

ВСЕСОЮЗНАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА

В. В. Труфанов

В. В. ТРУФАНОВ

**ГЛУБОКОЕ
ЧИЗЕЛЕВАНИЕ
ПОЧВЫ**



МОСКВА ВО • АГРОПРОМИЗДАТ • 1989

УДК 631.31.001

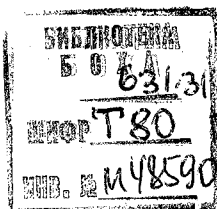
Редактор Т. А. Ищенко

Труфанов В. В. Глубокое чизелевание почвы / Всесоюз. акад. с.-х. наук имени В. И. Ленина. — М.: Агропромиздат, 1989, 140 с. ISBN 5-10-001372-9

В книге рассмотрены основные вопросы механизации процессов, связанных с глубокой чизельной обработкой почвы. Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований определения критической глубины резания, тягового сопротивления чизельных плугов, щелерезов и культиваторов с чизельными рабочими органами. Обосновано рациональное размещение рабочих органов на раме. Рассмотрены основные физико-механические и технологические свойства почвы при глубокой чизельной обработке. Даны рекомендации по применению глубокой чизельной обработки почвы и экономическая эффективность ее использования при возделывании сельскохозяйственных культур.

Таблиц 35, иллюстраций 52, библиография — 23 названия.

Одобрена и рекомендована к печати бюро Отделения механизации и электрификации сельского хозяйства ВАСХНИЛ.



Т 3703010000 — 221
035 (01) — 89 23-89

ISBN 5-10-001372-9

© ВО "Агропромиздат", 1989

ВВЕДЕНИЕ

Изучение и развитие чизельной обработки почвы вызвано поисками путей повышения производительности труда; снижения расхода топлива; устранения вредных последствий уплотнения почвы тяжелыми современными тракторами, сельскохозяйственными машинами и транспортной техникой; улучшения агрофизических свойств почвы, сохранения и накопления плодородия и в конечном итоге повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В нашей стране глубокая обработка почвы чизельными плугами — новый технологический прием. Чизельная культивация, применяемая главным образом в хлопкосеющих районах, в других зонах страны при возделывании сельскохозяйственных культур изучена недостаточно из-за отсутствия в производстве чизельных культиваторов общего назначения. В 1976—1988 гг. проведена большая работа по созданию и исследованию комплекса чизельных орудий к тракторам различных классов тяги и изучению технологии их применения. Работу в этом направлении выполняли ВИМ совместно с СКФ ВИМ, НПО ВИСХОМ, ЦНИИМЭСХ, НИПТИМЭСХ, НПО "Казсельхозмеханизация", ГСКТЬ ПО "Одессапочвомаш", ГСКБ РПО "Красный Аксай" (г. Ростов-на-Дону) и другими организациями.

Проблема создания и исследования чизельных орудий для глубокой обработки почвы, изучение технологии и эффективности их применения при возделывании сельскохозяйственных культур — основная задача наших исследований.

Решение ее осуществляли путем экспериментально-теоретических исследований по наиболее важным направлениям:

обоснование критической глубины резания при работе чизельных орудий, размещения рабочих органов на раме чизельных орудий, заглабления рабочих органов;

определение силы тяги при работе чизельных орудий; обоснование основных параметров рабочих органов и влияние их на тяговое сопротивление;

определение энергетических показателей и качества работы чизельных орудий;

обоснование технологии чизелевания почвы при возделывании сельскохозяйственных культур;

экономическая оценка чизельного плуга при возделывании полевых культур.

На основе экспериментально-теоретических и технологических исследований обоснованы некоторые положения, имеющие существенное научное и практическое значение при создании и использовании чизельных орудий.

Значительная часть материалов по результатам исследований реализована в конструкторских учреждениях при создании чизельных плугов и культиваторов, разработаны рекомендации по использованию чизельных орудий в технологии обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур в различных зонах страны.

Совместно с СКФ ВИМ, КНИИСХ, НПО "Подмосковье", НПО "Казсельхозмеханизация" и другими научно-исследовательскими организациями изучена технология чизельной обработки почвы. Установлено, что глубокое чизелевание почвы в сравнении с традиционной отвальной вспашкой позволяет увеличить урожайность зерновых культур примерно на 10 %, пропашных — на 34 % с меньшими затратами труда и средств.

Дополнительный чистый доход от чизелевания (годовой экономический эффект) составляет 25,6—144,6 руб/га.

Выполненная работа по созданию, исследованию и внедрению чизельных орудий в значительной мере способствует интенсификации сельскохозяйственного производства нашей страны.

Условные обозначения

- a — глубина обработки почвы;
- b — ширина захвата рабочего органа;
- α — угол крошения лапы;
- φ — угол трения почвы по стали;
- ρ — угол трения почвы по почве;
- L — расстояние между лапами по ходу;
- l — длина распространения деформации почвы впереди лапы;
- t — расстояние между соседними лапами в одном ряду;
- A — зона деформации почвы с боковых сторон лапы;
- μ — коэффициент;
- 2γ — угол раствора лапы;
- M — ширина междуследия рабочих органов;
- P — коэффициент;
- β — угол скалывания почвы с боковых сторон лапы в поперечном сечении пласта;
- β_0 — угол резания;
- b_1 — ширина стойки рабочего органа;
- n — число рабочих органов;
- B_K — конструкционная ширина захвата орудия;
- B — ширина взрыхленной полосы на поверхности почвы;
- n_K — число стрелообразных секций на раме;
- n_c — число рабочих органов в каждой секции;
- $n_{сп}$ — число рабочих органов, работающих в сплошной среде;
- n_p — число поперечных рядов на раме орудия;
- K — коэффициент деформации почвы;
- ϵ — коэффициент;
- f — коэффициент;
- h — высота гребня над дном борозды без учета прорези;
- h_K — критическая глубина резания почвы;
- h_0 — глубина заблокированного резания (без отделения почвенной стружки);
- h_c — глубина сплошного рыхления почвы в верхнем слое;
- g — ускорение свободного падения;
- m — масса;
- G — масса орудия (сила тяжести);
- P — тяговое сопротивление орудия;
- F — площадь сечения взрыхленной части пласта;
- F_0 — площадь сечения прорези;

- v — скорость движения;
- K_y — удельное сопротивление;
- H — общая высота гребня над дном борозды;
- H_c — высота стойки рабочего органа;
- ω — угол деформации почвы в плоскости скалывания;
- ψ — угол скалывания почвы впереди рабочего органа;
- c — ширина гребня у основания;
- ϵ_0 — угол зазора рабочего органа в конце заглибления в почву;
- ϵ_1 — угол вхождения в почву рабочего органа;
- S — длина пути заглибления рабочего органа в почву;
- η — коэффициент полезного действия орудия;
- N — потребная тяговая мощность;
- Π — производительность агрегата;
- \mathcal{E} — удельная энергоемкость орудия;
- W — работа;
- α_1 — угол подъема лапы в рабочем положении;
- R — радиус кривизны стойки рабочего органа;
- i — угол заострения лезвия лапы.

ГЛАВА 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЧИЗЕЛЕВАНИЮ ПОЧВЫ

В СССР, как и в большинстве стран мира, при обработке почвы возникают нежелательные, а в конкретных условиях даже опасные явления, из которых наиболее существенны следующие:

интенсивное разрушение структуры и чрезмерное уплотнение почвы из-за частого прохода тяжелых тракторов и сельскохозяйственных машин;

при длительном применении традиционной отвальной вспашки снижается плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур; в неблагоприятных почвенно-климатических условиях развивается ветровая и водная эрозия почв;

основная обработка почвы, особенно глубокая, выполняемая обычными отвальными плугами, является очень энергоемкой, сравнительно малопродуктивной операцией на сельскохозяйственных работах, связанной с большими затратами труда, средств, времени и значительным расходом топлива.

Чтобы избежать эти негативные явления, необходимо улучшать процесс обработки почвы, совершенствовать почвообрабатывающие орудия, быстрее внедрять обоснованную почвозащитную и энергосберегающую технологию.

В комплексе этих мероприятий большое внимание нужно уделять проблеме снижения уплотнения почв.

1.1. УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

Интенсификация сельскохозяйственного производства приносит с собой помимо позитивных явлений и негативные, проявляющиеся в ухудшении некоторых свойств почвы. Самой серьезной проблемой является уплотнение почвы, возникающее вследствие естественных и искусственно вызванных косвенных влияний. Уплотненные почвы отличаются более высокой объемной массой, низкой пористостью, что затрудняет аэрацию для проникновения воды, воздуха. Одновременно повышается сопротивляемость почвы при ее обработке, подготовка почвы к посеву затрудняется, урожай культур снижается или остаются на одном и том же уровне.

К главным естественным факторам уплотнения почвы относятся: высокое содержание глины, большая доля вспучивающих глинистых материалов, чрезмерное содержание влаги без естественного дренажа, давление верхних горизонтов, уплотненные почвообразовательными процессами нижележащие слои почвы, низкое содержание органической массы, проливные дожди, давление корней и др.

Основные искусственные факторы уплотнения почвы: тяжелые сельскохозяйственные машины и тракторы, масса которых постоянно увеличивается, недостаточная глубина пахоты, излишние проезды машин, транспортировка в поле при чрезмерной влажности почвы, обработка почвы при несоответствующей влажности, недостаточное внесение в почву органической массы, неподходящий севооборот, выращивание монокультур, несоответствующий состав минеральных удобрений [23].

Культурные растения могут хорошо расти и развиваться только при благоприятных физических, химических и биологических условиях. Поэтому содержание почвы в рыхлом состоянии при определенной плотности имеет решающее значение для получения высокого, устойчивого урожая возделываемых культур [11].

Исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом [6], выявлено, что на уплотнение почвы и энергозатраты на обработку значительное влияние оказывают движители современной сельскохозяйственной техники и различные транспортные средства, многократно передвигающиеся на полях (искусственные факторы уплотнения).

В некоторых случаях установлено, что уплотнение почвы движителями в 1,9 раза увеличивает сопротивление ее обработке [13]. При этом остаточные деформации почвы распространяются на глубину более 1 м.

В стационарных опытах выявлено [10], что уплотнение почвы носит кумулятивный характер, в связи с чем отмечается снижение как потенциального, так и эффективного плодородия [14].

Для большинства разновидностей почв наибольший урожай основных культур получают при плотности почв $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$. Однако для некоторых культур, таких как картофель, оптимальная плотность среднего и тяжелого механического составов равна $0,9-1,1 \text{ г/см}^3$.

Для почв легкого механического состава оптимальный диапазон плотности при возделывании большинства культур равен $1,3-1,45 \text{ г/см}^3$.

Для почв среднего и тяжелого механического состава плотность $1,6-1,7 \text{ г/см}^3$ является критической, при которой рост и развитие растений либо затруднены, либо невозможны.

До настоящего времени остается дискуссионным вопрос влияния плотности сложения подпахотного слоя почвы на урожай культур. В определенных условиях на черноземных почвах [8] полагают, что плотность подпахотного слоя должна быть в пределах $1,40-1,45 \text{ г/см}^3$.

Движение тяжелых сельскохозяйственных агрегатов и различных транспортных средств по поверхности поля способствует уплотнению почвы начиная с верхних горизонтов пахотного слоя к нижележащим слоям подпахотного слоя [16]. Такого рода уплотнения почвы относят к общим. Величина уплотнения почвы по слоям может быть определена известными методами.

При ежегодной обработке на одну и ту же глубину более 50 % старопашотных почв подвергаются еще уплотнению подпахотного слоя не-

посредственно рабочими органами почвообрабатывающих орудий.

Общие уплотнения (рис. 1.1, а) условно разделяют на: верхние (в слое пахотного горизонта); плужную подошву 1 (в слое ниже пахотного горизонта); уплотнения подпахотного горизонта 2 (в слое ниже плужной подошвы) [20].

Плужной подошвой называют уплотнение почвы в слое, расположенном ниже прохода лезвий рабочих органов орудия. Она начинается непосредственно после границы обработанного слоя. В результате уплотнения этот слой почвы содержит минимальное число пор. В зависимости от конструкции рабочих органов, массы орудия, числа обработок на одну и ту же глубину, степени влажности и механического состава почвы толщина слоя плужной подошвы может составлять 12–17 см.

Природа возникновения плужной подошвы еще не совсем выяснена из-за трудности техники определения. Образование плужной подошвы можно определить визуально по поведению корневых растений. Если острожно удалить лопатой обработанный слой почвы, часто находят на границе обработки согнутые под прямым углом корни растений (см. рис. 1.1, б). Они не могут пробить уплотненный слой почвы (плужную подошву) и проникнуть в нижние слои. Если провести наблюдения во

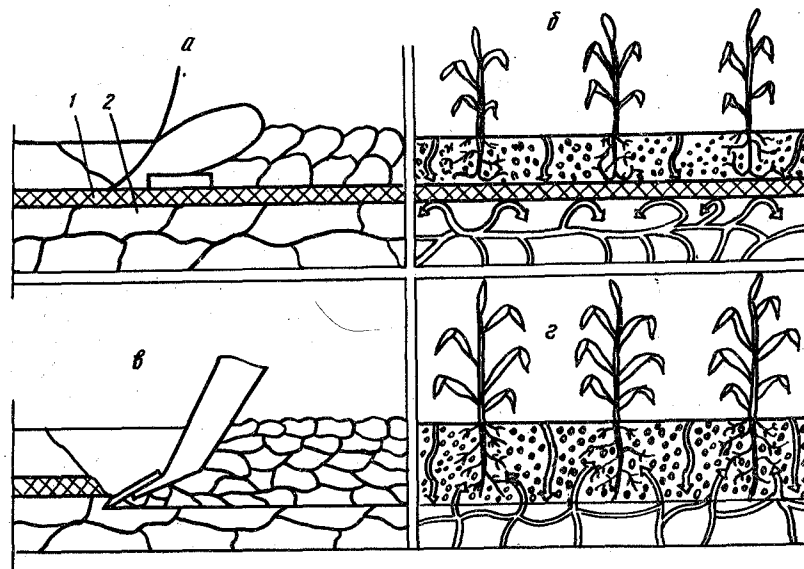


Рис. 1.1. Схемы образования и разрушения плужной подошвы:

а — образование плужной подошвы при многолетней работе плуга на одну и ту же глубину; б — корни растений до разрушения плужной подошвы; в — разрушение плужной подошвы при глубокой обработке почвы чизельным плугом; г — корни растений после разрушения плужной подошвы

время вегетационного периода, то на растениях, выращенных при продолжительном периоде засухи, раньше, чем на других окружающих полевых участках, проявляются признаки увядания, хотя нижние слои почвы обладают еще достаточной влажностью. Это объясняется тем, что корни растений не могут достигнуть воды более глубоких слоев почвы. Так как воздух и вода поступают к растениям по порам, переуплотнение нижних слоев влияет на поступление воды и воздуха во все слои почвы. Если общее количество пор, их форма и величина уменьшаются или изменяются под действием уплотнения, то это сильно мешает созданию оптимального соотношения между воздухом и водой в почве и вместе с тем обеспечению благоприятных условий роста культурных растений.

При глубокой обработке почвы чизельными или другими орудиями плужная подошва разрушается (см. рис. 1.1, *в*). В результате создаются благоприятные условия для оптимального водно-воздушного режима. В острозасушливый период корни культурных растений могут проникать глубже (см. рис. 1.1, *г*) и доставать почвенную влагу из нижних слоев, а при избытке осадков лишняя влага из верхних слоев почвы может поступать в нижние слои. При этом испарение влаги из верхних слоев почвы резко сокращается, создаются благоприятные соотношения между воздухом и водой в почве и вместе с тем оптимальные условия для роста культурных растений.

Чизельные орудия даже при многолетней обработке почвы на одну и ту же глубину не способствуют интенсивному образованию плужной подошвы в почве. Это объясняется тем, что рабочие органы их имеют малую ширину захвата, а следовательно, малую площадь опоры на почву по глубине хода.

1.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЧИЗЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ И ТИПЫ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ

Чизелевание — это безотвальная обработка почвы чизельными орудиями с рыхлительными или стрельчатыми лапами, установленными на раме орудия с недорезом пласта по ширине захвата. В севооборотах могут быть применены различные виды чизелевания (рис. 1.2).

Чизелевание на глубину 20–45 см проводят главным образом при основной обработке почвы, частично заменяя отвальную вспашку лемешными плугами или безотвальную обработку плоскорезами-глубокорыхлителями, а также при перепашке слитных почв по отвальной зяби весной и при уходе за парами.

Кроме того, чизелевание почвы на глубину до 45 см может применяться как дополнительная операция в сочетании с отвальной вспашкой или поверхностной обработкой.

