширине междуследия рабочих органов, то формула (75) пишется следующим образом:

$$A_b = (Lh_{bp} - h_{bp}^2 \operatorname{ctg} \psi) n_{bp} \quad (76)$$

Чизельное орудие имеет два боковых рабочих органа нижнего яруса. Площадь разрушенной почвы одним боковым рабочим органом равна площади МНПП, которая определяется по формуле:

$$A_{нб} = \frac{B_{нб} h}{2} - (h_r^1)^2 \operatorname{ctg} \psi \quad (77)$$

где $B_{нб} = b + 2h_r \operatorname{ctg} \psi$ - ширина распространения поперечной деформации почвы рабочими органами нижнего яруса.

Подставляем $B_{нб}$ в формулу (77) и после некоторого преобразования запишем формулу для определения площади взрыхленной почвы двумя боковыми рабочими органами нижнего яруса

$$A_{нб} = bh + 2 \left[h^2 - (h_r^1)^2 \right] \operatorname{ctg} \psi \quad (78)$$

Промежуточные рабочие органы нижнего яруса разрушают почву по площади - 12345, которые равны

$$A_{нн} = \frac{B_{он} + b}{2} h_r^1 + \frac{B_{он}}{2} (h - h_r^1) \quad \text{или} \quad A_{нн} = \frac{1}{2} (B_{он} \cdot h + b \cdot h_r^1) \quad (79)$$

где $B_{он} = b + 2h_r^1 \operatorname{ctg} \psi$ - ширина поперечной деформации, произведенное рабочим органом нижнего яруса

Площадь взрыхленной почвы всеми промежуточными рабочими органами определяем, учитывая выражение - $B_{он}$:

$$A_{нн} = \frac{1}{2} (n_2 - 2) [b(h + h_r^1) + 2h \cdot h_r^1 \cdot \operatorname{ctg} \psi] \quad (80)$$

Полная площадь взрыхленной почвы при двухъярусном рыхлении определяется как сумма формул (76), (77) и (80)

$$\begin{aligned} A &= A_b + A_{нб} + A_{нн} \quad \text{или} \\ A &= n_b (bh_{bp} + h_{bp}^2 \operatorname{ctg} \psi) + bh + 2 \left[h^2 - (h_r^1)^2 \right] \operatorname{ctg} \psi + \\ &+ \frac{1}{2} (n_2 - 2) [b(h + h_r^1) + 2hh_r^1 \operatorname{ctg} \psi] \quad (81) \end{aligned}$$



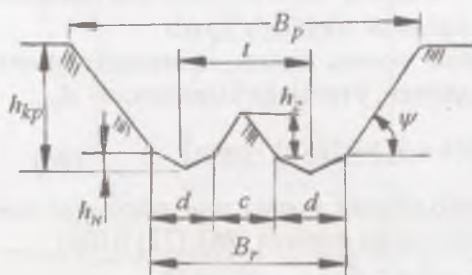
Полученные формулы дают возможность сопоставить и проанализировать площади рыхления и используются при расчете тягового сопротивления и при разработке рабочих органов для чизелевания почвы

Определение площади взрыхленной почвы рабочим органом типа наральник. Рабочий орган типа наральник относится к узко захватным рыхлительным лапам. Поэтому, при воздействии наральника на почву боковая деформация распространяется на малую глубину и прекращается с достижением критической глубины $-h_{кр}$. Ниже критической глубины почва не разрыхляется, а оттесняется из глубины прорези (щели) в сторону разрыхляемой почвы. Исходя из этого работу наральника можно рассматривать в двух вариантах.

1. Чизелевание с целью создания рыхлого слоя почвы на малой глубине не превышающую критическую:

2. Создание рыхлого слоя почвы в зоне критической глубины и нарезка щели ниже критической глубины рыхления с целью проникновения поливной воды на глубокие плотные подпахотные слои. При работе наральника до критической глубины площадь взрыхленной почвы определяется по следующей формуле (рис.-60)

$$A = B_p h_{кр} - (n-1)A_1 - 2A_2 \quad (82)$$



рисунк-60. Схема к определению площади взрыхленной почвы при работе наральника до критической глубины.

Ширину распространения боковой деформации почвы определяем по формуле:

$$B_n = nd + 2(h_{кр} - h_N)ctg\psi + (n-1)(t-d) \quad (83)$$



Площадь неразрушенной полосы расположенной между смежными рабочими органами определяем по формуле:

$$A_1 = \frac{dh_n}{2} + h_n(t-d) + \frac{(t-d)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \quad (84)$$

Площадь боковой неразрушенной части почвы равна

$$A_2 = \frac{dh_n}{4} + \frac{1}{2}(h_{kp}^2 - h_n^2) \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (85)$$

Подставляя формулы (82), (83) и (84) в (85) и после некоторого преобразования получим

$$A = nd(h_{kp} - 0,5h_n) + (h_{kp} - h_n)[2h_{kp} \operatorname{ctg} \psi + (n-1)(t-d)] - (h_{kp}^2 - h_n^2) \operatorname{ctg} \psi - (n-1) \frac{(t-d)^2}{4} \operatorname{tg} \psi \quad (86)$$

Анализ полученной формулы показывает, что площадь взрыхленной почвы зависит от количества и основных параметров наральника таких как ее ширина захвата d , угол крошения α и раствора γ , от которых зависит критическая глубина чизелевания $-h_k$ и высота недореза $-h_n$, а также угол бокового скалывания.

В отличие от долотообразного рабочего органа, при работе наральника дно борозды не получается ровным, а приобретает треугольную форму. Высота треугольника $-h_n$ в зависимости от основных параметров наральника определяется по следующей формуле:

$$h_n = 0,5d \cdot \operatorname{ctg} \gamma \sin \alpha \quad (87)$$

На рис.-61 показан график изменения высоты недореза $-h_n$ в зависимости от ширины захвата d ; угла раствора γ и крошения α наральника. Из рис.-61 видно, что с увеличением ширины захвата и угла крошения наральника высота недореза возрастает примерно одинаково, что приводит к уменьшению площади взрыхленной почвы. Однако, с изменением угла раствора от 30° до 60° высота недореза уменьшается от 0,0237 до 0,008 м, следовательно при этом площадь взрыхленной почвы увеличивается.