Чизелевание на глубину 60 см и более, как наиболее энергоемкую операцию, проводят периодически 1 раз в ротацию севооборота на почвах

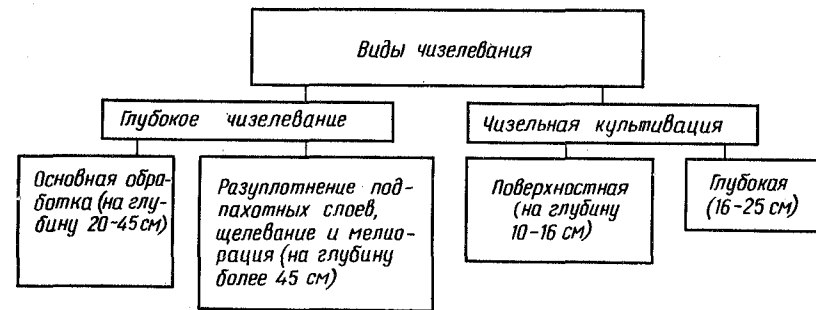


Рис. 1.2. Схема основных видов чизелевания почв

с переуплотненным подпахотным горизонтом, а также на тяжелых почвах с поверхностным избыточным переувлажнением.

На переуплотненных почвах глубокое чизелевание применяют для снижения плотности сложения и окультуривания подпахотного слоя; на почвах, подверженных поверхностному переувлажнению, — для сброса влаги из пахотного горизонта в нижележащие слои.

Полосное чизелевание проводят на глубину до 60 см взамен щелевания для предотвращения стока талых и дождевых вод на склонах.

Кроме того, полосное чизелевание (щелевание) применяют при улучшении естественных пастбищ.

В зависимости от системы подготовки почвы под возделываемые культуры чизельную культивацию осуществляют на глубину 10–16 см (поверхностная) или до 25 см (глубокая). Чизелевание можно проводить на фоне отвальной вспашки и по стерне после уборки возделываемых культур.

Поверхностное чизелевание выполняют при предпосевной подготовке почвы; обработке паров; обработке почвы после вспашки или дискования; луцении стерни на тяжелых глинистых почвах с повышенной твердостью.

Чизелевание на глубину до 25 см, проводят главным образом весной на тяжелых слитных почвах вместо отвальной перепашки зяби.

В зависимости от назначения и конструктивных особенностей рабочих органов орудия для чизелевания почвы условно разделяют: на чизельные плуги-глубокорыхлители, специальные чизельные орудия (глубокорыхлители) и чизельные культиваторы (рис. 1.3).

Чизельные плуги-глубокорыхлители используют для обработки почвы на глубину 20–45 см. Исходя из конструктивных особенностей и условий возможного применения, их подразделяют на плуги общего назначения (ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5) и плуги для почв, засоренных камнями (ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5). Навесные чизельные плуги ПЧ-4,5 и ПЧК-4,5 агрегируют с тракторами тягового класса 5, а плуги ПЧ-2,5 и ПЧК-2,5 — с тракторами тягового класса 3.

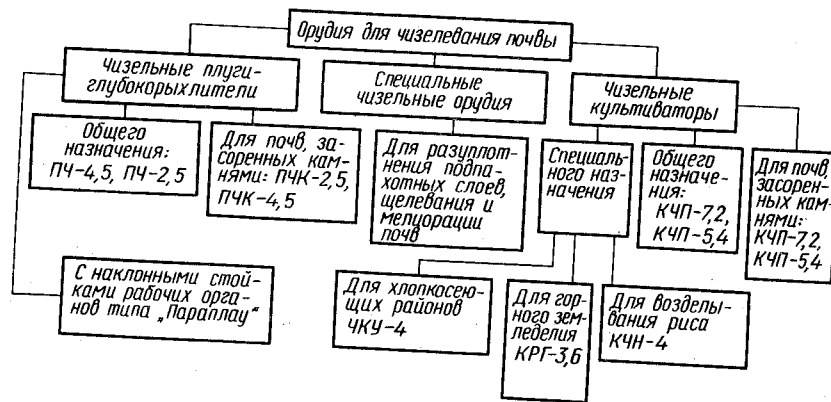


Рис. 1.3. Схема основных типов чизельных орудий

Для дополнительного крошения почвы и выравнивания поверхности чизельный плуг ПЧ-4,5 оборудуют приспособлением ПСТ-4,5, а плуг ПЧ-2,5 — приспособлением ПСТ-2,5 с ротационными рабочими органами пассивного действия, выполненными в виде катка с ножевидными зубьями.

Специальные чизельные орудия (глубококорыхлители) должны применяться для обработки почвы на глубину до 60 см и более.

Чизельные культиваторы отечественного производства можно условно разделить на следующие основные типы: общего назначения; для почв, засоренных камнями, и специального назначения.

Прицепные культиваторы общего назначения КЧП-7,2 и КЧП-5,4, рабочие органы которых имеют мощные упругие стойки, являются многоцелевыми орудиями. Их можно использовать для обработки тяжелых уплотненных почв и псчв, засоренных камнями.

Культиваторы КЧП-7,2 и КЧП-5,4 агрегируются с тракторами соответственно класса 5 и 3.

По условиям работы и особенностям возделывания сельскохозяйственных культур чизельные культиваторы специального назначения разделяют следующим образом: для хлопкосеющих районов (ЧКУ-4); горного земледелия (КРГ-3,6) и для возделывания риса (КЧН-4).

Чизельные плуги общего назначения ПЧ-4,5, ПЧ-2,5 и приспособления к ним ПСТ-4,5, ПСТ-2,5, а также чизельные плуги ПЧК-4,5, ПЧК-2,5 для обработки почв, засоренных камнями, чизельные культиваторы КЧП-7,2, КЧП-5,4 в нашей стране являются новыми орудиями и технология их применения на обработке почвы при возделывании сельскохозяйственных культур не изучена (см. стр. 3).

1.3. ОСОБЕННОСТИ ЧИЗЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Основная задача чизельной обработки почвы — улучшить условия выращивания культур настолько, чтобы все микробиологические процессы в почве, питательный режим возделываемых культур, а также пористость и влажность почвы находились в оптимальной взаимосвязи. Кроме того, в процессе обработки почва разрыхляется после уплотнения, вызванного как природными условиями, так и применением сельскохозяйственных машин; достигается оптимальное соотношение между пористостью капиллярной системы почвы и атмосферным воздухообменом; активизируются биологические процессы в почве; улучшается ее водопроницаемость и происходит накопление запасов продуктивной влаги; повышается плодородие, увеличивается мощность корнеобитаемого слоя, предупреждается развитие ветровой и водной эрозий почв.

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали, что глубокое чизелевание является эффективным и надежным приемом обработки почвы, позволяет поднять урожайность сельскохозяйственных культур с меньшими затратами труда и средств, чем при обычной отвальной вспашке.

Характерная особенность орудий для чизельной обработки — возможность глубокого рыхления почвы и недорезом пласта по ширине захвата и образованием неразрушенных гребней над дном борозды и разрыхленного слоя почвы над гребнями.

По степени перемешивания разрыхляемой почвы чизелевание превосходит плоскорезную обработку, но уступает отвальной пахоте. Количество стерни, сохраняемой на поверхности почвы после чизелевания, составляет около 60 %, что вполне достаточно для защиты почв от ветровой и водной эрозий.

Вследствие неполного рыхления пахотного слоя чизелевание способствует тому, что при всех прочих равных условиях затраты энергии на обработку почвы меньше, чем при плоскорезной и отвальной вспашке, в результате производительность чизельных орудий выше, чем плоскорезов и отвальных плугов.

В нашей стране обработка почвы чизельными плугами — новый технологический прием, позволяющий с меньшими затратами труда и средств увеличить глубину основной обработки почвы до 50 % и более по сравнению с обработкой плоскорезами и традиционными отвальными плугами.

Чтобы обеспечить необходимое качество обработки почвы, рабочие органы чизельных орудий устанавливаются на соответствующую ширину междурядья в зависимости от глубины рыхления (табл. 1.1).

Чизельные культиваторы — это промежуточные орудия между полевыми культиваторами и чизельными плугами. Их комплектуют широким набором сменных лап, выполняющих определенную технологическую операцию в соответствии с агротехническими требованиями (табл. 1.2).

1.1. Рекомендуемая ширина междуследий рабочих органов чизельных орудий

Орудие	Глубина рыхления почвы, см	Ширина междуследий рабочих органов, мм	
		рыхлительные лапы	стрельчатые лапы
Чизельный плуг	20-30	400	400-500
То же	30-35	400-500	500
”	35-45	500	—
Чизельный глубокорыхлитель	50-60	600-1200	—
То же	Более 60	700-1400	—

1.2. Назначение сменных лап чизельных культиваторов и глубина обработки почвы

Сменные лапы	Назначение (операция)	Глубина обработки, см
Рыхлительные долотообразные	Глубокое рыхление почвы	16-25
Стрельчатые рыхлительные	Рыхление уплотненной почвы и лушение стерни	10-15
Стрельчатые полочные	Рыхление почвы и подрезание сорных растений	8-12
Отвально-рыхлительные	Лушение стерни, заделывание (перемешивание с почвой) пожнивных остатков и минеральных удобрений	12-15
Узкорыхлительные	Разделка дернины трав перед вспашкой	8-10

1.4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ ЧИЗЕЛЬНЫМИ ПЛУГАМИ

1. Плуги чизельные используют для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного слоя, безотвальной обработки почвы взамен зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления почвы на склонах и паровых полей.

2. При обработке почв, засоренных камнями, необходимо применять плуги чизельные, рабочие органы которых имеют предохранительные устройства для предотвращения поломок.

3. Плуги чизельные общего назначения и для почв, засоренных камнями, должны обеспечивать обработку почвы на глубину 20-45 см.

4. Плуги чизельные комплектуют двумя типами сменных лап: рыхлительными долотообразными захватом 70 мм для рыхления почвы на глубину до 45 см и стрельчатыми лапами захватом 270 мм для рыхления на глубину до 30 см.

5. При подготовке почвы под посев яровых и озимых культур плуги чизельные общего назначения используют в агрегате с приспособлением для дополнительного крошения верхнего слоя почвы и выравнивания поверхности поля.

6. Плуги чизельные должны обеспечивать требуемое качество работы на почвах различного механического состава при влажности до 30 % и твердости до 3,5 МПа.

7. Глубокая обработка почвы чизельными плугами должна способствовать улучшению ее агрофизических свойств: снижению плотности, повышению порозности, скважности, аэрации, накоплению влаги и питательных веществ для растений и в конечном итоге повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

8. При глубоком рыхлении чизельные плуги должны полностью разрушать плужную подошву, создавать мощный рыхлый слой почвы и нормальные условия для развития культурных растений.

9. Положительное последствие глубокого чизелевания почвы (разуплотнение и повышение урожайности возделываемых культур) остается в течение 4-5 лет в зависимости от механического состава и свойств почвы.

10. Обработка почвы чизельными плугами должна способствовать предотвращению ветровой эрозии в результате сохранения стерни (до 60 %) на поверхности, а также предотвращению водной эрозии на склонах за счет лучшей фильтрации влаги в обрабатываемом слое и задержания ее в бороздах над дном борозды.

11. Почва, обработанная чизельными плугами, за счет лучшей водопроницаемости и аэрации должна созревать для выполнения последующих сельскохозяйственных операций на 4-6 дней раньше, чем при отвальной вспашке традиционными лемешными плугами.

12. Периодичность проведения чизельной обработки почвы в севооборотах должна определяться составом культур и их реакцией на чизелевание, почвенными условиями и характером засоренности полей.

На почвах с мощным гумусовым горизонтом чизелевание необходимо проводить через 3-4 года, на маломощных почвах с резким ухудшением агрофизических и агрохимических свойств — через 2-3 года.

13. На почвах легкого механического состава глубокое чизелевание не рекомендуется из-за возможности ухудшения водно-воздушного режима всего профиля почвы и снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

14. На почвах, подверженных временному поверхностному переувлажнению, глубокое рыхление следует проводить для сброса влаги из пахотного слоя в нижележащие слои и сокращения сроков созревания почвы к обработке или для предотвращения вымокания озимых культур.

15. При возделывании полевых культур глубокое чизелевание наиболее эффективно на тяжелых и уплотненных почвах в засушливые годы.

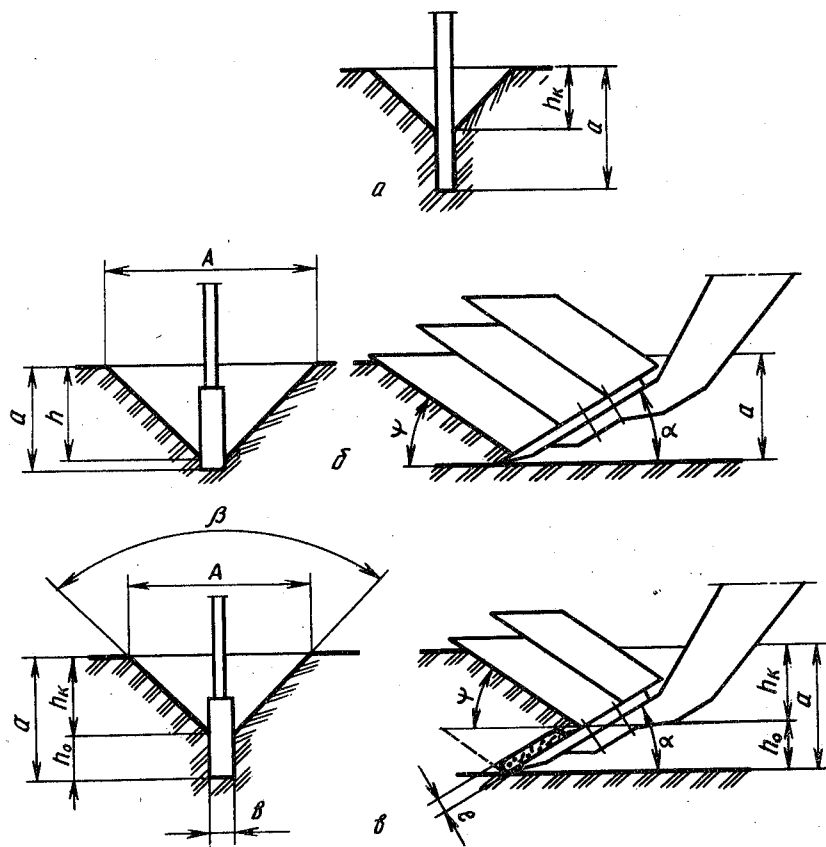


Рис. 2.2. Схемы резания с отделением почвенной стружки:

a — обозначение критической глубины резания при работе ножей по Е. И. Динглингеру; *б* — схема резания почвы рыхлительной лапой до критической глубины; *в* — схема резания рыхлительной лапой при обработке почвы на глубину более критической

ческой глубины резания у менее сжимаемых грунтов будет больше. Критическая глубина резания, вероятно, зависит и от угла резания ножа, что требует экспериментальной проверки [1].

Явление критической глубины резания, как показали исследования автора, Г. В. Плющева [9], Б. Шакирова [22], наблюдается и при использовании рабочих органов почвообрабатывающих орудий на глубокой обработке.

На рисунке 2.2, *б* показана схема резания почвы рыхлительной лапой захватом *b* и углом наклона к дну борозды *a* при работе до кри-

тической глубины резания с отделением стружки. Так как скалывание почвы впереди лапы под углом ψ происходит всегда выше лезвия, то глубина прорези *h* с боковыми расширениями меньше полной глубины хода лапы *a*. На рисунке 2.2, *в* показана схема критической глубины резания почвы рыхлительной лапой чизельного орудия при глубокой обработке почвы ($a > h_k$) с образованием почвенного нароста толщиной *e* впереди лапы на рабочей поверхности. Почвенный (грунтовый) нарост, значительно влияющий на процесс резания, исследователи называют по-разному: М. Х. Пигулевский называет его константной фигурой; И. А. Ратге — застойной зоной; В. И. Геронтьев, В. Г. Березанцев и А. Н. Зеленин — уплотненным ядром [4]; Ю. А. Ветров — грунтовым наростом [1].

Сущность образования почвенного (грунтового) нароста в процессе резания заключается в том, что под действием большого давления рабочего органа, работающего в сплошной (блокированной) среде, почва постепенно сжимается, уплотняется и задерживается на его рабочей поверхности, приобретая определенную форму уплотненного тела толщиной *e* (рис. 2.2, *в*).

Это тело может быть столь устойчивым и прочным, что непосредственное резание почвы производится им, а не той частью рабочего органа, на которой оно образовалось. При некоторых условиях работы почвенный нарост периодически разрушается, затем возобновляется.

2.3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ ПОЧВЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ

Определению величины критической глубины резания применительно к обработке почвы рабочими органами почвообрабатывающих орудий посвящено мало работ. Имеются работы А. К. Кострицина [5], Г. В. Плющева [9] и др., однако многое в этом вопросе продолжает оставаться неясным. Такое положение объясняется разнообразием методов проводимых исследований, недостаточностью полевых опытов по экспериментальной проверке теоретических разработок, а также трудностью определения многих показателей, входящих в предлагаемые аналитические выражения критической глубины резания.