При работе наральника ниже критической глубины (рис.-62), чизельное орудие производит полосной рыхление. При этом между рабочими органами остаются неразрушенные

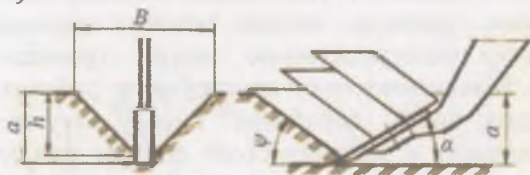


Чизелевание – эта безотвальная обработка почвы чизельными орудиями с рыхлительными или стрельчатыми лапами, установленными на раме орудия с недорезом пласта по ширине захвата. Чизелевание на глубину до 60 , как наиболее энергоемкую операцию проводят периодически на почвах с переуплотненным подпахотным горизонтом.

Исследованиями [2,14] установлено, что зона распространения боко-вых деформаций почвы расширяется до некоторой глубины чизелевания.

Так в опытах [14] с ножами одинаковой ширины и с одинаковыми углами резания линейные размеры боковых расширений - b_6 прорези до некоторого предела глубины резания возрастает примерно пропорционально. Примерная пропорциональность сохраняется между полной глубиной прорези и глубиной ее расширяющейся части. Но при дальнейшем увеличении глубины резания рост боковых расширений прорези прекращается. Одновременно нарушается пропорциональность между глубиной расширяющейся части и глубиной прорези

а)



б)

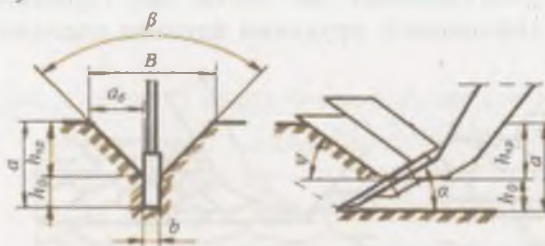


рисунок.64. Схемы чизелевания почвы:

а) чизелевание до критической глубины

б) чизелевание почвы на глубину более критической

[14]



Критическую глубину чизелевания почвы $h_{кр}$ рылительной лапой можно представить как некоторую глубину обработки (рис.64 б):

$$h_{кр} = h - h_0 \quad (93)$$

где h - глубина обработки почвы;

h_0 - глубина блокированного резания без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы

Пусть h_i - нарастающая глубина хода лапы, при которой осуществляется боковое скалывание почвы b_6 в поперечном сечении пласта под некоторым углом ψ . Ширина бокового скалывания почвы b_6 с увеличением глубины хода лапы до критической глубины резания $h_{кр}$, возрастает пропорционально h , в следующей зависимости

$$b_6 = \mu_0 \cdot h_i = \mu \cdot h \quad (94)$$

где μ_0 - безразмерный коэффициент;

h - глубина чизелевания почвы до критической глубины резания

При обработке почвы на глубину $h > h_{кр}$ скалывание почвы с боковых сторон лапы, достигнув предельного значения b_6 , прекращается, то есть остаётся постоянной

$$b_6 = const.$$

В этом случае нижний слой пласта на глубину h_0 разрезается лапой без отделения почвенной стружки:

$$b_6 = \mu_0 \cdot h_{кр} \quad (95)$$

Из уравнения (3) критическая глубина резания без учета параметров рабочих органов и физико-механических свойств почвы будет иметь вид:

$$h_{кр} = \frac{b_6}{\mu_0} \quad (96)$$

С учетом деформации почвы, преобразуем выражение (3) с учетом влияния угла крошения - α (угол наклона лапы к дну борозды) и физико-механических свойств почвы (рис.58 б)

$$b_6 = h_{кр} \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (97)$$



Ширина полосы деформации почвы на поверхности

$$B = 2h_{кр} \cdot \operatorname{ctg} \psi + b \quad (98)$$

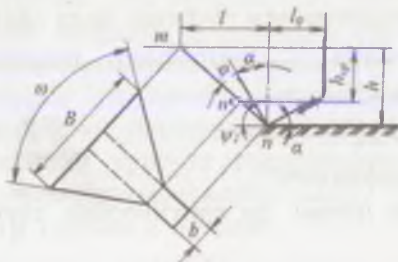
Подставив в формулу (6) значение (4) получим

$$B = \frac{2h_0}{\mu_0} \cdot \operatorname{ctg} \psi + b \quad (99)$$

где ψ - угол бокового скалывания почвы, значение которого определяется экспериментально [2].

С другой стороны ширина полосы деформации почвы на поверхности перед лапой на расстоянии l от носка имеет следующую зависимость

$$B = 2 \cdot mn^1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} + b$$



рисунк.65. Схема деформации почвы впереди лапы

где $mn^1 = \frac{h_{кр}}{\cos(\alpha + \varphi)}$, тогда $B = \frac{2h_{кр} \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{\cos(\alpha + \varphi)} + b \quad (100)$

Формулы (99) и (100) адекватны, тогда после

преобразований получим
$$h_{кр} = \frac{b_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cos(\alpha + \varphi)}{\mu_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}} \quad (101)$$

Если $\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sin \psi_1 \quad (102)$

Подставляя значение (101) в формулу (102), после

преобразований получим
$$h_{кр} = \frac{b_0 \cdot \cos(\alpha + \varphi)}{\mu_0 \cdot \sin \psi_1} \quad (103)$$

где ω - угол, характеризующий область деформации почвы в плоскости скалывания - mn (рис.59);

α - угол крошения;

φ - угол трения почвы по стали;

ψ_1 - угол продольного скалывания почвы.

Угол ψ_1 выражается зависимостью $\psi_1 = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}$

где ρ - угол трения почвы по почве

Подставив выражение ψ_1 в формулу (103) и после

преобразования получим
$$h_{кр} = \frac{b_0 \cdot \cos(\alpha + \varphi)}{\mu_0 \cdot \cos \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}} \quad (104)$$

Формула (104) выражает зависимость критической глубины резания рыхлительной лапы чизельного орудия от величины скалывания почвы с боковых сторон лапы, угла крошения и физико-механических свойств почвы.

Дальнейшее заглубление рабочего органа не увеличивает зону рыхления, так как ниже так называемой «глубины рыхления» (h_p) образуется зона оттеснения почвы в виде щели.

Основная причина явления критической глубины чизелевания заключается в сжимаемости почвы под нагрузкой. Критическая глубина чизелевания оказывается границей зон видоизменений процесса - разрезания и резание с отделением стружки (рис.64). При этом ухудшается эффективность глубокого чизелевания уплотненного подпахотного горизонта.

Прочность и разрушение почвы. Частицы почвы имеют различную форму и связаны между собой внутренними силами взаимного притяжения, действующими в результате физических, химических и механических факторов.

Поэтому прочность и деформативность почвы определяются свойствами слагающих частиц и связей между ними. Механическое разрушение почвы следует рассматривать главным образом как результат преодоления внутренних связей между частицами, которые состоят из сил, зависящих от влажности, плотности и давления на них. При этом необходимо учитывать разнородность почв. Вследствие различия по крупности, форме, плотности, влажности, а также прочности их связей, разрушение протекает сложным путем. После того как давление на почву достигает некоторой критической величины, связи разрушаются не сразу по всей зоне действия нагрузки, а постепенно. Деформация почвы клином заключает-



ся в уплотнении почвенных частиц передней гранью, а затем отрыв с последующим сдвигом под углом ψ_1 .



Сила сопротивления почвы для перемещения рыхлительной лапы складывается из сил, обусловленных деформацией - F_c , массы - F_m и силой инерции - F_v пласта почвы (рис.-66).

$$F_d = F_c + F_m + F_v$$

Механическая прочность почвы предопределяет величину сопротивления разрушению (деформации). Чем больше плотность сложения почвы по глубине, тем больше должны быть усилия на деформацию и подъема пласта, а также силы инерции. Вспашка приводит к нарушению связи между частицами почвы пахотного горизонта, поэтому усилие, обусловленное деформацией почвы, будет только в подпахотном горизонте, а сопротивление, обусловленное массой и силой инерции пласта почвы в обоих горизонтах. При послойной обработке из-за различия плотности сложения почвы в верхнем нарушенном пахотном слое и в нижнем разрушаемом подпахотном горизонте усилия, обусловленные массой и силой инерции пласта почвы не будут равны, $F_{mn} \neq F_{mp}$ и $F_n \neq F_{vp}$.

Усилие, затрачиваемое на деформацию почвы лемеха определяем

$$F_c = K_4 A_c [\cos \psi_1 \cdot \sin \gamma + f \sin(\alpha + \psi_1) (\cos^2 \gamma + \sin^2 \gamma \cdot \cos \alpha)] \quad (105)$$

Для упрощения формулы (105) введем следующие обозначения: $\varepsilon_1 = [\cos \psi_1 \cdot \sin \gamma + f \sin(\alpha + \psi_1)(\cos^2 \gamma + \sin^2 \gamma \cdot \cos \alpha)]$, тогда формула (106) примет следующий вид $F_c = K_4 \cdot A_c \cdot \varepsilon_1$ (107)

Анализ формулы (106) показывает, что усилие обусловленные деформацией почвы сдвигу при $\varepsilon_1 = \text{const}$, зависит от площади скалывания почвы - A_c . Если ширина клина b , то с учетом боковых расширений зоны деформации почвы площадь ее скалывания при рыхлении пашни будет равен

$$A_{c1} = \frac{bh_p + h_p^2 \text{ctg} \psi}{\sin \psi_1} \quad (108)$$

Тогда сила действующая в плоскости скалывания почвы составит

$$F_{c1} = K_4 \frac{bh_p + h_p^2 \text{ctg} \psi}{\sin \psi_1} \varepsilon_1 \quad (109)$$

Как видно из формулы (109), что усилие F_{c1} необходимое для разрушения почвы после ее вспашки зависит от площади скалывания, свою очередь которое зависит от глубины вспашки - a (рис.66)

С увеличением глубины вспашки от 0,1 до 0,4 м площадь скалывания почвы уменьшается от 0,505 м до 0,09 м, так как с увеличением глубины вспашки уменьшается толщина деформируемой почвы. Поэтому усилие F_c тоже уменьшается от 18,5 до 4,2 кН. По агротехническим нормам глубина вспашки варьируется в пределах 0,3...0,4 м, при котором усилие F_{c1} составляет соответственно 8,95 и 42 кН.

При рыхлении почвы до вспашки (2 вариант) глубокорыхлитель деформирует почву на глубине h .

Тогда площадь $A_{c2} = \frac{bh + h^2 \text{ctg} \psi}{\sin \psi_1}$, усилие скалывания

$$F_{c2} = K_4 \cdot A_{c2} \cdot \varepsilon_1 \quad (110)$$

зависит от глубины рыхления, ширины захвата клина, углов скалывания и удельного сопротивления почвы сдвигу. Так как $h > h_p$, то площадь скалывания почвы при рыхлении ее до вспашки больше площади скалывания почвы при рыхлении ее после вспашки, т.е. $A_{c2} > A_{c1}$.



Например, при $h_p = 0,2$ и $h_p = 0,5$ м ($b=0,5$ м, $a = 0,3$ м) получим, что $A_{c2} = 3,4 \cdot A_{c1}$. Поэтому усилие скалывания почвы F_{c1} по второму варианту больше в 3,4 раза усилия скалывания почвы по первому варианту.