Критическую глубину резания почвы h_k рыхлительной лапой можно представить как некоторую часть общей глубины обработки (рис. 2.3, *a*):

$$h_k = a - h_0, \quad (2.1)$$

где *a* — 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 a_{6i} в поперечном сечении пласта под некоторым углом β , который близок к 90° . Ширина бокового

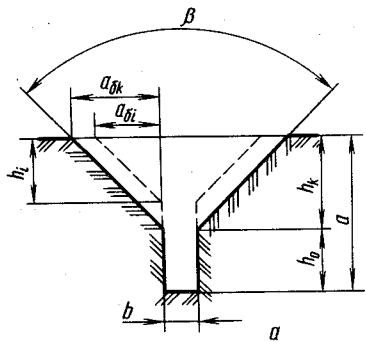


Рис. 2.3. К обоснованию критической глубины резания:

a – профиль поперечного сечения пласта; $б$ – график зависимости бокового скальвания почвы от глубины обработки: 1 – скальвание почвы до критической глубины резания; 2 – предельное значение бокового скальвания почвы

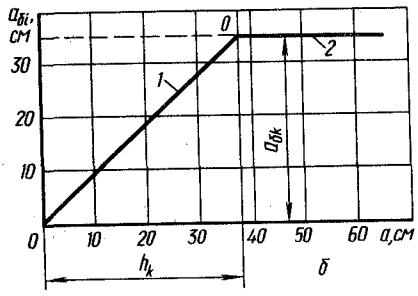
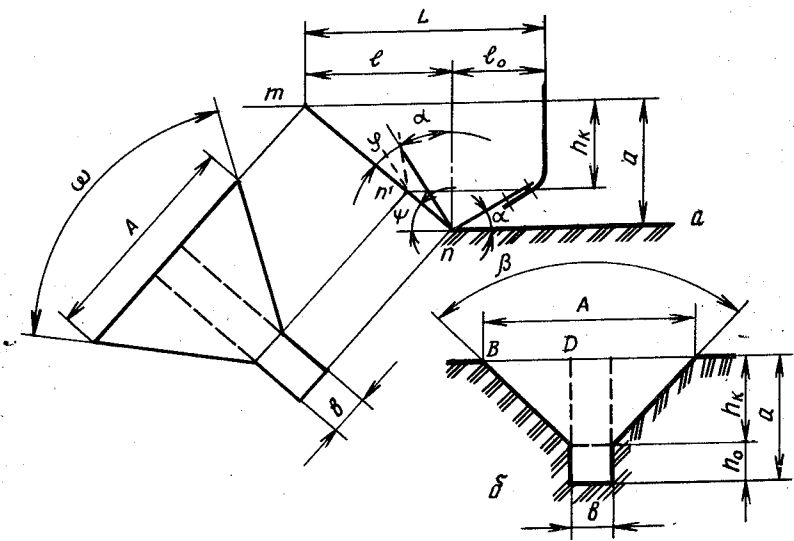


Рис. 2.4. Схема деформации почвы при работе рыхлительной лапы:

a – деформация почвы впереди лапы; $б$ – профиль поперечного сечения борозды



скальвания почвы a_{bi} с увеличением глубины хода лапы до критической глубины резания h_k , как установлено опытами, возрастает пропорционально h_i в следующей зависимости:

$$a_{bi} = \mu_0 h_i = \mu_0 a, \quad (2.2)$$

где μ_0 – безразмерный коэффициент; a – глубина обработки почвы до критической глубины резания.

При обработке почвы на глубину $a > h_k$ скальвание почвы с боковых сторон лапы, достигнув предельного значения a_{bk} , прекращается, то есть

$$a_{bk} = c, \quad (2.3)$$

где $c = \text{const}$ (постоянная величина для определенных параметров лапы и физико-механических свойств почвы).

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

График зависимости ширины бокового скальвания почвы a_{bi} от глубины обработки a показан на рисунке 2.3, б. Критическая глубина резания почвы h_k , как видно из графика (см. рис. 2.3, б), является абсциссой точки пересечения 0 двух прямых 1 и 2. При этой абсциссе ордината прямой $a_{bi} = \mu_0 a$ в точке пересечения М равна ординате прямой $a_{bk} = c$, следовательно,

$$\mu_0 h_k = a_{bk}. \quad (2.4)$$

Из уравнения (2.4) критическая глубина резания без учета параметров рабочих органов и физико-механических свойств почвы будет иметь вид

$$h_k = \frac{a_{bk}}{\mu_0}. \quad (2.5)$$

Исходя из условий деформации почвы, преобразуем выражение (2.5) с учетом влияния угла крошения α (угла наклона лапы к дну борозды) и физико-механических свойств обрабатываемой почвы. В поперечном сечении пласта (рис. 2.4, б)

$$BD = h_k \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (2.6)$$

$$A = 2h_k \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + b,$$

где A – ширина полосы деформации почвы на поверхности; b – ширина захвата лапы.

Подставив в формулу (2.6) значение (2.5), получим

$$A = \frac{2a_{\text{БК}}}{\mu_0} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + b. \quad (2.7)$$

С другой стороны ширина полосы деформации почвы на поверхности перед лапой на расстоянии l от носка имеет следующую зависимость (см. рис. 2.4, б)

$$A = 2mn' \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} + b, \\ mn' = \frac{h_{\text{К}}}{\cos(a + \varphi)}, \quad A = \frac{2h_{\text{К}} \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{\cos(a + \varphi)} + b, \quad (2.8)$$

где ω — угол, характеризующий область деформации почвы в плоскости скальвания mn ; a — угол крошения; φ — угол трения почвы по стали, среднее значение которого принимают равным 25° .

Выражения (2.7) и (2.8) адекватны, тогда после преобразований получим

$$h_{\text{К}} = \frac{a_{\text{БК}} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cos(a + \varphi)}{\mu_0 \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}. \quad (2.9)$$

Экспериментально-теоретическими исследованиями установлено [18]:

$$\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sin \psi. \quad (2.10)$$

Подставляя значения (2.10) в формулу (2.9), после преобразований получим

$$h_{\text{К}} = \frac{a_{\text{БК}} \cos(a + \varphi)}{\mu_0 \sin \psi}, \quad (2.11)$$

где ψ — угол наклона плоскости скальвания (см. рис. 2.4, а).

При движении рабочего органа угол ψ по формуле академика В. П. Горячкина [3] выражается зависимостью:

$$\psi = 90^\circ - \frac{a + \varphi + \rho}{2}, \quad (2.12)$$

где ρ — угол внутреннего трения почвы по почве, среднее значение которого принимают равным 40° .

Подставив выражение (2.12) в формулу (2.11), получим

$$h_{\text{К}} = \frac{a_{\text{БК}} \cos(a + \varphi)}{\mu_0 \sin(90^\circ - \frac{a + \varphi + \rho}{2})}; \quad (2.13)$$

После преобразования формула (2.13) примет вид

$$h_{\text{К}} = \frac{a_{\text{БК}} \cos(a + \varphi)}{\mu_0 \cos \frac{a + \varphi + \rho}{2}}. \quad (2.14)$$

Выражая угол крошения через угол резания, получим

$$h_{\text{К}} = \frac{a_{\text{БК}} \cos(\beta_0 - i + \varphi)}{\mu_0 \cos \frac{\beta_0 - i + \varphi + \rho}{2}}, \quad (2.15)$$

где β_0 — угол резания, равный $a + \varphi$; i — угол заострения лезвия лапы; $a_{\text{БК}}$ — предельное значение скальвания почвы с боковых сторон лапы, равное 36 см при обработке почвы на глубину $a \geq 40$ см; μ_0 — безразмерный коэффициент, равный 0,95.

Пользуясь выражением (2.14), можно определить глубину блокированного резания h_0 без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы (см. рис. 2.3, а) при $a \geq 40$ см:

$$h_0 = a - \frac{a_{\text{БК}} \cdot \cos(a + \varphi)}{\mu_0 \cdot \cos \frac{a + \varphi + \rho}{2}}, \quad (2.16)$$

где a — глубина обработки почвы.

Тогда критическую глубину резания можно определить по формуле

$$h_{\text{К}} = a - h_0. \quad (2.17)$$

Формула (2.14) выражает зависимость критической глубины резания рыхлительной лапой чизельного орудия от величины скальвания почвы с боковых сторон лапы, угла наклона лапы к дну борозды и физико-механических свойств почвы (трение почвы по металлу и внутреннее трение). На основании выражения (2.14) следует ожидать, что с уменьшением углов крошения и трения почвы по стали и увеличением угла внутреннего трения критическая глубина резания при прочих равных условиях должна возрастать. Кроме того, с уменьшением угла a угол резания β_0 лапы снижается и устраняется сгуживание почвы впереди рабочего органа.

Результаты полевых опытов. Критическую глубину резания определяли непосредственно в полевых условиях на старопахотных почвах

естественного сложения. В качестве рабочих органов были использованы рыхлительные плоские лапы (наральники) с верхней заточкой. Ширина захвата лап 70 мм, угол заострения 25° . Лапы устанавливали на экспериментальной стойке рабочего органа чизельного плуга с различным углом крошения α (угол наклона к горизонту): 15, 20, 25, 30, 35° . При этом угол резания составлял соответственно 40, 45, 50, 55 и 60° .

Чтобы исключить влияние посторонних факторов на деформацию почвы, во всех вариантах лапы устанавливали на раме орудия для работы в сплошной среде.

Почву рыхлили на максимальную глубину (45 см) по стерне зерновых колосовых культур, а также на уплотненных почвах после уборки подсолнечника (почва — чернозем, тяжелые и средние суглинки). Физико-механические свойства почвы в период проведения опытов приведены в таблице 2.1.

2.1. Физико-механические свойства почвы

Глубина обработки, см	Средняя влажность, %	Средняя твердость, МПа	φ , град	ρ , град
<i>Стерня подсолнечника</i>				
40–45	17,3	3,1	25	40
<i>Стерня озимой пшеницы</i>				
40–43	15,6	2,53	25	40

Фактическую глубину обработки почвы определяли методом поперечного профилирования.

Область деформации впереди и с боковых сторон лапы, выраженную сплошными трещинами, замеряли на поверхности почвы во время остановки заглубленного орудия. Перед ланой она характеризовалась величиной l , а с боковых сторон — A (см. рис. 2.4, а). Критическую глубину резания h_k определяли в поперечном сечении профиля, предварительно удалив взрыхленный слой почвы, как разность замеров фактической глубины обработки почвы и глубины прорези (см. рис. 2.4, б) без отделения стружки в нижних слоях:

$$h_k = a - h_0,$$

где a — глубина обработки; h_0 — глубина прорези.

Трение почвы по стали и почве определяли по общеизвестной методике.

Коэффициент μ_0 определяли опытным путем по формуле

$$\mu_0 = \frac{a_{\text{БК}} \cos(a + \varphi)}{h_k \cos \frac{a + \varphi + \rho}{2}} \quad (2.18)$$

Во всех вариантах опытов критическая глубина резания при одинаковой скорости движения агрегата 1,6 м/с.

Критическая глубина резания h_k , как видно из графика (рис. 2.5), возрастает с уменьшением угла крошения лап.

Предельное значение скалывания почвы с боковых сторон лап при различных углах крошения на глубине обработки 40–45 см, как показали проведенные опыты, составило $a_{\text{БК}} = 36$ см, среднее значение коэффициента $\mu_0 = 0,95$.

В наших опытах при работе рыхлительных лап шириной захвата 70 мм и углами крошения 15, 20, 25, 30, 35° критическая глубина резания составила соответственно 38, 36,1, 34, 32,8, 28,7 см.

По расчетным данным построен график зависимости критической глубины резания от угла крошения лап. Критическая глубина резания h_k , как видно из графика (см. рис. 2.5), с уменьшением угла крошения лап от 35 до 15° возросла приблизительно на 8,4 см, что близко к опытным данным.

Опыты показали, что при глубокой обработке почвы в нижнем слое, начиная с критической глубины резания, образуется прорезь h_0 (см. рис. 2.4, б), ширина которой соответствует ширине захвата лапы. Глубина прорези возрастает с увеличением глубины обработки почвы и угла крошения лап, при этом возрастает высота неразрушенных гребней в борозде.

Критическая глубина резания при различной ширине захвата лап. Представляют интерес изменения соотношения размеров прорези от глубины обработки почвы при различной ширине захвата лап. При изучении процесса резания грунтов рабочими органами землеройных машин Ю. А. Ветров [1] отметил закономерность. Боковые расширения прорези при одинаковой глубине работы ножей до некоторого предела ширины среза одинаковы, однако при дальнейшем уменьшении ширины ножей линейные размеры боковых расширений прорези пропорционально уменьшаются; при работе ножей одинаковой ширины среза линейные размеры боковых расширений прорези до некоторого предела глубины резания пропорционально возрастают. Но при дальнейшем увеличении глубины резания рост боковых расширений прорези прекращается. Однако автор не приводит материалов исследований в этом направлении.

Подобный закономерный процесс наблюдается и при работе рабочих органов чизельных орудий на глубокой обработке почвы. Полевые исследования проводили с плоскими рыхлительными лапами шириной захвата 100, 70, 50 и 25 мм одинаковых параметров и стрельчатыми лапами захватом 270 мм, которые устанавливали на стойку чизельного плуга.

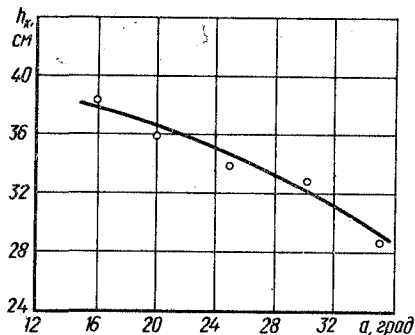
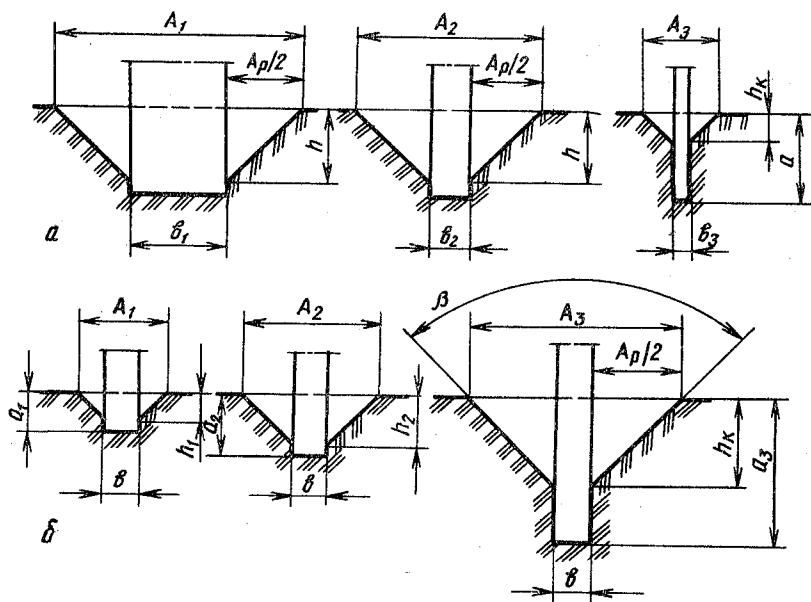


Рис. 2.5. Зависимость критической глубины резания от угла крошения рыхлительных лап

Рис. 2.6. Изменение соотношения размеров прорези при глубине обработки почвы более критической глубины резания:

a – при уменьшении ширины захвата рыхлительных лап; b – при увеличении глубины обработки



Работу выполняли на стерне озимой пшеницы при влажности почвы 11% и твердости до 3,6 МПа.

Боковые расширения прорезей (рис. 2.6, б) определяли опытным путем, пользуясь выражением

$$\frac{A_p}{2} = \frac{A_i - b}{2}, \quad (2.19)$$

где $\frac{A_p}{2}$ – боковое расширение прорези; A_i – ширина подосы деформации почвы на поверхности; b – ширина захвата лапы.

Для определения ширины полосы деформации почвы на поверхности A_i при обработке почвы на глубину более критической глубины резания пользовались формулой

$$A_i = 2h_k \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + b.$$

Принимая угол $\beta = 90^\circ$, что близко к действительности [18], формула (2.19) после преобразований примет вид

$$\frac{A_p}{2} = h_k, \quad (2.20)$$

где h_k – критическая глубина резания, значение которой меньше глубины хода лап a_i .

При обработке почвы на глубину до критической глубины резания значение A_i вычисляли по формуле

$$A_i = 2h + b,$$

где h – глубина прореза с боковыми расширениями, значение которой приблизительно соответствует глубине хода лап a .

В этом случае формула (2.19) будет иметь вид

$$\frac{A_p}{2} = h \text{ или } A_p = 2h. \quad (2.21)$$

В наших опытах при обработке почвы рыхлительными лапами на одинаковую глубину, но с последовательно уменьшаемой шириной захвата от 100 до 50 мм (см. рис. 2.6, а) боковые расширения прорезей, выраженные величиной A_p , одинаковы (табл. 2.2). Однако при дальнейшем уменьшении ширины захвата лап от 50 до 25 мм линейные размеры боковых расширений прорези пропорционально уменьшались, и при ширине захвата лапы $b = 25$ мм боковые расширения прорези, достигнув определенной величины $A_p = 2h_k$, не изменялись, где h_k является критической глубиной резания лапы захватом 25 мм.