Разрушение верхнего пахотного слоя приводит к изменению плотности сложения почвы по глубине рыхления. Это сказывается на усилиях, обусловленных массой почвы (F_m).

$$F_m = (A_1' \cdot \gamma_1 + A_g \cdot \gamma_2) \ell \varepsilon_2 \quad (111)$$

$$\text{и силой инерции} \quad F_v = (A_1' \cdot \gamma_1 + A_g \cdot \gamma_2) \varepsilon_p' \frac{v^2}{g} \varepsilon_3 \quad (112)$$

где: $A_1' = B_a$ - площадь верхнего разрыхленного слоя почвы

A_g - площадь взрыхленной почвы, ℓ - длина рабочей поверхности лемеха. $\gamma_1; \gamma_2$ - соответственно плотность верхнего разрушенного плугом слоя почвы и плотности не разрыхленного слоя почвы. v - скорость движения агрегатов, g - ускорение свободного падения

$$\varepsilon_2 = \frac{\sin \alpha + f(\cos \gamma \cdot \operatorname{ctg} \gamma + \sin \gamma \cdot \cos \alpha)}{\cos \alpha - f \cdot \sin \gamma \sin \alpha}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\sin^2 \gamma [\sin \alpha + f \cdot \sin \gamma (\operatorname{ctg}^2 \gamma + \cos \alpha)]}{(\operatorname{ctg} \alpha - f \cdot \sin \gamma)}$$

ε_p' - скоростной коэффициент пласта почвы определена методом наименьших квадратов.

Анализ формулы (111) показывает, что усилие, обусловленное массой почвы при $\ell = \text{const}$ и $\varepsilon_2 = \text{const}$ зависит от площадей вспашки и рыхления, а также плотности сложения почвы, которая в свою очередь зависит от глубины разрушения верхнего пахотного слоя. Например, с изменением от 0,1 до 0,4 м площадь вспашки возрастает от 0,103 до 0,412 м, а площадь, подлежащая к рыхлению уменьшается от 0,325 до 0,06 м (таблица 8). Поэтому, усилие необходимое для подъема верхнего пахотного разрушенного слоя почвы повышается от 0,386 до 1,54 кН, а усилие, обусловленное массой почвы разрушаемой рыхлительной лапой уменьшается от 1,724 до 0,307 кН. Надо отметить, что чем на меньшую глубину вспахи-



вается почва, тем больше усилие - F_{mp} требуется для подъема пласта почвы при ее рыхлении. Чем на большую глубину производим вспашку, тем больше рыхлого слоя почвы и меньше площади почвы с повышенной плотностью. Поэтому, с увеличением глубины от 0,1 до 0,4 м усилие, обусловленное массой почвы уменьшается от 2,11 до 1,84 кН.

Аналогичное явление можно увидеть и при анализе формулы (2.50) силы инерции, связанной с перемещением разрушенного пахотного и нижнего подпахотного горизонтов почвы по рабочей поверхности рыхлительной лапы с увеличением глубины вспашки a . Так, с изменением глубины a от 0,1 до 0,4 м, усилие F_v уменьшается незначительно, от 2,92 до 2,56 кН. Это объясняется тем, что сила инерции разрушенного слоя почвы F_{vm} , с увеличением глубины вспашки a , возрастает менее интенсивно, чем уменьшение силы инерции нижнего подпахотного горизонта F_{vp} .

Пользуясь формулами (109), (110), (111), (112), можно определить суммарную силу, обусловленную состоянием плотности сложения почвы:

$$F_d = F_c + F_m + F_v \quad (113)$$

При рыхлении пашни

$$F_d = K_4 A_{c1} \varepsilon_1 + (A_1 \gamma_1 + A_g \gamma_2) (\ell \varepsilon_2 + \varepsilon_p \frac{v^2}{g} \varepsilon_3) \quad (114)$$

и рыхлении почвы $F_d = K_4 A_{c1} \varepsilon_1 + A_g \gamma_2 (\ell \varepsilon_2 + \varepsilon_p \frac{v^2}{g} \varepsilon_3) \quad (115)$

Расчет силы F при различной глубине рыхления и пашни приводится в таблице 8, откуда видно, что с увеличением глубины разрушения верхнего слоя почвы от 0,1 до 0,4 м, суммарное усилие, обусловленное состоянием плотности сложения почвы уменьшается от 23,53 до 8,6 кН. При глубоком рыхлении на глубину 0,5 м без предварительной вспашки верхнего слоя, тяговое сопротивление рыхлительной лапы составляет 26, кН. Исходя из этого можно предположить, что тяговое сопротивление глубокорыхлителя при работе его до вспашки больше, чем тяговое сопротивление глубокорыхлителя при работе его после вспашки, т.е. 1 вариант технологии рыхления подпахотного горизонта менее



энергоемок, чем при технологии рыхления по второму варианту.

Таблица 8

Изменение тягового сопротивления рыхлительной лапы F_{pl} и его составляющих F_c ; F_m и F_v и площадей скалывания A и A_c в зависимости от глубины вспашки

Глубина вспа ш ки, м	Площади, м		Усилие, обусловленное массой почвы кН			Сила инерции			Сила скалы вания почв ы F _c кН	Сумма рная F кН
			Составля ющие		F _m	Составля ющие		F _v		
	A ₁	A _{c1}	F _{ml}	F _{vm}		F _{vn}	F _{vp}			
0,1	0,103	0,325	0,386	1,724	2,11	0,534	2,39	2,92	18,5	23,53
0,2	0,206	0,22	0,771	1,167	1,94	1,07	1,62	2,69	12,5	17,13
0,3	1,309	0,13	1,16	0,695	1,86	1,61	0,96	2,57	8,45	12,88
0,4	1,412	0,058	1,54	0,307	1,84	2,14	0,42	2,56	4,2	8,6

Технология рыхления подпахотного горизонта почвы. Из-за большой энергоемкости технологического процесса глубокое рыхление подпахотного горизонта почвы не может быть совмещено с двухъярусной вспашкой, т.е. ее проводят до (II вариант) или после вспашки (I вариант) (67-рис), двухъярусное чизелевание подпахотного горизонта (III вариант)

1 вариант. 1) вспашка почвы на глубину 0,3 м

2) рыхление пашни на глубину 0,5 м.

2 вариант 1) рыхление стерни на глубину 0,5 м;

2) вспашка рыхлого слоя почвы на глубину 0,3 м

3 вариант Двухъярусное чизелевание подпахотного горизонта

При рыхлении подпахотного горизонта по I и II вариантам трактор по полю совершает по два прохода по каждому варианту, а по третьему варианту один проход.

1 вариант



2 вариант

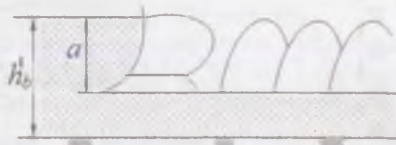
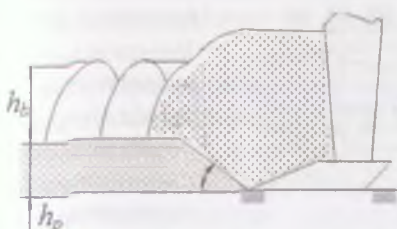


рисунок- 67. Схема последовательности рыхления подпахотного горизонта

Естественно, при этом по первым двум вариантам затраты на рыхление подпахотного горизонта больше, чем в третьем варианте. Однако, третий вариант можно провести в песчаных или на полях засоренные камнями, т.е там где вспашка почвы малоэффективно.

При рыхлении подпахотного горизонта по I и II вариантам трактор по полю совершает по два прохода по каждому варианту, а по третьему варианту один проход. Естественно, при этом по первым двум вариантам затраты на рыхления подпахотного горизонта больше, чем по третьему варианту. Однако, третий вариант можно провести в песчаных или на полях засоренные камнями, т.е там где вспашка почвы малоэффективно.

При двухъярусной вспашке комки размером более 50 мм в 2-2,5 раза меньше, чем при рыхлении почвы. Это объясняется, во-первых, отсутствием у глубокорыхлителя работают более переосушенной части почвы.

Качество крошения почвы при рыхлении пашни лучше (комки размером более 100 мм) составляет 8,5 %, чем при рыхлении твердой почвы – 11,1 %. Это объясняется тем, что



пахотный слой при рыхлении не выворачивается, а поднимается незначительно лемехами рыхлительной лапы.

Крупные комки, образованные во время вспашки, раздавливаются ходовыми частями агрегата. А при вспашке рыхлого слоя, за счет оборота пласта, крупные комки выворачиваются на поверхность поля. Поэтому по варианту вспашка рыхлого слоя имеют низкие показатели по качеству крошения, по сравнению с рыхлением пашни.

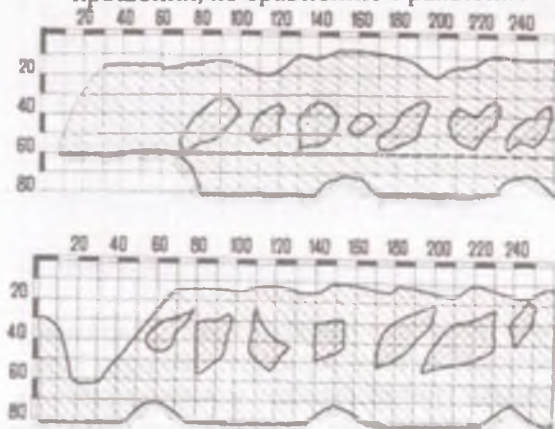
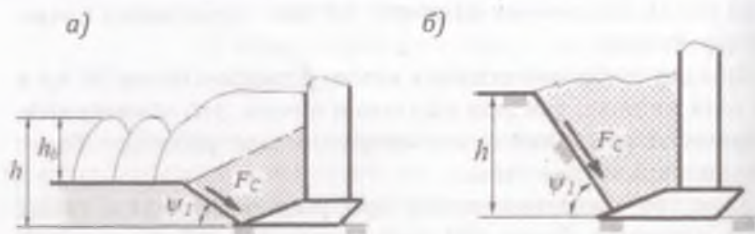


Рисунок-2.47.
Поперечный
разрез после
прохода орудий
при различной
технологии
глубокого
рыхления:

Важным показателем, характеризующим качество пахоты, является глубина заделки плугом сорной растительности. Чем глубже она заделана, тем меньше возможность отрастания и появления сорняков. Поэтому одной из задач отвальной вспашки является предельно полный оборот пласта, обеспечивающий глубокую заделку сорной растительности.



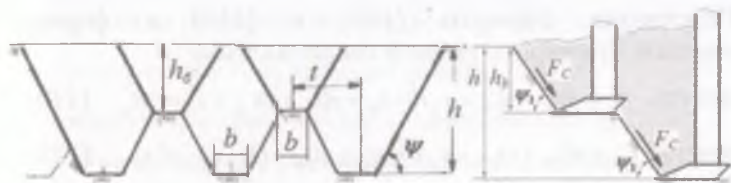


рисунок-69. Схема сил действующие на почву при различной технологии ее рыхления.: а) рыхление стерни; б) рыхление пашни; в) двухъярусное чизелевание (III вариант)

При вспашке рыхлого слоя ухудшается заделка растительных остатков. Так, при вспашке на 30 см глубина заделки сорняков составляет 24,5 см, а при вспашке рыхлого слоя 7,04 см. Объясняется это тем, что при второй технологии не обеспечивается качественный оборот пласта из-за нарушения связности почвы и подпора пласта.

Последовательность рыхления подпахотного горизонта не вызывает существенного влияния на урожайность хлопка-сырца. Однако имеется существенное различие между энергетическими показателями орудий при различной технологии их применения.