При работе лап одинаковой ширины захвата линейные размеры боковых расширений прорези до некоторого предела глубины обработки почвы (критической глубины резания) пропорционально возрастают, как показано на рисунке 2.6, б. Но при дальнейшем увеличении глубины обработки почвы ($a > h_k$) рост боковых расширений прорези прекращается (рис. 2.7). Причем боковые расширения прорези остаются одинаковыми при любой ширине захвата лапы от 50 до 100 мм (см. табл. 2.2).

Численные значения боковых расширений прорези при работе лап разной ширины захвата от 50 до 100 мм для соответствующей глубины обработки почвы (менее критической глубины резания) одинаковы, а при работе лап захватом 25 мм боковые расширения прорези остаются постоянными на любой глубине обработки почвы (см. табл. 2.2).

2.2 Боковые расширения прорези в зависимости от глубины обработки почвы при различной ширине захвата рыхлительных и стрельчатых лап

a , см	h , см	h_k , см	b_1 , мм	A_p , см	b_2 , мм	A_p , см	b_3 , мм	A_p , см	b_4 , мм	h_k , см	A_p , см
17,0	14,8	—	100	29,6	70	29,6	50	29,6	25	12,5	25
22,0	19,0	—	100	38,0	70	38,0	50	38,0	25	12,5	25
27,1	23,4	—	100	46,8	70	46,8	50	46,8	25	12,5	25
32,3	27,9	—	100	55,8	70	55,8	50	55,8	25	12,5	25
40,4	—	34,5	100	69,0	70	69,0	50	69,0	25	12,5	25
42,5	—	34,2	100	68,4	70	68,4	50	68,4	25	12,5	25
45,2	—	35,1	100	70,2	70	70,2	50	70,2	25	12,5	25
50,4	—	34,9	100	69,8	70	69,8	50	69,8	25	12,5	25

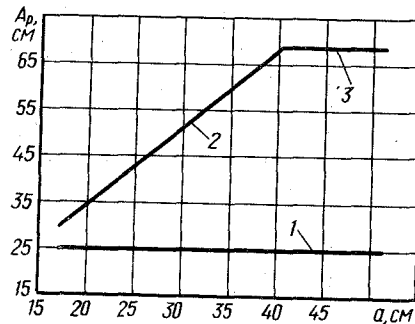
Рыхлительные лапы ($\alpha = 25^\circ$, $\beta_0 = 50^\circ$)

Стрельчатые лапы (угол раскрытия 65° , угол крошения 28° , угол подъема струи 16°)

17,8	17,1	—	270	34,2	—	—	—	—	—	—	—
22,2	21,3	—	270	42,6	—	—	—	—	—	—	—
26,9	25,8	—	270	51,6	—	—	—	—	—	—	—
32,0	30,8	—	270	61,6	—	—	—	—	—	—	—
40,1	—	38,1	270	76,2	—	—	—	—	—	—	—
42,8	—	38,2	270	76,4	—	—	—	—	—	—	—
45,4	—	38,4	270	76,8	—	—	—	—	—	—	—
50,2	—	38,1	270	76,2	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 2.7. Зависимость боковых расширений прорези от глубины обработки почвы при различной ширине захвата рыхлительных лап:

1 — ширина захвата лап 25 мм; 2 и 3 — ширина захвата лап 50–100 мм



Исследования показали, что при обработке почвы на глубину от 40,4 до 50,4 см критическая глубина резания h_k для лап захватом 50, 70 и 100 мм остается приблизительно одинаковой и составила около 35 см, то есть критическая глубина резания не зависит от ширины захвата лап в данном диапазоне (см. табл. 2.2).

Для узкорыхлительных лап захватом 25 мм критическая глубина резания была постоянной при любой глубине обработки почвы от 17 до 50,4 см и составила лишь 12,5, что может отрицательно влиять на силовые зависимости процесса и качество работы чизельных орудий. В связи с этим для глубокой обработки почвы ширину захвата рыхлительных лап следует принимать не менее 50 мм.

При обработке почвы стрельчатыми лапами захватом 270 мм на глубину 40,1–50,2 см критическая глубина резания была одинаковой и составила около 38 см (см. табл. 2.2).

Если критическую глубину резания представить в зависимости от ширины захвата рабочих органов, как обычно выражают эту зависимость при резании грунтов землеройными машинами, то формула критической глубины резания будет иметь вид

$$h_k = \mu_1 \cdot b, \quad (2.22)$$

где μ_1 — коэффициент, выражающий отношение критической глубины резания к ширине захвата лапы.

Коэффициент μ_1 — величина переменная, то есть для каждой ширины захвата лапы имеет определенное значение (табл. 2.3).

Основным недостатком формулы (2.22) является то, что в ней не учтены другие факторы, значительно влияющие на изменение критической глубины резания (угол крошения или угол резания лап, глубину обработки, трение почвы).

Характерно отметить, что при обработке старопашотных тяжелых и средних почв на глубину более критической глубины резания в нижней части рабочей поверхности рыхлительных лап независимо от ширины их захвата постоянно образуется почвенный нарост обтекаемой формы (см. рис. 2.2, в), толщина которого составила $l \approx \frac{b}{4}$, а длина

2.3. Значение коэффициента μ_1 в зависимости от ширины захвата лап

Глубина обработки, см	Ширина захвата лап (b), мм	Значение коэффициента μ_1	
		рыхлительные лапы	стрельчатые лапы
40–50	100	3,5	—
40–50	90	3,9	—
40–50	80	4,4	—
40–50	70	5,0	—
40–50	60	5,9	—
40–50	50	7,0	—
40–50	25	5,0	—
40–50	360	—	1,07
40–50	270	—	1,43
40–50	220	—	1,76

его вдоль рабочей поверхности лапы была приблизительно равна $3/4$ длины наральника.

Почвенный нарост образовывался и при работе стрельчатых лап по всей ширине их захвата, но главным образом в области груди лап.

При обработке почвы на глубину 40–45 см толщина почвенного нароста в области груди лап составила соответственно 1,5–2 см и была приблизительно в 2 раза больше, чем на крыльях.

Выводы. 1. При обработке тяжелых и средних почв рыхлительными и стрельчатыми лапами чизельных орудий на глубину более 38 см явление критической глубины резания проявляется независимо от ширины захвата лап.

2. На тяжелых и средних почвах при влажности 11–23 % и твердости 1,6–3,7 МПа критическая глубина резания при работе рыхлительных лап с углом крошения 25° составляет 35–36 см, а при работе стрельчатых лап – 37–38 см.

3. Критическая глубина резания при работе чизельных лап возрастает с уменьшением углов крошения и трения почвы по стали и увеличением внутреннего угла трения.

4. При глубокой обработке почвы (более 38 см) критическая глубина резания зависит от ширины захвата рыхлительных лап до определенного предела (50 мм). При ширине захвата лап 50 мм и более критическая глубина резания при прочих равных условиях, достигая максимального значения, остается постоянной, а при ширине захвата 25 мм и менее резко снижается.

5. Чтобы повысить критическую глубину резания, ширина захвата рыхлительных лап чизельных орудий для глубокой обработки почвы должна быть не менее 50 мм, если это не противоречит осуществлению требуемого технологического процесса орудием.

6. Сплошное разрушение пласта чизельными рабочими органами осуществляется до критической глубины резания; дальнейшее повышение глубины обработки почвы сопровождается лишь образованием глубоких щелей в нижнем слое почвы по следу прохода рабочих органов и следует проводить только в том случае, если это оправдано значительным агротехническим эффектом.

ГЛАВА 3

ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И УДЕЛЬНАЯ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ОРУДИЙ

Для суждения о тяговом сопротивлении орудия с чизельными рабочими органами в основу была положена рациональная формула тягового сопротивления плуга, предложенная акад. В. П. Горячкиным [2]:

$$P = fG + Kab + eabv^2, \quad (3.1)$$

где P – сила тягового сопротивления плуга; f – коэффициент сопротивления передвижению плуга в борозде; K – коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации; G – масса плуга (сила тяжести); a – глубина пахоты; b – ширина захвата плуга; e – коэффициент, зависящий от формы рабочей поверхности отвала, свойств почвы и размеров почвенного пласта; v – скорость движения.

Отличие условий работы лемешно-отвального плуга, осуществляющего технологический процесс по принципу косо́го сплошного резания на полную глубину хода рабочих органов с оборотом пласта, не позволяет применить формулу В. П. Горячкина (3.1) для непосредственных расчетов тягового сопротивления чизельных орудий, рабочие органы которых осуществляют несплошное резание почвы по ширине захвата и без оборота пласта.

В условиях блокированного и полусвободного резания рабочие органы чизельных орудий разрушают пласт в пределах прорези, расширяемой в сторону поверхности массива. Угол β , характеризующий деформацию почвы с боковых сторон лапы в поперечном сечении борозды (рис. 3.1, a), зависит от состояния почвы, среднее значение которого принимают равным 90° .

При чизелевании почвы над дном борозды, как правило, образуются неразрушенные гребни H , размеры которых зависят от ширины захвата рабочих органов b и ширины междуследия M (рис. 3.1, a).

Кроме того, при глубокой обработке резание почвы с отделением стружки с боковых сторон рабочих органов может осуществляться только до определенной глубины (критической) h_k в верхнем слое, а на большей глубине, начиная от критической, – резание без отделения стружки. Эти изменения находят отражения в силовых зависимостях процесса.

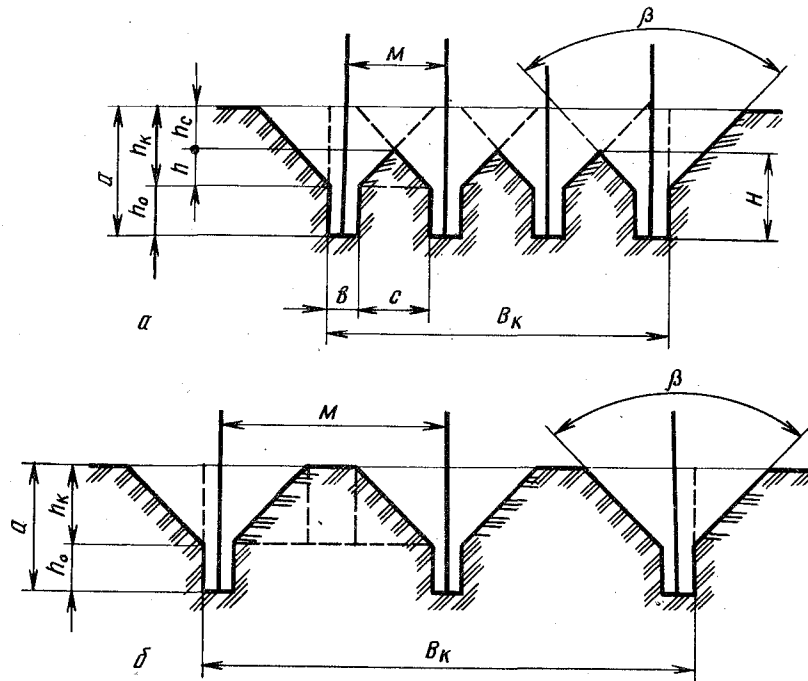


Рис. 3.1. Схемы поперечных профилей сечения пласта при работе орудия с чизельными рабочими органами:

a – при чизелевании; *б* – при щелевании

Однако логичность и физический смысл формулы (3.1) послужили аналитическим основанием преобразования ее в надлежащий вид для расчета тягового сопротивления чизельных орудий.

Орудия с чизельными рабочими органами условно разделяют на чизели и щелерезы. Согласно агротехническим требованиям чизели имеют такую ширину междуследия рабочих органов, при которой зоны распространения деформации почвы с боковых сторон в процессе рыхления пересекаются в обрабатываемом слое (см. рис. 3.1, *a*). В результате в верхнем слое до некоторой глубины h_c осуществляется сплошное рыхление почвы по ширине захвата орудия. При этом высота гребней над дном борозды (H) всегда меньше глубины обработки почвы, то есть $H < a$.

$$(3.2)$$

При работе орудия в качестве щелереза высота гребней над дном борозды за счет увеличения ширины междуследия рабочих органов достигает глубины обработки почвы (см. рис. 3.1, *б*), то есть

$$H = a. \quad (3.3)$$

Затраты энергии на работу чизеля и щелереза совершенно различны. Поэтому при расчетах тягового сопротивления чизеля или щелереза необходимо принимать во внимание отличие их по технологическому принципу работы, что обусловлено шириной междуследия рабочих органов и глубиной обработки почвы.

При расстановке рабочих органов на раме орудия чизельного плуга и культиватора для осуществления операции чизелевания почвы необходимо соблюдать условие

$$\frac{M - b}{2} \leq a, \quad (3.4)$$

где M – ширина междуследия рабочих органов; b – ширина захвата рабочих органов; a – глубина обработки почвы.

В этом случае зоны распространения деформации почвы с боковых сторон рабочих органов пересекаются, в верхнем слое обрабатываемого пласта обеспечивается сплошное рыхление.

При использовании орудия в качестве щелереза для осуществления операции щелевания почвы рабочие органы должны быть расставлены в следующей зависимости от глубины обработки

$$\frac{M - b}{2} > a. \quad (3.5)$$

Поперечные профили сечения пласта при чизелевании и щелевании почвы орудием с чизельными рабочими органами изображены схематически на рисунке 3.1.

3.1. ФОРМУЛЫ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧИЗЕЛЯ

Очевидно, затраты энергии на обработку почвы должны возрастать с увеличением площади распространения деформации почвы в поперечном сечении пласта. Тогда для вывода формулы тягового сопротивления чизельного орудия до критической глубины резания формулу (3.1) представим в следующем виде:

$$P_K = fG + KF_K + eF_K v^2 \quad (3.6)$$

или

$$P_K = fG + (K + ev^2) F_K, \quad (3.7)$$

где F_K – площадь сечения взрыхленной части пласта при обработке почвы в слое до критической глубины резания.

Площадь F_K в пределах конструкционной ширины захвата орудия, как следует из рисунка 3.1, *a*, определяется выражением

$$F_K = h_K \cdot B_K - F_1, \quad (3.8)$$

где h_k — критическая глубина резания; B_k — конструкционная ширина захвата чизельного орудия; F_1 — площадь сечения неразрушенных гребней высотой h в слое до критической глубины резания.

При использовании орудия в качестве чизеля, когда рабочие органы расставлены в соответствии с параметрами, определяемыми по формуле 3.4, суммарная площадь неразрушенных гребешков в слое до критической глубины резания составит

$$F_1 = (n - 1) F_T, \quad (3.9)$$

где n — число рабочих органов; F_T — площадь гребешка треугольной формы высотой h , определяемая выражением

$$F_T = \frac{ch}{2}, \quad (3.10)$$

где c — ширина гребешка у основания.

На основании чертежа (см. рис. 3.1, а) ширина гребешка у основания будет:

$$c = M - b.$$

Принимая значение $\beta = 90^\circ$ [18], получим

$$h = \frac{c}{2} = \frac{M - b}{2},$$

где h — высота гребешка треугольной формы над прорезью.

После подставления значений c и h выражение (3.10) будет иметь вид

$$F_T = \frac{(M - b)^2}{4}. \quad (3.11)$$

Подставляя значение выражения (3.11) в формулу (3.9) получим

$$F_1 = \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2. \quad (3.12)$$

Суммарная площадь сечений прорезей в слое ниже критической глубины резания определится выражением

$$F_0 = nbh_0.$$

Глубина прорези $h_0 = a - h_k$, тогда

$$F_0 = nb(a - h_k). \quad (3.13)$$

Если $h_k = a$, то $F_0 = 0$, поэтому значение F_0 следует определять только при $a > h_k$.

Подставляя значение выражения (3.12) в формулу (3.8) при $a \leq h_k$, получим

$$F_k = aB_k - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2. \quad (3.14)$$

Под критической глубиной резания h_k следует понимать границу видоизменений технологического процесса, ниже которой прекращается

резание почвы с отделением стружки (см. рис. 3.1, а). Она зависит от состояния почвы, ее физико-механических свойств и параметров рабочих органов.

В наших опытах среднее значение критической глубины резания на старопахотных черноземах при влажности 16–22 % составило 0,36 м.

На основании чертежа (см. рис. 3.1) конструкционную ширину захвата B_k можно выразить через ширину междуследия и ширину захвата рабочих органов:

$$B_k = (n - 1)M + b. \quad (3.15)$$

Тогда выражение (3.14) будет иметь вид

$$F_k = a[(n - 1)M + b] - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2. \quad (3.16)$$

Подставляя значение выражения (3.14) в формулы (3.6) и (3.7), получим уравнения тягового сопротивления чизельного орудия при работе до критической глубины резания ($a \leq h_k$):

$$P_k = fG + K [aB_k - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2] + \epsilon v^2 [aB_k - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2] \quad (3.17)$$

или

$$P_k = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_k - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2]. \quad (3.18)$$

При работе орудия в качестве чизеля рабочие органы расставляют на раме с таким междуследием, чтобы зоны распространения деформации почвы с боковых сторон рабочих органов при любой глубине обработки пересекались (см. рис. 3.1, а) в соответствии с параметрами, определяемыми по формуле (3.4).

При постоянной скорости движения агрегата уравнение (3.18) представляет собой линейную зависимость до критической глубины резания, когда технологический процесс осуществляется с отделением почвенной стружки. Если глубина обработки почвы больше критической глубины резания ($a > h_k$), то произойдет заблокированное резание почвы без отделения почвенной стружки. В результате тяговое сопротивление резко возрастет.

В этом случае общее тяговое сопротивление чизельного орудия будет складываться из двух видов сопротивления:

$$P_q = P_k + P_0, \quad (3.19)$$

где P_0 — приращение тягового сопротивления при заблокированном резании почвы рабочими органами на глубине хода более критической.

При работе рабочих органов в заблокированной среде приращение тягового сопротивления P_0 , как показали экспериментальные исследования, находится в следующей зависимости от скорости движения и площади сечений прорезей:

$$P_0 = (K' + \epsilon'v^2)F_0, \quad (3.20)$$

где K' — коэффициент деформации почвы, Н/м^2 ; F_0 — суммарная площадь сечений прорезей в слое h_0 ниже критической глубины резания (см. рис. 3.1), м^2 ; ϵ — коэффициент, зависящий от параметров рабочих органов и свойств почвы, $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$.

Подставляя значение F_0 из выражения (3.13), получим

$$P_0 = (K' + \epsilon'v^2)nb(a - h_k). \quad (3.21)$$

Тогда уравнение (3.19) можно записать в следующем виде

$$P_{\text{ч}} = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_k - \frac{1}{4}(n-1)(M-b)^2] + (K' + \epsilon'v^2)nb(a - h_k). \quad (3.22)$$

3.2. ФОРМУЛЫ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЩЕЛЕРЕЗА

При использовании орудия в качестве щелереза чизельные рабочие органы должны быть расставлены на раме в соответствии с параметрами, определяемыми по формуле (3.5).

В этом случае зоны распространения деформации почвы с боковых сторон рабочих органов не пересекаются (см. рис. 3.1, б). Площадь сечения взрыхленной части пласта F_k при обработке почвы в слое до критической глубины резания в пределах конструкционной ширины захвата орудия определяется выражением

$$F_k = h_k B_k - F_2, \quad (3.23)$$

где B_k — конструкционная ширина захвата щелереза; F_2 — суммарная площадь сечения неразрушенных гребней в слое до критической глубины резания ($a \leq h_k$).

Площадь F_2 на основании чертежа (см. рис. 3.1, б) определяется выражением:

$$F_2 = (n-1)F'_T, \quad (3.24)$$

где F'_T — площадь трапеции, высота которой соответствует критической глубине резания.

Принимая значение $\beta = 90^\circ$, после преобразований получим

$$F'_T = h_k(M - b - h_k). \quad (3.25)$$

Если подставим значение выражения (3.25), формула (3.24) примет вид:

$$F_2 = (n-1)(M - b - h_k)h_k. \quad (3.26)$$

Тогда формула (3.23) будет иметь следующую зависимость:

$$F_k = h_k B_k - F_2 = h_k B_k - (n-1)(M - b - h_k)h_k$$

или при $a \leq h_k$

$$F_k = aB_k - (n-1)(M - b - a)a. \quad (3.27)$$

Подставляя значение выражения (3.27) в формулы (3.6) и (3.7), получим уравнения тягового сопротивления щелереза при работе до критической глубины резания ($a \leq h_k$):

$$P_k = fG + K[aB_k - (n-1)(M - b - a)a] + \epsilon v^2 [aB_k - (n-1)(M - b - a)a] \quad (3.28)$$

или

$$P_k = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_k - (n-1)(M - b - a)a]. \quad (3.29)$$

Если глубина обработки почвы будет более критической глубины резания ($a > h_k$), то в слое ниже критической глубины произойдет блокированное резание почвы без отделения стружки.

В этом случае формула общего тягового сопротивления будет состоять из двух членов:

$$P_{\text{щ}} = P_k + P_0.$$

Подставляя в это уравнение значение P_k из выражения (3.29) и значение P_0 из выражения (3.21), получим общее тяговое сопротивление щелереза:

$$P_{\text{щ}} = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_k - (n-1)(M - b - a)] + nb(a - h_k)(K' + \epsilon'v^2). \quad (3.30)$$

Средние значения коэффициентов, определенные по способу наименьших квадратов, для определения тягового сопротивления орудий с чизельными рабочими органами приведены в таблице 3.1.

3.1. Средние значения коэффициентов f , K , ϵ , K' , ϵ' при работе чизельных плугов и щелерезов на разных типах почвы

Тип почвы и фон	f	K , Н/м^2	ϵ , $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$	K' , Н/м^2	ϵ' , $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$
Легкие почвы по фону отвальной и безотвальной вспашки	0,4	$35 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$	$19 \cdot 10^4$	$158 \cdot 10^2$
Средние почвы по стерне сельскохозяйственных культур	0,4	$40 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$	$22 \cdot 10^4$	$158 \cdot 10^2$
Тяжелые почвы по стерне сельскохозяйственных культур	0,4	$43 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$	$25 \cdot 10^4$	$158 \cdot 10^2$

Коэффициент полезного действия орудий с чизельными рабочими органами. Постоянный член fG формулы (3.22) характеризует "мертвое" сопротивление чизельного орудия и непроизводительную трату

энергии, а второй и третий члены формулы — полезное "живое" сопротивление почвы. Коэффициентом полезного действия чизельного орудия будет отношение:

$$\eta_{\text{ч}} = \frac{(K + \epsilon v^2) [aB_{\text{к}} - \frac{1}{4}(n-1)(M-b)^2] + (K' + \epsilon' v^2) nb(a-h_{\text{к}})}{fG + (K + \epsilon v^2) [aB_{\text{к}} - \frac{1}{4}(n-1)(M-b)^2] + (K' + \epsilon' v^2) nb(a-h_{\text{к}})} \quad (3.31)$$

Аналогично из формулы (3.30) получим для щелереза

$$\eta = \frac{(K + \epsilon v^2) [aB_{\text{к}} - (n-1)(M-b-a)a] + nb(a-h_{\text{к}})(K' + \epsilon' v^2)}{fG + (K + \epsilon v^2) [aB_{\text{к}} - (n-1)(M-b-a)a] + nb(a-h_{\text{к}})(K' + \epsilon' v^2)} \quad (3.32)$$

Это же можно представить в следующем виде:

$$\eta_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{ч}} - fG}{P_{\text{ч}}} = 1 - \frac{fG}{P_{\text{ч}}} \quad (3.33)$$

$$\eta_{\text{щ}} = \frac{P_{\text{щ}} - fG}{P_{\text{щ}}} = 1 - \frac{fG}{P_{\text{щ}}} \quad (3.34)$$

Коэффициент полезного действия навесного чизельного плуга при обработке почвы на глубину 0,36–0,40 м равен 0,85–0,86.

3.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЧИЗЕЛЬНЫХ ПЛУГОВ

Программа исследований. При чизелевании почвы чизельные рабочие органы расставляют на раме орудия с недорезом пласта по ширине захвата. Вследствие неполного подрезания пласта по ширине захвата чизелевание способствует тому, что при прочих равных условиях затраты энергии на обработку почвы меньше, чем при отвальной и плоскорезной вспашке, в результате производительность чизельных орудий значительно выше, чем отвальных лемешных плугов и плоскорезов-глубококорыхлителей.

С учетом этих преимуществ и агротехнического эффекта чизелевания чизельные плуги находят широкое применение в системе безотвальной обработки почвы для выполнения следующих работ:

- глубокого сплошного рыхления почвы до 45 см;
- обычного рыхления почвы на глубину до 30 см;
- полосного рыхления (щелевание) почвы на глубину до 60 см.

Цель работы — изучение влияния на тяговое сопротивление чизельного плуга основных технологических параметров и режимов его работы; обобщение и анализ результатов энергетической оценки чизельного плуга; определение показателей энергетической оценки чизельного плуга в сравнении с отвальным плугом, плоскорезом и другими орудиями, применяемыми по зональной технологии.

При энергетической оценке работы чизельного плуга определяли следующие показатели:

- 1) тяговое и удельное сопротивление чизельного плуга в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта;
- 2) тяговое сопротивление чизельного плуга в зависимости от глубины обработки почвы, ширины междуследия рабочих органов и скорости движения агрегата при разной глубине обработки почвы;
- 3) потребную тяговую мощность в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта при работе чизельного плуга на разных скоростях движения и в зависимости от скорости движения при разной глубине обработки почвы;
- 4) удельное сопротивление и потребную тяговую мощность чизельного плуга в зависимости от площади сечения пласта в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем и отвальным плугом;
- 5) удельную энергоемкость и производительность чизельного плуга на основной обработке почвы в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем и отвальным плугом.

Энергетическую оценку работы орудий определяли в соответствии с требованиями ОСТ 70.2.2–73 "Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки" и ОСТ 70.4.1–80 "Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Программа и методы испытаний".

Тяговое сопротивление чизельных орудий. Для расчета тягового сопротивления чизельных орудий до критической глубины резания ($a \leq h_{\text{к}}$) были использованы аналитические выражения

$$P_{\text{к}} = fG + (K + \epsilon v^2) F_{\text{к}}; \quad (3.35)$$

$$P_{\text{к}} = fG + KF_{\text{к}} + \epsilon v^2 F_{\text{к}},$$

где $P_{\text{к}}$ — тяговое сопротивление чизельного орудия до критической глубины резания; f — коэффициент сопротивления передвижению орудия в борозде; $G = mg$ — масса орудия (сила тяжести); m — масса; K — коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации; g — ускорение свободного падения, 9,8 м/с²; ϵ — коэффициент, зависящий от формы рабочих органов, свойств почвы и размеров почвенного пласта; v — скорость движения; $F_{\text{к}}$ — площадь поперечного сечения взрыхленной части пласта; a — глубина обработки почвы; $h_{\text{к}}$ — критическая глубина резания.

При работе орудия в качестве чизеля рабочие органы расставляли на раме с такой шириной междуследия, чтобы зоны распространения деформации почвы с боковых сторон рабочих органов при любой глубине обработки пересекались. Для этого необходимо условие

$$\frac{M-b}{2} \leq a,$$

где M — ширина междуследия рабочих органов; b — ширина захвата рабочих органов.

Площадь сечения взрыхленной части пласта в этом случае определяются по формуле

$$F_K = aB_K - \frac{1}{4} (n-1) (M-b)^2, \quad (3.36)$$

где B_K — конструкционная ширина захвата орудия; n — число рабочих органов.

При работе орудия в качестве щелереза должно быть соблюдено условие

$$\frac{M-b}{2} > a.$$

В этом случае зоны распространения деформации почвы с боковых сторон рабочих органов при любой заданной глубине обработки не пересекаются и значение F_K определяют по формуле

$$F_K = aB_K - (n-1) (M-b-a)a. \quad (3.37)$$

В общем виде тяговое сопротивление чизеля при работе до критической глубины резания ($a \leq h_K$) выражается зависимостью

$$P_K = fG + (K + \epsilon v^2) [a \cdot B_K - \frac{1}{4} (n-1) (M-b)^2]. \quad (3.38)$$

С учетом значений коэффициентов, определенных способом наименьших квадратов (при работе орудия на тяжелых почвах),

$$P_K = 0,4G + (43000 + 1600v^2) [aB_K - \frac{1}{4} (n-1) (M-b)^2]. \quad (3.39)$$

При работе орудия в качестве щелереза

$$P_K = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_K - (n-1) (M-b-a)a] \quad (3.40)$$

или с учетом значений коэффициентов

$$P_K = 0,4G + (43000 + 1600v^2) [aB_K - (n-1) (M-b-a)a]. \quad (3.41)$$

При обработке почвы на глубину более критической ($a > h_K$) тяговое сопротивление определяли по формулам:

1. Орудие, используемое в качестве чизеля, при $\frac{M-b}{2} \leq a$,

$$P_{\text{ч}} = P_K + P_0,$$

где P_0 — приращение тягового сопротивления при блокированном резании почвы рабочими органами на глубине более критической

$$P_0 = (K' + \epsilon' v^2) F_0; \quad F_0 = nb(a - h_K); \quad (3.42)$$

$$P_0 = (K' + \epsilon' v^2) nb(a - h_K),$$

где F_0 — площадь прорезей на глубине обработки без отделения почвенной стружки ниже критической глубины резания.

В общем виде тяговое сопротивление чизеля определяется зависимостью

$$P_{\text{ч}} = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_K - \frac{1}{4} (n-1) (M-b)^2] + (K' + \epsilon' v^2) nb(a - h_K) \quad (3.43)$$

или с учетом значений коэффициентов на старопахотных тяжелых почвах по стерневым фонам

$$P_{\text{ч}} = 0,4G + (43 \cdot 10^3 + 16 \cdot 10^2 v^2) [aB_K - \frac{1}{4} (n-1) (M-b)^2] + (25 \cdot 10^4 + 158 \cdot 10^2 v^2) nb(a - h_K). \quad (3.44)$$

2. Орудие, используемое в качестве щелереза, при $\frac{M-b}{2} > a$

$$P_{\text{щ}} = fG + (K + \epsilon v^2) [aB_K - (n-1) (M-b-a)a] + (K' + \epsilon' v^2) nb(a - h_K) \quad (3.45)$$

или с учетом значений коэффициентов

$$P_{\text{щ}} = 0,4G + (43 \cdot 10^3 + 16 \cdot 10^2 v^2) [aB_K - (n-1) (M-b-a)a] + (25 \cdot 10^4 + 158 \cdot 10^2 v^2) nb(a - h_K). \quad (3.46)$$

Удельное сопротивление чизельного орудия при работе до критической глубины резания на основании формулы (3.35) выражается в следующей зависимости

$$K_{\text{ук}} = \frac{P_K}{F_K} = \frac{fG}{F_K} + (K + \epsilon v^2). \quad (3.47)$$

При обработке почвы на глубину более критической глубины резания удельное сопротивление почвы определяли по формуле

$$K_{\text{у}} = \frac{P_K + P_0}{F_K + F_0} = \frac{P}{F_K + F_0}. \quad (3.48)$$

Тяговое и удельное сопротивление чизельного плуга в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта. Закономерность изменения тягового сопротивления чизельного плуга с изменением условий его работы должна, естественно, вытекать из общей теории, объединяющей весьма сложный процесс, осуществляемый в процессе чизелевания почвы.

Предложенные формулы являются в указанном смысле первой попыткой установить закономерности и отразить физическую связь между основными факторами рабочего процесса чизельного орудия и общим сопротивлением.

Представляет интерес изменения тягового и удельного сопротивления чизельного плуга в функции площади сечения взрыхленной части пласта.

Исходные параметры и режимы работы чизельного плуга, полученные результаты экспериментальных исследований, проведенных на старопахотных почвах по стерне пшеницы, а также расчетные данные тягового и удельного сопротивлений чизельного плуга, выполненные по формулам (3.43), (3.47) и (3.48), представлены в таблице 3.2.

3.2. Тяговое и удельное сопротивления чизельного плуга в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта на старопахотных почвах по стерне пшеницы ($M = 0,5$ м, $n = 5$, $b = 0,07$ м, $B_K = 2,07$ м, $v = 1,4$ м/с, $f = 0,4$, $K = 43 \cdot 10^3$ Н/м², $m = 1700$ кг)

a , м	F , м ²	P (расчет), кН	P (опыт.), кН	K_y (расчетный), кН/м ²	K_y (опытный), кН/м ²
0,20	0,230	17,275	16,33	75,108	71,00
0,24	0,312	21,058	21,54	67,494	69,04
0,28	0,395	24,888	23,50	63,008	59,49
0,32	0,477	28,671	21,16	60,107	61,13
0,36	0,560	32,500	31,27	58,036	55,84
0,40	0,574	35,868	36,77	62,488	64,06
0,44	0,588	39,730	38,78	67,568	65,95
0,48	0,602	43,580	42,63	72,392	70,81

Как видно из графика (рис. 3.2), тяговое сопротивление чизельного плуга в функции площади сечения взрыхленной части пласта (прямая 1) имеет линейную зависимость до критической глубины резания (резание с отделением почвенной стружки), значение которой на старопахотных почвах составило около 0,36 м.

При обработке почвы на глубину более критической глубины резания тяговое сопротивление резко возрастает за счет заблокированного резания почвы рабочими органами на большой глубине без отделения стружки. Удельное сопротивление, как видно из графика (см. рис. 3.2), в функции площади сечения взрыхленной части пласта (кривая 2) изменяется по гиперболе, а при обработке почвы на глубину более критической глубины резания резко возрастает.