Энергетические показатели орудий при различной технологии их применения характеризуются определением тягового сопротивления плуга и глубокорыхлителя. Для этой цели используем формулу В.П.Горячкина.

$$F = fG + Kab + \varepsilon v^2 ab \quad (116)$$

Тогда, суммарные энергозатраы по вариантам складываются из тягового сопротивления плуга F_n и глубокорыхлителя F_p , т.е. $F_1 = F_n + F_p$ и $F_2 = F_n + F_p$ (117)

где: $F_1; F_2$ - соответственно, суммарные тяговые сопротивления при рыхлении пашни при 1 варианте и при пахоте рыхлого слоя (2 вариант)

$$F_n = fG_n + (K_n + \varepsilon_n v^2) A_n \quad (118) - \text{тяговое сопротивление}$$

$$\text{плуга } F_p = fG_p + (K_p + \varepsilon_p v^2) A_p \quad (119) - \text{тяговое сопротивление}$$

глубокорыхлителя



Подставляя формулы (118) и (119) в формулу 117 получаем суммарное тяговое сопротивление

$$1 \text{ варианта } F_1 = fG_n + (K_n + \varepsilon_n v^2)A_n + fG_p + (K_p + \varepsilon_p v^2)A_p \quad (120)$$

$$2 \text{ варианта } F_2 = fG_p + (K_p + \varepsilon_p v^2)A_p + fG_n + (K_n + \varepsilon_n v^2)A_n \quad (121)$$

где: f - коэффициент, учитывающий сопротивление перекатыванию колес, равный 0,2...0,25;

$G_n; G_p$ - соответственно, вес плуга и глубокорыхлителя;

$K_n; K_n^*; K_p; K_p^*$ - удельное сопротивление почвы при различных технологиях ее обработки, кН/м

$\varepsilon_n; \varepsilon_n^*; \varepsilon_p; \varepsilon_p^*$ - скоростной коэффициент пласта почвы при различной технологии ее обработки

v - скорость движения агрегата

$A_n; A_p; A_p^*$ - соответственно, площадь обработанная плугом и глубокорыхлителем при различной технологии их применения, определяемые по формулам.

Площадь поперечного сечения почвы обработанной плугом $A_n = B_n \cdot a$

Площадь поперечного сечения почвы при рыхлении стерни:

$$A_p = nbh + h^2 \operatorname{ctg} \psi + n(L-b)h - (n-1) \frac{K_n(L-b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi$$

Площадь поперечного сечения разрушенного слоя почвы при рыхлении пашни:

$$A_p^* = Ba + nbh_p + h^2 \operatorname{ctg} \psi + n(L-b)h_p - (n-1) \frac{K_n(L-b)^2}{4} \operatorname{tg} \psi$$

Где: B_n - ширина захвата плуга;

a - глубина вспашки;

n - количество рабочих органов глубокорыхлителя;

b - ширина захвата рабочего органа глубокорыхлителя;

h - глубина рыхления стерни;



h_p – глубина рыхления на пашне;

ψ – угол бокового скалывания почвы;

L – междуследие рабочих органов глубокорыхлителя;

K_n – коэффициент уменьшения высоты гребня;

B – ширина распространения деформации почвы.

Раскрывая скобки, входящие в формулы (120) и (121) и после некоторого преобразования получим формулы для определения суммарного тягового сопротивления технологии рыхления по вариантам в следующем виде:

$$F_1 = fG_{np} + (K_{np}^* + \varepsilon_{np} v^2) A_{np}^* \quad (122)$$

$$F_2 = fG_{np} + (K_{np} + \varepsilon_{np} v^2) A_{np} \quad (123)$$

где: $G_{np} = G_n + G_p$ – приведенный вес орудий;

$A_{np}^* = A_n + A_p$ – соответственно приведенные площади поперечного сечения $A_{np} = A_p + A_n$ – почвы по вариантам ее обработки. Приведенные коэффициенты K_{np} и ε_{np} определены методом наименьших квадратов

Расчет формул (120), (121), (122), (123) показывают, что минимальное тяговое сопротивление по двум операциям обработки почвы – рыхление пашни и вспашка рыхлого слоя, достигается при первой технологии ($F_1 = 70$ кН, $F_2 = 63$ кН), что подтверждается экспериментальными данными (табл. 9).



Таблица 9

**Качественные и энергетические показатели орудий
при различной технологии их применения**

Вариант опыта	Содержание почвенных фракций размерами в мм, %			Тягов ое сопр тивле ние кН	Удельное сопротивление			Тяго вая мощ ност ь кВт	Бук сова ние движ трак.
					На метр ширины захвата, кН		На кв. метр кН		
	100	100-50	50		По опера	По вариан			
Двухъярусная вспашка поч вы на глубину 0,3м +рыхле ние на глуби ну 0,5 м	16,73	8,94	74,3 3	19,4	16,45	46,87	55,1	18,76	2,36
				39,9	30,42		59,2	39,12	4,68
Рыхление почвы на глу бину 0,5 м + двухъярусная вспашка ее на глубину 0,3 м	18,66	9,85	71,4 9	57,5	41,67	52,48	79,3	56,37	11,5
				12,6	10,81		36,8	12,36	6,84

Из таблицы 9 видно, что суммарные затраты на обработку полосы шириной 1 м в первом варианте составляли 46,87, а во втором – 52,48 кН, из-за большей энергоемкости глубокорыхлителя при работе по стерне, чем по пашне. Тяговое сопротивление глубокорыхлителя при работе по пашне составляет 39,9 кН, а по стерне 57,5 кН. Это объясняется тем, что при рыхлении почвы до вспашки тяговое усилие направлено в основном на деформацию почвы и подъем пласта рыхлительными лапами, кроме того, с увеличением сопротивления орудия повышается буксование трактора.

Меньшая энергоемкость основной обработки почвы с применением глубокорыхлителя по первому варианту дает возможность увеличить рабочую скорость движения агрегатов и тем самым повысить производительность

Обоснование глубины хода рабочего органа верхнего яруса при двухъярусном чизелевании почвы (III-вариант,



рисунок-70). В зоне орошаемого земледелия сероземы по механическому составу местами средне и тяжело суглинистые с включением щебня, которые располагаются в горизонте 0...0,3 м. Благодаря легкому механическому составу на пустынных песчаных почвах в пахотном горизонте плотная прослойка не образуется. Нижний горизонт от 0,4 до 0,5 м сильно уплотнен, где плотность почвы доходит до 1,6...1,7 г/см³. На таких почвах обработка верхнего слоя оборотом пласта и разрушение нижнего горизонта можно заменить двухъярусным рыхлением. При двухъярусном чизелевании почвы, глубина хода рабочих органов верхнего яруса по отношению к нижнему ярусу определяется в зависимости от энергетических показателей работы чизельного орудия, которая складывается из сопротивлений почвы перемещению рабочих органов верхнего F_b и нижнего F_n — ярусов, т.е.