Экспериментальные данные тягового и удельного сопротивлений чизельного плуга, как видно из таблицы 3.2 и графика (см. рис. 3.2), хорошо согласовываются с результатами расчетных данных.

Тяговое сопротивление чизельного плуга в зависимости от глубины обработки почвы и ширины междурядия рабочих органов. Зависимость тягового сопротивления чизельного плуга от глубины обработки почвы и ширины междурядия рабочих органов при работе на старопахотных почвах по стерне ячменя представлены соответственно на графиках (рис. 3.3 и 3.4). Тяговое сопротивление чизельного плуга в функции глубины обработки почвы (см. рис. 3.3) изменяется по полупрямой линии, отсекающей ось ординат на величину fG согласно формулам (3.35) и (3.44).

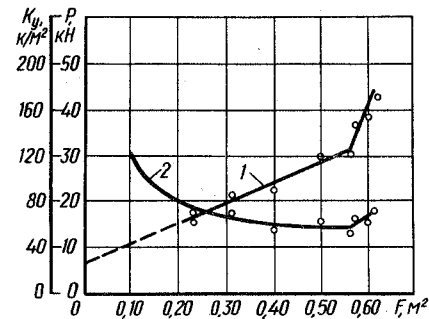


Рис. 3.2. Зависимость тягового и удельного сопротивлений чизельного плуга от площади сечения взрыхленной части пласта на старопахотных почвах по стерне пшеницы ($M = 0,5$ м, $n = 7$, $B_K = 2,07$ м, $v = 1,4$ м/с): 1 — тяговое сопротивление; 2 — удельное сопротивление

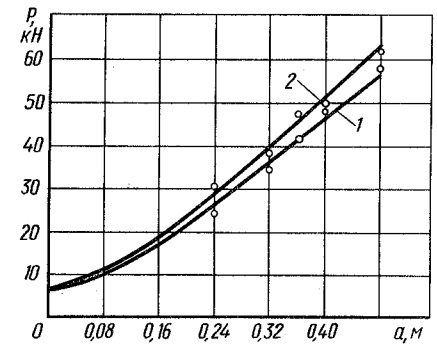


Рис. 3.3. Зависимость тягового сопротивления чизельного плуга от глубины обработки почвы ($M = 0,5$ м, $n = 7$, $B_K = 3,07$ м): 1, 2 — тяговое сопротивление при скорости обработки соответственно 0,84 и 1,94 м/с

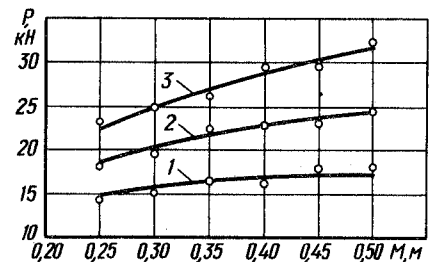


Рис. 3.4. Зависимость тягового сопротивления чизельного плуга от ширины междурядия рабочих органов при разной глубине обработки почвы:

1, 2, 3 — тяговое сопротивление при глубине обработки почвы соответственно 0,20; 0,28; 0,36 м

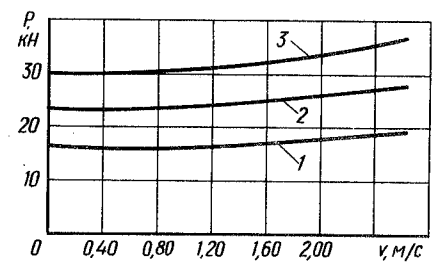


Рис. 3.5. Зависимость тягового сопротивления чизельного плуга от скорости движения агрегата при разной глубине обработки почвы ($M = 0,5$ м, $n = 5$, $B_K = 2,07$ м):

1, 2, 3 — тяговое сопротивление при глубине обработки почвы соответственно 0,20; 0,28; 0,36 м

Тяговое сопротивление чизельного плуга с увеличением ширины междурядия рабочих органов, как видно из графика (см. рис. 3.4), возрастает по закону параболы и тем интенсивнее, чем больше глубина обработки почвы.

Тяговое сопротивление чизельного плуга в зависимости от скорости движения. Тяговое сопротивление чизельного плуга в зависимости от

скорости движения агрегата при прочих равных условиях возрастает по закону параболы (рис. 3.5).

В интервале изменения скоростей от 0,84 до 2,64 м/с тяговое сопротивление при обработке почвы на глубину 0,20 м возрастает на 13,5 %, а при обработке почвы на глубину 0,36 м — на 17,8 %. Следовательно, прирост тягового сопротивления с увеличением скорости движения агрегата имеет наиболее существенное значение на глубокой обработке почвы. В указанных пределах глубины обработки почвы и скорости движения агрегата от 0,84 до 2,64 м/с прирост тягового сопротивления на один метр в секунду составляет 7,5–9,9 %.

Потребная тяговая мощность в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта и скорости движения при работе чизельного плуга. Как видно из графиков (рис. 3.6), требуемая тяговая мощность N в функции площади сечения взрыхленной части пласта при постоянной скорости выражается прямыми линиями, пересекающими ось абсцисс.

Если величина тягового сопротивления P медленно увеличивается с повышением скорости (см. рис. 3.5), то мощность N , расходуемая на работу чизельного плуга, очень быстро возрастает со скоростью.

В самом деле, если формулу (3.35) тягового сопротивления чизельного плуга выразить в виде двух членов: $P = (sG + KF) + EFv^2$ и умножить на скорость, то получим необходимую тяговую мощность в функции скорости v при $F = \text{const}$

$$N = Pv = (fG + KF)v + \epsilon v^3 F, \quad (3.49)$$

то есть зависимость мощности от скорости выражается кубическим уравнением, и кривая зависимости представляется параболой третьего порядка. Характер влияния скорости на расход мощности представлен на графике (рис. 3.7), из которого видно, что кривая мощности, отнесенная к скорости v перемещения чизельного плуга, выходя из начала координат, быстро поднимается вверх; более крутые кривые относятся к работе на большей глубине.

Удельное сопротивление и потребная тяговая мощность чизельного плуга в сравнении с другими орудиями, применяемыми при обработке почвы. Зависимость удельного сопротивления различных орудий и потребной тяговой мощности от площади сечения пласта при обработке почвы на глубину от 0,20 до 0,28 м представлены на графиках (рис. 3.8 и 3.9). При построении графиков удельного сопротивления K_y и потребной тяговой мощности расчет тягового сопротивления орудий P и мощности N выполнены по формулам:

для чизельного плуга ПЧ-4,5

$$P = (0,4G + 43 \cdot 10^3 F) + 16 \cdot 10^2 Fv^2, \quad (3.50)$$

$$N = Pv = (0,4G + 43 \cdot 10^3 F)v + 16 \cdot 10^2 Fv^3 \quad (3.51)$$

$$K_y = \frac{P}{F};$$

для отвального плуга ПТК-9-35

$$P = (0,5G + 49,5 \cdot 10^3 ab) + 2000abv^2, \quad (3.52)$$

где a — глубина обработки почвы; b — ширина захвата плуга; m — масса плуга (2780 кг); v — скорость движения;

$$N = Pv = (0,5G + 49,5 \cdot 10^3 ab)v + 2000abv^3, \quad (3.53)$$

$$K_y = \frac{P}{ab};$$

для плоскореза-глубокорыхлителя ПГ-3-5

$$P = (0,55G + 28 \cdot 10^3 ab) + 16,5 \cdot 10^2 abv^2, \quad (3.54)$$

$$N = Pv = (0,55G + 28 \cdot 10^3 ab)v + 16,5 \cdot 10^2 abv^3, \quad (3.55)$$

$$K_y = \frac{P}{ab}.$$

Значения коэффициентов этих уравнений определены способом наименьших квадратов.

Из графика (см. рис. 3.8) видно, что при прочих равных условиях наибольшее удельное тяговое сопротивление было получено при работе отвального плуга ПТК-9-35, а наименьшее — при работе плоскореза-глубокорыхлителя ПГ-3-5.

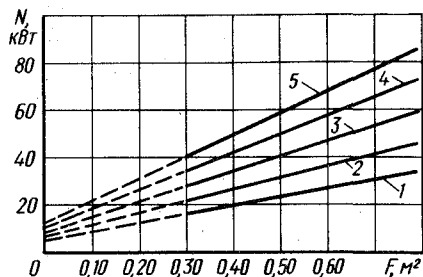


Рис. 3.6. Зависимость потребной тяговой мощности от площади сечения взрыхленной части пласта при работе чизельного плуга ($M = 0,5$ м; $n = 7$; $B_K = 3,07$ м):

1, 2, 3, 4, 5 — потребная тяговая мощность чизельного плуга при скорости движения агрегата соответственно 0,84; 1,12; 1,40; 1,68; 1,94 м/с

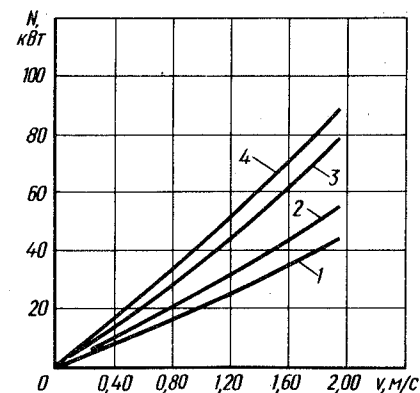


Рис. 3.7. Зависимость потребной тяговой мощности от скорости движения агрегата с чизельным плугом ($M = 0,5$ м, $n = 7$; $B_K = 3,07$ м):

1, 2, 3, 4 — потребная тяговая мощность при глубине обработки почвы соответственно 0,20; 0,24; 0,32; 0,36 м

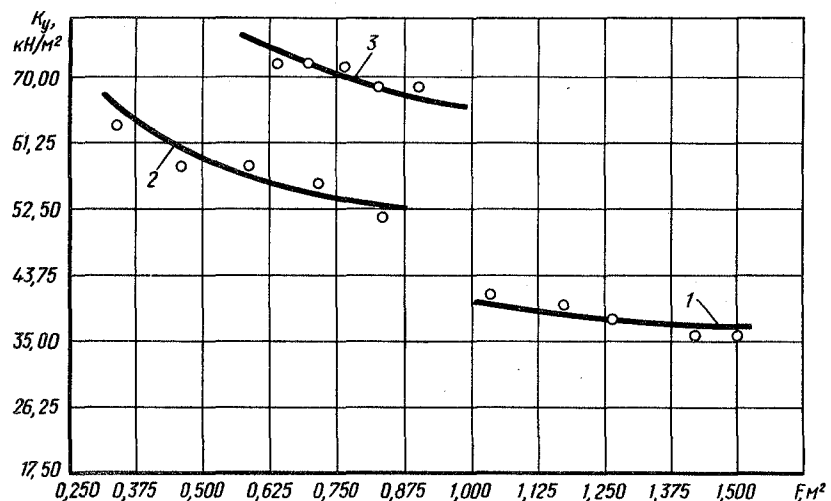


Рис. 3.8. Зависимость удельного сопротивления орудий от площади сечения пласта при обработке почвы на глубину 0,20–0,28 м:

1 – плоскорезом-глубококорыхлителем ПГ-3-5 ($B_K = 5,3$ м, $v = 1,4$ м/с); 2 – плугом чизельным ПЧ-4,5 ($B_K = 3,07$ м, $v = 1,4$ м/с, $M = 0,5$ м); 3 – плугом отвальным ПТК-9-35 ($B_K = 3,15$ м, $v = 1,4$ м/с)

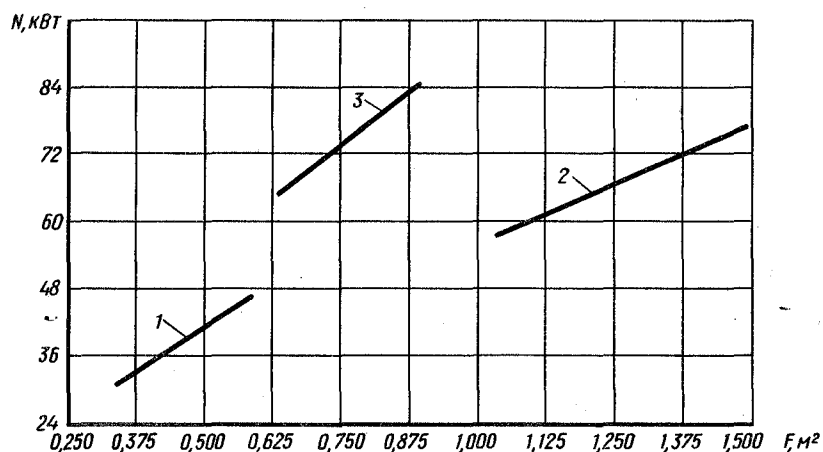


Рис. 3.9. Зависимость потребной тяговой мощности от площади сечения пласта при работе орудий на глубину 0,20–0,28 м:

1 – плуга чизельного ПЧ-4,5 ($M = 0,5$ м, $n = 7$; $B_K = 5,3$ м); 2 – плоскореза-глубококорыхлителя ПГ-3-5 ($B_K = 5,3$ м; $v = 1,4$ м/с); 3 – плуга отвального ПТК-9-35 ($B_K = 3,15$ м, $v = 1,4$ м/с)

Чизельный плуг по величине удельного сопротивления занял промежуточное положение между отвальным плугом и плоскорезом-глубококорыхлителем. Значение удельного сопротивления (расчетное) чизельного плуга в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем при обработке почвы на глубину около 0,28 м на 53 % больше, а в сравнении с отвальным плугом на 19 % меньше.

Удельное сопротивление чизельного плуга в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем возросло за счет малой площади сечения взрыхленной части пласта при работе чизельных лап малой ширины захвата.

Из графика (см. рис. 3.9) видно, что наименьший расход мощности требуется для работы чизельного плуга, а наибольший – для работы отвального плуга.

Если значение удельного сопротивления чизельного плуга в функции площади сечения пласта резко возрастает в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем, то расход мощности (расчетный) на его работу при обработке почвы на глубину 0,28 м на 68 % меньше, а в сравнении с отвальным плугом на 82 % меньше.

Удельная энергоёмкость чизельного плуга в сравнении с другими орудиями, применяемыми при основной обработке почвы. В таблице 3.3 представлены результаты определения удельной энергоёмкости сравниваемых орудий чизельного плуга ПЧ-4,5, плоскореза-глубококорыхлителя ПГ-3-5 и отвального плуга ПТК-9-35 на основной обработке почвы.

3.3 Удельная энергоёмкость орудий, применяемых при основной обработке почвы

Орудие	a , м	v , м/с	Π , га/ч	P , кН	N , кВт	\mathcal{E}_y , кВт·ч/га
Плуг чизельный ПЧ-4,5 ($M = 0,5$ м; $n = 9$; $B_K = 4,07$ м)	0,28	1,94	2,274	43,65	84,68	37,238
Плоскорез-глубококорыхлитель ПГ-3-5 ($B_K = 5,3$ м)	0,28	1,94	2,961	59,45	115,33	38,950
Плуг отвальный ПТК-9-35 ($B_K = 3,15$ м)	0,28	1,94	1,760	62,91	122,10	69,375

Удельную энергоёмкость сравниваемых орудий (\mathcal{E}_y) определяли по формуле

$$\mathcal{E}_y = \frac{N}{\Pi}, \quad (3.56)$$

где N – потребная тяговая мощность, кВт; Π – производительность агрегата сменная, га/ч.

Как видно из таблицы 3.3, наименьшая удельная энергоёмкость у чизельного плуга, а наибольшая – у отвального плуга. Значение удель-

ной энергоёмкости чизельного плуга при обработке почвы на глубину 0,28 м на 46,3 % меньше удельной энергоёмкости отвального плуга. Необходимо отметить, что удельное сопротивление чизельного плуга в сравнении с удельным сопротивлением плоскореза-глубокорыхлителя значительно выше (см. рис. 3.8), а удельная энергоёмкость его при прочих равных условиях работы на 4,4 % ниже (см. таблицу 3.3).

Удельная энергоёмкость орудий, как видно из выражения (3.56), отражает общие затраты энергии с учетом производительности. В связи с этим при энергетической оценке чизельных орудий в сравнении с другими орудиями необходимо принимать во внимание удельную энергоёмкость.

3.4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЫХЛИТЕЛЬНЫХ ЛАП ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА

Влияние ширины захвата рыхлительных лап на тяговое сопротивление чизельного плуга. Тяговое сопротивление чизельного плуга с разной шириной захвата рыхлительных лап определяли на старопахотных тяжелых черноземах по стерне озимой пшеницы при глубине обработки 0,20, 0,24, 0,28, 0,32, 0,36 м. Чизельный плуг захватом (B_k) 2,07 м работал с шириной междурядия рабочих органов (M) 0,5 м при одинаковой скорости движения агрегата ($v = 1,9$ м/с), число рабочих органов было $n = 5$. Для тензометрирования орудия на стойки рабочих органов устанавливали экспериментальные сменные рыхлительные лапы шириной захвата 0,025; 0,05; 0,07; 0,1 м, имеющие одинаковый угол крошения почвы $\alpha = 25^\circ$.

Тяговое сопротивление чизельного плуга во всех вариантах установки лап, как видно из графика (рис. 3.10), возрастает с увеличением глубины обработки почвы и снижается с уменьшением ширины захвата лап от 0,10 до 0,05 м. Однако, как показали опыты, тяговое сопротивление чизельного плуга с лапами шириной захвата (b) 0,025 м на 20,3–23,8 % больше, чем с лапами шириной захвата 0,05 м и находится приблизительно на уровне тягового сопротивления чизельного плуга с лапами шириной захвата 0,10 м.

Это объясняется тем, что при работе узкорыхлительных лап шириной захвата (b) $\leq 0,025$ м резание почвы в результате защемления пластом осуществляется без отделения почвенной стружки, сокращается критическая глубина резания и возрастает глубина заблокированного резания в уплотненной среде, что способствует резкому увеличению тягового сопротивления орудия.

Наименьшее тяговое сопротивление чизельного плуга было получено при работе с лапами шириной захвата 0,05 м, однако на глубокой обработке качество рыхления почвы этими лапами было неудовлетворительное.

Тяговое сопротивление чизельного плуга с лапами шириной захвата 0,07 и 0,10 м в сравнении с лапами шириной захвата 0,05 м возросло

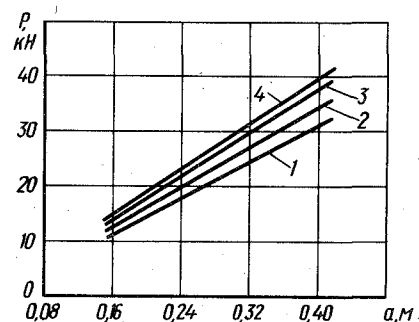


Рис. 3.10. Тяговое сопротивление чизельного плуга в зависимости от глубины обработки почвы при разной ширине захвата рыхлительных лап:

1, 2, 3, 4 – тяговое сопротивление чизельного плуга с лапами шириной захвата соответственно 0,05; 0,07; 0,025; 0,10 м

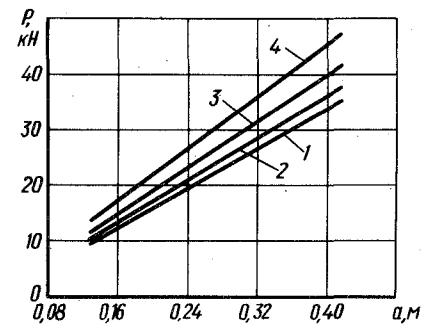


Рис. 3.11. Тяговое сопротивление чизельного плуга с рыхлительными лапами в зависимости от глубины обработки почвы при разных углах крошения:

1, 2, 3, 4 – тяговое сопротивление чизельного плуга с рыхлительными лапами захватом 0,07 м с углами крошения соответственно 20, 25, 30, 35°

соответственно на 10,9–12,8 и 17,2–24,8 %. Качество рыхления почвы лапами захватом 0,07 и 0,10 м было приблизительно одинаковое и отвечало предъявляемым агротехническим требованиям. Следовательно, с точки зрения снижения тягового сопротивления чизельного плуга ширина захвата рыхлительных лап должна быть в пределах 0,05–0,07 м. Однако, чтобы обеспечить требуемое качество рыхления почвы, ширину захвата рыхлительных лап (b) для обработки на глубину до 45 см можно принять равной 0,07 м.

Для обработки почвы на глубину до 60 см и более ширину захвата рыхлительных лап с целью снижения затрат энергии можно рекомендовать в пределах 50–70 мм.

Тяговое сопротивление чизельного плуга в зависимости от угла крошения рыхлительных лап. Зависимость тягового сопротивления чизельного плуга с рыхлительными лапами шириной захвата (b) 0,07 м от глубины обработки при разных углах (α) крошения (наклона плоских лап к дну борозды) 20, 25, 30 и 35° показана на графике (рис. 3.11).

Как видно из графика, тяговое сопротивление чизельного плуга возрастает тем интенсивнее, чем больше угол крошения (α) рыхлительных лап. Наименьшее тяговое сопротивление чизельного плуга было получено при работе с лапами, имеющими угол крошения 20° . Однако при работе этих лап крошение и вспушивание почвы на глубокой обработке было неудовлетворительное. Лучшее качество работы было полу-

чено при работе чизельного плуга с лапами, имеющими угол крошения 25 и 30°. Тяговое сопротивление чизельного плуга с этими лапами в сравнении с лапами, у которых $\alpha = 20^\circ$, возросло незначительно, то есть соответственно на 3,0–5,9 и 11,7–15,28. При работе чизельного плуга с лапами, у которых $\alpha = 35^\circ$ в сравнении с лапами, у которых $\alpha = 20^\circ$, оно возросло на 27,53–32,6 %. Причем качество работы этих лап в сравнении с лапами, у которых $\alpha = 25–30^\circ$, резко снизилось.

Рабочие органы чизеля постоянно сгуживали впереди себя почву, создавая неровную поверхность поля в виде нагромождения почвенных валов и крупных глыб, периодически возникающих по ходу агрегата.

Исходя из требуемого качества обработки почвы, угол крошения рыхлительных лап чизельного плуга следует рекомендовать равным 25–30°.

Выводы. 1. Полученные аналитические выражения позволили научно обоснованно установить связь между основными технологическими и конструкционными параметрами чизельного плуга для определения его тягового и удельного сопротивления.

2. На старопахотных черноземах тяжелых и средних при влажности 16–23 % среднее значение критической глубины резания составляет 0,36 м.

3. Тяговое сопротивление чизельного плуга в функции площади сечения пласта имеет линейную зависимость до критической глубины резания. При обработке почвы на глубину более критической глубины резания тяговое сопротивление чизельного плуга резко возрастает за счет заблокированного резания почвы в нижнем слое.

4. Удельное сопротивление чизельного плуга в функции площади сечения пласта с увеличением глубины обработки почвы уменьшается по закону гиперболы, а при обработке почвы на глубину более критической глубины резания резко возрастает.

5. Тяговое сопротивление чизельного плуга с увеличением ширины междуследия рабочих органов возрастает по закону параболы и тем интенсивнее, чем больше глубина обработки почвы.

6. Тяговое сопротивление чизельного плуга с увеличением скорости движения агрегата возрастает по закону параболы.

В пределах увеличения скоростей от 0,84 до 2,64 м/с прирост тягового сопротивления на один метр в секунду (скорости) составляет 7,5–9,9 %.

7. Потребная тяговая мощность при работе чизельного плуга в функции площади сечения пласта выражается прямой линией, отсекающей ось абсцисс, а в функции скорости движения — параболой третьего порядка.

8. Удельное сопротивление чизельного плуга ПЧ-4,5 на 19 % меньше удельного сопротивления отвального плуга ПТК-9-35.

9. Удельное сопротивление чизельного плуга в сравнении с удельным сопротивлением плоскореза-глубокорыхлителя ПГ-3-5 значительно воз-

растает за счет малой площади сечения пласта при работе чизельных лап малой ширины захвата, а расход мощности снижается на 68 %.

10. Удельная энергоемкость чизельного плуга при прочих равных условиях работы на 46 % меньше удельной энергоемкости отвального плуга ПТК-9-35.

ГЛАВА 4

НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ

4.1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА РАМЕ ОРУДИЙ

Теоретические предпосылки к обоснованию размещения рабочих органов. В качестве рабочих органов чизельных орудий общего назначения используют сменные рыхлительные и стрельчатые лапы, устанавливаемые с недорезом пласта по ширине захвата. Стрельчатые лапы, как более энергоемкие, применяют для обработки почвы на следующую глубину: при работе чизельных культиваторов — не более 16 см и при работе чизельных плугов — не более 30 см. Рыхлительные лапы (наральники) применяют главным образом на глубокой обработке почвы.

Согласно агротехническим требованиям чизельные плуги с рыхлительными лапами должны работать на глубину до 45 см, а чизельные культиваторы — до 25 см.

Ширина междуследия рабочих органов чизельного плуга должна быть 400 и 500 мм, а чизельного культиватора — 200–250 мм.

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 по отвальному и безотвальному агрофонам, а также по необработанной стерне.

Выполнение этих требований в основном зависит от правильной расстановки рабочих органов на раме орудия. Исходя из условий деформации почвы при обработке на большую глубину, расстояние между соседними бороздами должно быть больше, чем при обработке на меньшую глубину. Следовательно, в первом случае лапы должны быть расставлены реже, чем во втором.

Чизельную рыхлительную лапу, выполненную в виде наральника, можно рассматривать как прямой клин с углом наклона (α) к дну борозды (рис. 4.1). Область распространения деформации почвы (l) впереди лапы, как подтвердили опыты [18], определяется зависимостью:

$$l = \operatorname{atg} \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}, \quad (4.1)$$

где α — глубина обработки почвы; φ, ρ — углы трения почвы по стали и почве.

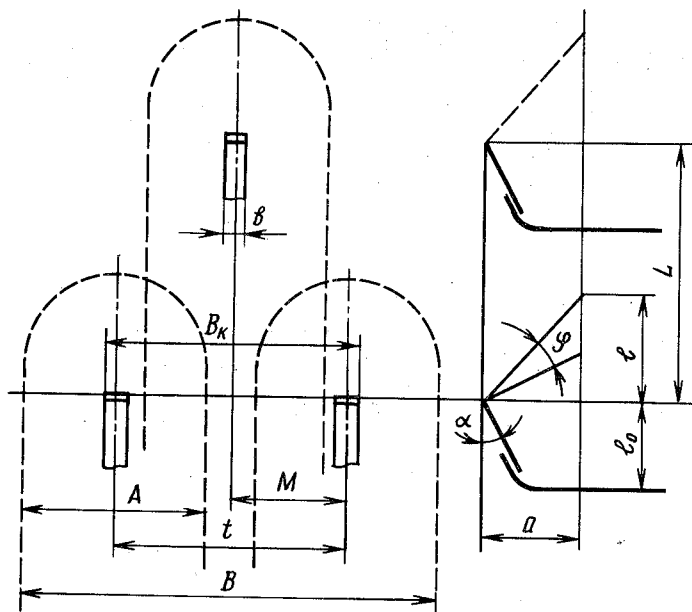


Рис. 4.1. Схема деформации почвы чизельными лапами

При расстановке рабочих органов на раме орудия в один ряд (рис. 4.2, а) и небольших значениях ширины междуследия возможно забивание их почвой.

Во избежание забивания рабочих органов между передним и задним рядом лап при расстановке их в два и несколько рядов на раме орудия в шахматном порядке (см. рис. 4.2, б, в) необходимо, чтобы зона деформации почвы под воздействием лап заднего ряда не задевала стойки переднего ряда, то есть

$$L \geq l + l_0; \quad L \geq atg \frac{a + \varphi + \rho}{2} + l_0, \quad (4.2)$$

где L – расстояние между носками лап по ходу орудия; l_0 – величина, определяемая конструкцией лапы и стойки.

Непеременным условием, определяющим необходимое расстояние между чизельными лапами в поперечном направлении, является то, что между соседними бороздами (в междуследии) не должно оставаться необработанных полос t (рис. 4.3, а) и не должно быть заклинивания почвой пространства между стойками соседних лап в каждом ряду (см. рис. 4.3, б), то есть ширина перекрытия n при воздействии сосед-

них лап на почву должна быть меньше расстояния t между соседними лапами в одном ряду, а высота гребня H и ширина его s у основания должны быть минимальными. Ширина зоны деформации почвы с боковых сторон стрельчатой лапы A (см. рис. 4.1) в общем случае определяется зависимостью [18]:

$$A = 2a + b + 2\mu atg \frac{a + \varphi + \rho}{2} \cos \gamma, \quad (4.3)$$

где b – ширина захвата лапы; μ – коэффициент, равный 0,25; γ – половина угла раствора лапы.

Для рыхлительной лапы угол раствора $2\gamma = 180^\circ$. Тогда последний член формулы (4.3) будет равен нулю, и она примет вид:

$$A = 2a + b. \quad (4.4)$$

Чтобы лапы не оставляли на поверхности почвы необработанные полосы t и чтобы обеспечить сплошное рыхление почвы в верхнем слое, необходимо выполнять условие:

$$A > M,$$

где M – ширина междуследия.

Исходя из условий деформации почвы, расстояние t между соседними лапами в одном ряду, при котором не должно происходить заклинивание почвы между стойками, можно определить по формуле [19]:

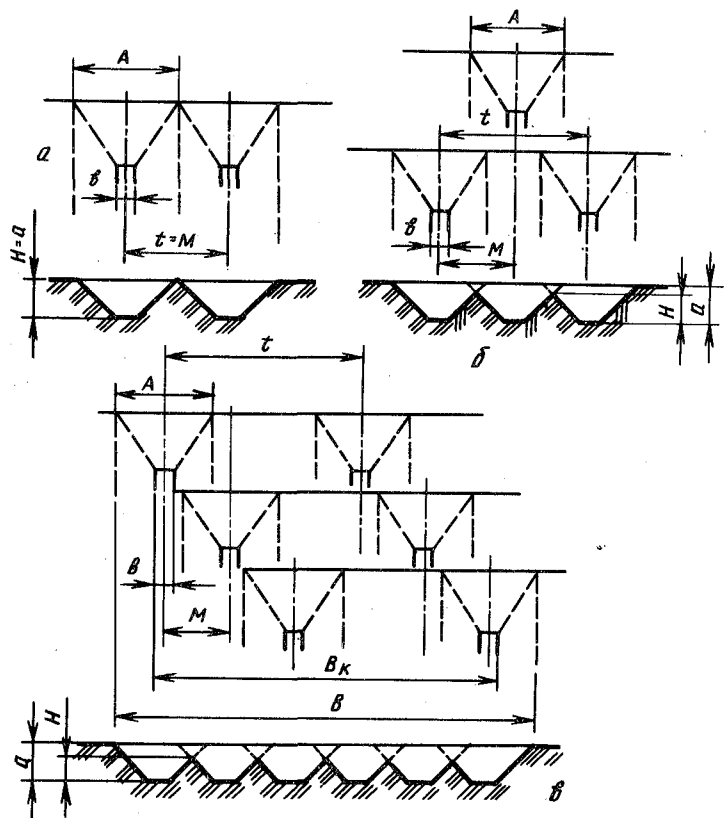
$$t > 0,5A; \quad t > 0,5(2a + b). \quad (4.5)$$

Выясним, как влияют схемы расстановки рабочих органов на качество работы чизельного орудия (проходимость взрыхленной почвы, предупреждение забивания). Если лапы расположены в одном ряду (см. рис. 4.2, а), то для осуществления сплошной обработки и предупреждения забивания орудия почвой надо их поставить на расстоянии $t = M = 2a + b$ [7], но так, чтобы $A = 2a + b$. Тогда

$$t = M = 2a + b, \quad (4.6)$$

где t – расстояние между лапами в одном ряду.

Обычно расстояние t слишком мало, орудие забивается растительными остатками, особенно при работе на стерневых фонах. Кроме того, не достигается удовлетворительное крошение почвы, и над дном борозды остаются неразрушенные большие гребни, высота которых может соответствовать глубине обработки почвы. Чтобы увеличить расстояние t , целесообразно лапы расставлять на раме орудия в двух рядах и более. При расстановке лап в двух рядах (см. рис. 4.2, б) необходимо выполнить условие $t > A$ [18], причем ширина междуследия M должна быть меньше A .



Установлено, что орудие не забивается почвой при условии:

$$M \geq PA \geq P(2a + b), \quad (4.7)$$

где P – коэффициент, равный 0,5 на отвальных фонах и 0,6 на стержневых фонах.

Трехрядная схема (см. рис. 4.2, *в*) позволяет значительно-увеличить расстояние между стойками рабочих органов в каждом ряду и работать без забивания орудия почвой и растительными остатками при малой ширине междуследия.

Кроме того, за счет малой ширины междуследия можно значительно уменьшить размеры неразрушенных гребней в борозде и улучшить крошение почвы.