$$F = F_b + F_n \quad (124)$$

Рабочие органы верхнего яруса работают в условиях заблокированного среза, центральный рабочий орган нижнего яруса в условиях деблокированного. Два боковых рабочие органа нижнего яруса работают в условиях полусвободного среза. С учетом вышеизложенного и сил действующих на пласт почвы определяем усилия F_b и F_n :

$$F_b = A_b \left[\frac{K_4 \cdot \varepsilon_1}{\sin \psi_1} + \gamma_2 \left(\ell \varepsilon_2 + \frac{v^2}{g} \varepsilon_3 \right) \right] + n_b \cdot F_{cb} \quad (125)$$

$$F_n = A_n \frac{K_4 \cdot \varepsilon_1}{\sin \psi_1} + (\gamma_1 A_b + \gamma_2 A_n) \omega_0 + n_n F_{cn} \quad (126)$$

где A_b, A_n — площадь чизелевания почвы соответственно верхнего и нижнего ярусов, которые определяются по формулам:

$$A_b = n_b (bh_b + h_b^2 \operatorname{ctg} \psi) \quad (127)$$

$$A_n = n_n bh + h^2 \operatorname{ctg} \psi + (n_n - 1) \left[h - \frac{(2t - b)}{4} \operatorname{tg} \psi \right] (2t - b) - A_b \quad (128)$$

K_4, γ_2 — удельное сопротивление почвы сдвигу и плотность пахотного горизонта.

$F_{cb}, F_{cn}; n_b, n_n$ — соответственно, сопротивление почвы перемещению стоек и количество рабочих органов верхнего и нижнего ярусов;

t — междуследие стоек

$$\omega_0 = \ell \varepsilon_2 + \frac{\nu^2}{g} \varepsilon_3$$

Анализ полученных формул показывает, что как площадь - A_b , так и A_n (при $h = 0,5$ м) зависят от глубины - h_b . Так с увеличением глубины h_b от 0,1 до 0,4 м, площадь A_b - возрастает от 0,0556 до 0,3937 м², а площадь - A_n уменьшается от 0,76 до 0,437 м². При этом, зона распространения деформации почвы в верхнем ярусе возрастает, а в нижнем ярусе - убывает, что приводит к увеличению усилия обусловленного деформацией.

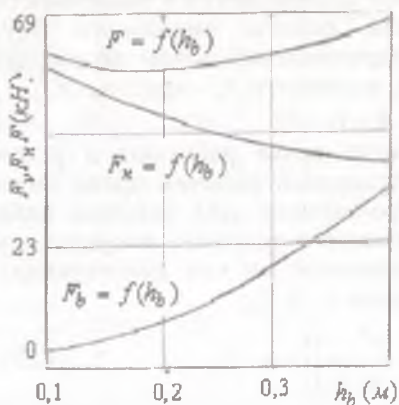


рисунок-70. Изменение сил F_n , F_b и F в зависимости от глубины хода рабочего органа верхнего яруса

Усилие F_c зависит от схемы расстановки рабочих органов верхнего и нижнего ярусов орудия, а также глубины рыхления почвы рабочими органами верхнего яруса. Например, теоретическое наименьшее сопротивление почвы перемещению орудия, при двухъярусном ее чизелевании, получено при глубине хода рабочих органов верхнего яруса $h_b = 0,2$.

Заключение

1. Использование на полях орошаемого земледелия все большего количества скоростной и тяжелой техники привело к уплотнению как пахотных, так и подпахотных горизонтов. Плотность почвы сильно выражена как в пахотном, так и в подпахотном горизонте. Кроме того, при ежегодной мелкой пахоте почвы на глубину 0,3 м, привело к образованию плотной прослойки, которая называется «плужная подошва» и распространяется до глубины 0,4...0,45 м. Плотность подпахотного горизонта почвы давнего орошения достигает 1600...1700 кг/м³, а скважность уменьшается на 5...6 %

2. Уплотненный подпахотный горизонт отрицательно сказывается на росте растений и урожае хлопка – сырца. При этом сильно затрудняется просачивание воды в подпахотные слои, следовательно уменьшаются запасы влаги в почве, ухудшается воздухообмен в ней и в целом ухудшается питание хлопчатника и снижается урожай.

3. При рыхлении подпахотного горизонта под влиянием накапливающихся растительных остатков почва постепенно обогащается питательными веществами, что и приводит к повышению ее плодородности. Глубокое рыхление почвы, снижая плотность, в свою очередь обеспечивает повышение общей скважности за счет порозности, мощного развития корней вовлечения подпахотного горизонта в сельскохозяйственный оборот.

4. Качество и энергоемкость рыхления подпахотного горизонта почвы прежде всего зависят от совершенства технологического процесса работы, конструкции орудий безотвальной обработки почвы. Практика применения существующих орудий рыхления подпахотного горизонта показывает, что многие из них не отвечают современным требованиям агротехники обработки почвы, энергоемки и малопроизводительны, имеют низкую надежность работы.

5. Механическое разрушение почвы следует рассматривать главным образом как результат преодоления внутренних

связей между частицами, которые состоят из сил, зависящих от влажности, плотности и давления на них. Механическая прочность почвы предопределяет величину сопротивления разрушению (деформации). Чем больше плотность сложения почвы по глубине, тем больше должны быть усилия на деформацию и подъема пласта, а также силы инерции. Меньшая энергоемкость основной обработки почвы с применением глубокорыхлителя после двухъярусной вспашки дает возможность увеличить рабочую скорость движения агрегатов и тем самым повысить производительность

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Выступление Президента Республики Узбекистана Ш.М.Мирзиёева 9 декабря 2017 года в "День работников сельского хозяйства" Халқ сўзи газетасининг 2017 йил 11 декабрдаги 194 (6864)-сони.
- 2 Бибутов Н.С.- Обоснование параметров рабочего органа глубоких-лителя для зоны хлопкосеяния. Дис.канд.наук. Янгиюль,1983 г.
- 3 Гафаров Х.Р.-Совершенствование технологического процесса и обоснование параметров орудия для разуплотнения подпахотного слоя почвы в зоне хлопководства. Дис.канд.наук. Янгиюль 1993 г
- 4 Мурадов М.М., Бибутов Н.С., Байметов Р.И. - Механико-технологические основы и параметры орудий для разуплотнения почвы. Монография. Ташкент, изд-во: "Фан", Узбекистан, 1988 г, с.102.
- 5 Мурадов М.М. - Разработка комплекса почво-брабатывающих машин для разуплотнения почвы при возделывании хлопчатника. Дис.доктора технических наук. Москва - 1988
- 6 Игамбердиев А.К. – Обоснование технологии и технических средств для глубокой обработки почвы при производстве хлопчатника. Автореф. Дисс.канд.техн.наук. – Харьков, 1988, -16с
- 7 Кенжаев О.- Технико-экономические преимущества комбинированного двухъярусного плуга при полосном разуплотнении подпахотного горизонта. //Труды ВИМ. – Москва, 1989, - Т.123, - с.94-97
- 8 Мурадов М.М; Бибутов Н.С., Мурадов Ш.- Методы фотомеханики в почвообработке . Монография, 1992, Ташкент, изд.: "Фан" АН Узбекистана, тираж 500
- 9 Бибутов Н.С. – Некоторые вопросы разрушения почвы. Научные труды Республиканской научно-технической конференции «Научно-практические основы переработки сельхозсырья». Бухара, 1997, с. 164-168
- 10 Панов И.М. – Механико-технологические основы расчета

- проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами: Автореф.дисс. док.техн.наук. Челябинск, 1984, - 35с
- 11 Бибутов Н.С.,Сергиенко В.А., Байметов Р.И. - Рациональная технология глубокого рыхления почвы. Ж. «Хлопководство», № 10, 1982, С.18-19
 - 12 И.Н.Бибутов,С.К.Муминов Энергосберегающая стойка рыхлителя Механика муаммолари. Ўзбекистон журнали. № 1.2005 Тошкент, "Фан" нашриёти, 28-30 б
 - 13 С.К.Муминов, Н.С.Бибутов Глубокое чизелевание почвы. Механика муаммолари. Ўзбекистон журнали. № 1.2005 Тошкент, "Фан" нашриёти, 30-34 б
 - 14 В.В. Труфанов. - Глубокое чизелевание почвы. ВИСХОМ. Москва ВО «Агропромиздат», 1988г. стр. 138.
 - 15 Бибутов Н.С., Байметов Р.И. - Технические средства для рыхления подпахотного горизонта. Реф.научн.техн.сборник «Механизация хлопководства», № 7. Т., 1983 г. с.7-8
 - 16 Байметов Р.И., Султанов С.Т, Ибраимов Р.И. - Глубокорыхлитель. Ж. «Механизация, хлопководства»,№ 1, 1982, с. 3...4
 - 17 Кашкаров А.К. и др. - Глубина рыхления как средство борьбы с плужной подошвой. Ж. «Механизация хлопководства», № 1,1964.
 - 18 Закиров А. - Глубокое рыхление почвы. Ж. «Сельское хозяйство Узбекистана», 1969, № 8.
 - 19 Носко Б.С., Бахтин П.У. - Уплотнение почвы движителями тракторов и машин. «Механизация и электрификация сел.хозяйства», 1981,34-36
 - 20 Бибутов Н.С. - Глубина рыхления почвы в зоне хлопкосеяния. Сборник научных трудов Респ. Научно-практической конференции «Рыночные реформы: состояние и итоги», Бухара, 1997, с.202-205
 - 21 Токушев Ж..Е. Теория, расчет и конструирование орудий для глубокого рыхления почвы. М
 - 22 Mustafaevich, M.S., Results of studies of the impact of agricultural tractors and machines on soil// European Journal



- of Molecular & Clinical Medicine, 2020, 7(7), стр. 834–845
- 23 Мурадов Ш.М. Тупроқ ҳайдов ости қатламини юмшатиш учун энергия тежовчи технологияларни қўллаш методлари. - Монография Бухоро, «Муаллиф» нашриёти, 2020
- 24 Хамраев Т.Р., Мурадов М.М., Бибутов Н.С. Чуқурюмшатгич ва тупроқ хусусиятларини яхшилаш // Пахтачилик. – 1981. №11. – 6.20...21.
- 25 Маматов Ф.М. Пахта экиш зонасида тупроққа асосий ишлов бериш учун техник воситаларни механик-технологик асослаш. Автореф. дисс...техник фанлар доктори – Москва, 1992. – 33 б
- 26 Бибутов Н.С. Определение площади рыхления почвы комбинирован-ным рабочим органом. Развитие науки и технологий 2019 г. №1, Стр.63-68
- 27 Бибутов Н.С. Определение площади взрыхленной почвы при ее чизелевания. Развитие науки и технологий 2019 г. №2, Стр.79-85
- 28 Бибутов Н.С. Критическая глубина чизелевания. Развитие науки и технологий 2020 г. №2, Стр.88-93
- 29 Жураев Ф.У. Шўрланган тупроқлар мелиоратив ҳолатини мақбуллаш-тиришнинг ресурстежамкор технологияси ва техникаларини яратиш Дис.доктора технических наук. Тошкент – 2019
- 30 И.С.Рузиев обоснование параметров и схему расстановки рабочих органов рыхлителя для обработки почвы под посевных культур на юге Узбекистана (на примере Кашкадарьинского вилоята). Дис.канд.наук. Янгиюль, 2016 г.

Н.С.БИБУТОВ, С.К.МУМИНОВ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО ЧИЗЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ

(монография)

Редактор:

Г. Мурадов

Технический редактор:

Г. Самиева

Верстник:

А. Каландаров

Разрешено к печати: 31.05.2021. Формат: 60/84 ¹/₁₆.

Усл.печ.лист: 6,25. Заказ № 57. Тираж 25.

Цена договорная.



Издательство "ДУРДОНА". г.Бухара, ул. М.Икбол, 11.



Отпечатано в типографии ООО "Шарк-Бухоро".

г.Бухара, ул.Узбекистон Мустакиллиги, 70/2.

Тел. (0365) 222-46-46