Стреловидная многорядная схема (см. рис. 4.2, *г*) с расположением рабочих органов по прямой линии, направленной под некоторым углом к направлению движения агрегата, позволяет оставлять большее пространство между рабочими органами по ширине захвата. В результате

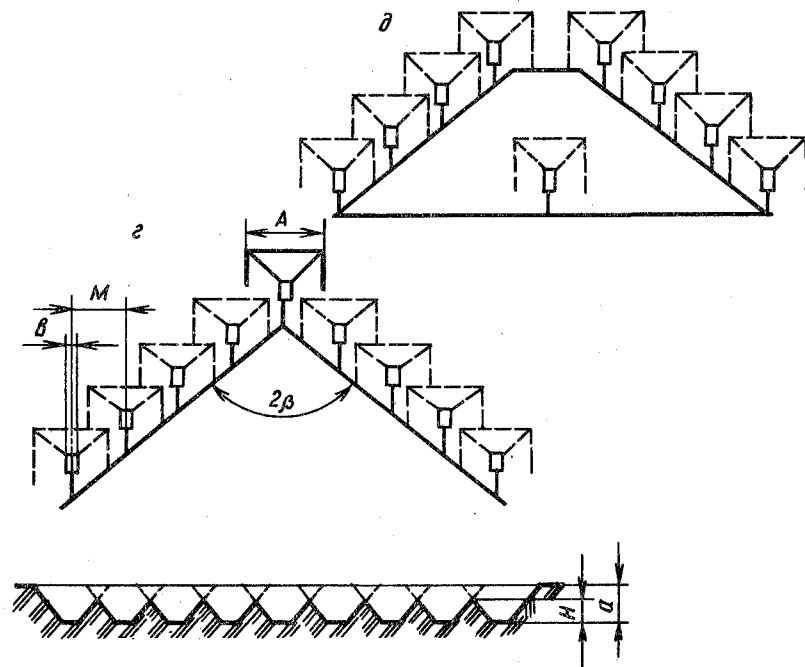


Рис. 4.2. Распространение в почве деформаций при работе рыхлительных лап с различной схемой расстановки их на раме орудия:

а – однорядной; *б* – двухрядной; *в* – трехрядной; *г* – стреловидной; *д* – комбинированной

обеспечивается свободный проход обрабатываемой почвы и растительных остатков вдоль орудия при достаточной ширине междуследия и определенном вылете лап относительно друг друга.

Кроме того, существенным преимуществом стреловидной многорядной схемы является то, что она позволяет сократить число рабочих органов, работающих в сплошной (блокированной) среде.

Однако при глубокой обработке влажных почв с большим количеством стерни возможно забивание орудия почвой и пожнивными остатками в пространстве между рабочими органами первого и второго ряда, если ширина междуследия менее 400 мм.

Комбинированная многорядная схема (см. рис. 4.2, *д*) с выносом средней лапы назад повышает проходимость взрыхленной почвы и растительных остатков в переднем ряду.

Чтобы предупредить забивание рабочих органов почвой и растительными остатками при размещении их по стреловидной и комбини-

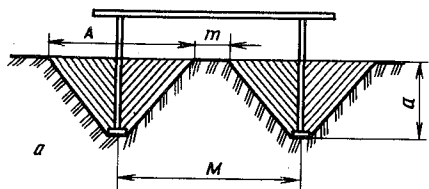


Рис. 4.3. Поперечные профили деформации почвы чизельными лапами:

a – по ширине междуследия рабочих органов; b – между соседними лапами в одном ряду

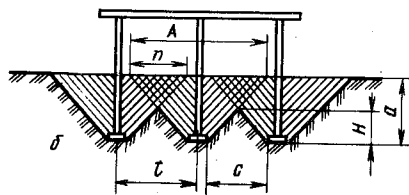
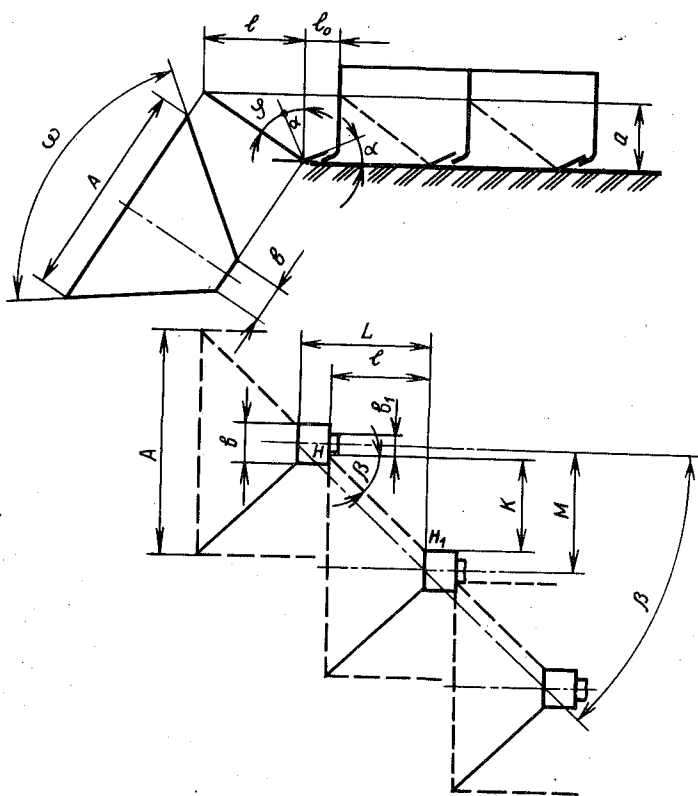


Рис. 4.4. Схема размещения рабочих органов на стрелообразной раме чизельного орудия



рованной схемам, необходимо правильно выбрать основные технологические и конструкционные параметры орудия.

Вылет лап L по ходу агрегата (рис. 4.4) при расстановке их по прямой линии под углом к направлению движения можно определить по формуле

$$L = M \operatorname{ctg} \beta, \quad (4.8)$$

где M – ширина междуследия рабочих органов; β – половина угла раствора стрелообразной рамы орудия.

Уменьшение вылета лапы L может привести к заклиниванию почвы между лапами по ходу агрегата, а увеличение его нежелательно, так как повлечет удлинение конструкции орудия.

Увеличение ширины междуследия M способствует лучшей проходимости взрыхленной почвы между рабочими органами, но при этом резко ухудшается качество работы (недорез пласта с образованием крупных глыб на поверхности и неразрушенных гребней больших размеров над дном борозды, снижение крошения почвы в обрабатываемом слое). Значительное уменьшение ширины междуследия при глубокой обработке приводит к заклиниванию почвы между смежными лапами.

Преобразуем формулу (4.8) во взаимосвязи с физико-механическими свойствами почвы, основными технологическими и конструктивными параметрами (глубиной обработки, шириной захвата лапы и стойки), влияющими на технологический процесс орудия.

Ширина полосы деформации почвы с боковой стороны (K), определяемая расстоянием между краем лезвия задней лапы и стойкой передней лапы, равна

$$K = M - \frac{b + b_1}{2}, \quad (4.9)$$

где b_1 – ширина стойки лапы.

Пусть прямая HH_1 (см. рис. 4.4) выражает максимальное расстояние от края лезвия работающей лапы до стойки смежного рабочего органа и определяет границу распространения деформации почвы с одной боковой стороны лапы в плане. Тогда величину K можно представить так

$$K = H \operatorname{tg} \beta. \quad (4.10)$$

При установке лап на раме орудия по прямой линии и под углом β к направлению движения каждая лапа с боковой стороны испытывает одностороннее давление обрабатываемой почвы, в связи с этим заклинивание почвы между смежными лапами по ширине захвата, как показали опыты, исключается при уменьшении K до определенной величины.

Изменение ширины междуследия M , а следовательно, и значения K в формуле (4.9), при котором исключается забивание орудия поч-

вой, можно учесть поправочным коэффициентом μ :

$$K = \mu l \operatorname{tg} \beta, \quad (4.11)$$

где μ — коэффициент, равный 0,5 на отвальных фонах и 0,7 на стерневых фонах.

Из равенства выражений (4.9) и (4.11) следует:

$$M - \frac{b + b_1}{2} = \mu l \operatorname{tg} \beta,$$

откуда

$$M = \mu l \operatorname{tg} \beta + \frac{b + b_1}{2}. \quad (4.12)$$

Подставив в формулу (4.12) значение l из формулы (4.1), найдем ширину междуследия, при которой рабочие органы не будут забиваться почвой:

$$M \geq \mu a \operatorname{tg} \frac{a + \varphi + \rho}{2} \operatorname{tg} \beta + \frac{b + b_1}{2}. \quad (4.13)$$

Подставляя в формулу (4.8) значение M из формулы (4.13), получим выражение для определения вылета лап с учетом физико-механических свойств почвы, технологических, конструктивных параметров орудия и рабочих органов при расстановке их по стрелообразной схеме:

$$L = \left(\mu a \operatorname{tg} \frac{a + \varphi + \rho}{2} \operatorname{tg} \beta + \frac{b + b_1}{2} \right) \operatorname{ctg} \beta. \quad (4.14)$$

На тяжелых суглинистых черноземах при влажности почвы 16–22% $\varphi = 31^\circ$, $\rho = 39^\circ$.

На основании формулы (4.12) при определенном значении ширины междуследия можно определить рациональный угол установки лап β на раме при использовании стрелообразной и комбинированной схем орудия (см. рис. 4.2, г, д):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2M - b - b_1}{2\mu l}. \quad (4.15)$$

Подставив в формулу (4.15) значение l из формулы (4.1), получим

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2M - b - b_1}{2\mu a \operatorname{tg} \frac{a + \varphi + \rho}{2}}, \quad (4.16)$$

или

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2M - b - b_1}{2\mu(L - l_0)}. \quad (4.17)$$

Анализ схем чизельных орудий. В чизельных орудиях имеются рабочие органы, обеспечивающие технологический процесс безотвальной обработки почвы. Все типы чизельных рабочих органов в отличие от отвальных можно размещать на раме симметрично по ширине захвата,

что позволяет значительно сократить длину и массу орудий. Поэтому, с целью снижения массы, повышения маневренности и в конечном итоге экономической эффективности использования при эксплуатации, целесообразно для работы с современными энергонасыщенными тракторами разрабатывать навесные конструкции чизельных плугов и культиваторов.

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 сплошной (блокированной) среде, что существенно влияет на затраты энергии при выполнении технологического процесса.

Исходя из этих требований и результатов экспериментальных исследований, проведем анализ различных принципиальных схем чизельных орудий.

Для экспериментальных исследований были использованы опытные образцы навесных чизельных культиваторов с двух- и трехрядной схемой расстановки рабочих органов на раме, а также экспериментальная установка для размещения рабочих органов чизельного культиватора по стрелообразной и многорядной схемам. Кроме того, на глубокой обработке почвы были использованы опытные образцы навесных чизельных плугов ПЧ-4,5 конструкции ГСКТБ ПО "Одессапочвомаш", опытный образец чизельного плуга ПЧМ-4,5 конструкции НПО ВИСХОМ и опытный образец чизельного плуга РЧ-3,6 конструкции НПО "Казсельхозмеханизация".

С точки зрения рациональной конструкции и требуемого качества работы каждая схема чизельного орудия имеет свои преимущества и недостатки, которые приблизительно одинаковы для чизельного плуга и культиватора.

Однорядная схема (см. рис. 4.2, а). Рабочие органы размещены на одном прямом бруске. Такое размещение рабочих органов может быть применено главным образом при создании чизельных орудий для рыхления почвы в междурядьях возделываемых культур. Для глубокой сплошной обработки почвы такая схема непригодна, так как при малой ширине междурядия орудие забивается почвой и растительными остатками.

Двухрядная схема. Преимущества: небольшие 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 (рис. 4.5, а), позволяющая быстро и удобно переставлять рабочие органы на требуемую ширину междуследия; упрощается конструкция секционных широкозахватных орудий.

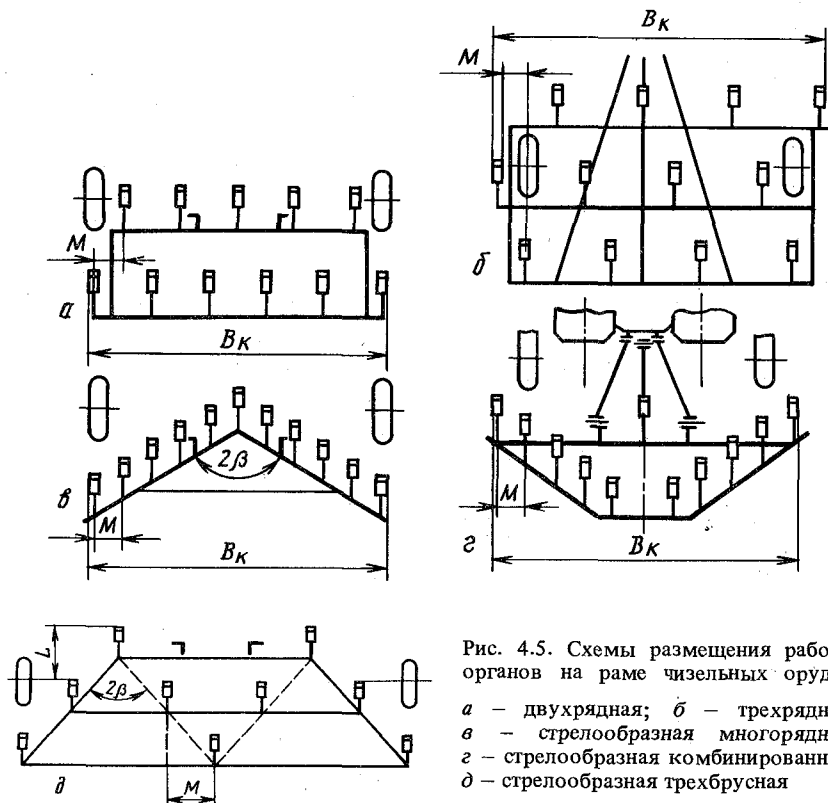


Рис. 4.5. Схемы размещения рабочих органов на раме чизельных орудий:

- а — двухрядная; б — трехрядная;
 в — стреловидная многорядная;
 г — стреловидная комбинированная;
 д — стреловидная трехбрусная

Недостатки: все рабочие органы первого ряда, составляющие почти половину общего числа их на раме, работают в сплошной (блокированной) среде, что способствует значительному повышению тягового сопротивления орудия; рабочие органы первого ряда, работая в сплошной среде, изнашиваются и подвергаются поломкам быстрее, чем рабочие органы заднего ряда; при работе на стерне, особенно длинностебельных культур, орудие, как показали полевые исследования, забивается пожнивными остатками в пространстве между передним и задним рядами лап; при установке лап на малую ширину междуследий расстояние между лапами в каждом ряду значительно уменьшается, в результате при глубокой обработке пересохших и уплотненных почв можно ожидать забивания рабочих органов крупными глыбами; требуется большая ширина захвата сменных стрельчатых (полольных) лап культиватора для поверхностной обработки при установке их на определенную ширину междуследия с перекрытием согласно агротехническим требованиям; с увеличением ширины захвата орудия возрастает число

рабочих органов, работающих в сплошной среде, что отрицательно влияет на затраты энергии и качество обработки почвы.

Трехрядная и многорядная схемы. Преимущества: орудие с междуследием рабочих органов более 200 мм не забивается пожнивными остатками при работе на стерневых фонах; при малой ширине междуследия обеспечивается достаточное расстояние между лапами в каждом ряду по ширине захвата орудия (см. рис. 4.5, б), в результате на глубокой обработке исключается забивание рабочих органов почвой, значительно улучшается крошение и уменьшаются размеры неразрушенных гребней в борозде; для поверхностной обработки почвы можно устанавливать сменные стрельчатые лапы с малой шириной захвата, обеспечивая достаточное перекрытие. Данная схема наиболее целесообразна для культиваторов, рабочие органы которых имеют большой набор сменных лап.

Недостатки: все рабочие органы первого ряда, составляющие значительную часть от общего числа их на раме, работают в сплошной среде (см. рис. 4.2, в); при работе на полях с неровной поверхностью снижается устойчивость хода рабочих органов по глубине переднего ряда относительно заднего; при значительном уклонении орудия от прямолинейного движения не обеспечивается полное подрезание сорных растений сменными стрельчатыми лапами заднего ряда с обычным перекрытием (6—8 см); рабочие органы первого ряда орудия, работая в сплошной среде, изнашиваются и ломаются быстрее, чем рабочие органы задних рядов; увеличивается длина и масса орудия; с повышением ширины захвата орудия возрастает число рабочих органов, работающих в сплошной среде.

Стреловидная многорядная схема. Преимущества: с увеличением ширины захвата орудия число рабочих органов, работающих в сплошной среде, не возрастает; при достаточной ширине междуследия и рациональном угле раствора 2β стреловидной рамы орудия (см. рис. 4.5, в) исключается забивание рабочих органов почвой и растительными остатками; все рабочие органы орудия, кроме среднего (см. рис. 4.2, г), работают в полусплошной 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; обеспечивается свободный и удобный доступ к рабочим органам для технического ухода, замены лап, перестановки их на требуемую ширину междуследий, очистки их от налипшей почвы и т. д.

Недостатки: с увеличением ширины захвата увеличивается длина орудия, центр тяжести его удаляется от трактора; для выполнения поверхностной обработки почвы сменными стрельчатыми (полольными) лапами ширина захвата их с учетом перекрытия должна быть не

менее 410 мм, а при меньшей ширине захвата следует сокращать ширину междуследий, что приводит к забиванию орудия почвой и растительными остатками; при больших значениях угла раствора 2β и небольшой ширине междуследия можно ожидать забивания рабочих органов почвой и растительными остатками в пространстве между смежными рабочими органами.

Стрелообразная комбинированная схема. Преимущества: с увеличением ширины захвата центр тяжести орудия приближается к трактору (см. рис. 4.5, з); имеется возможность создания конструкции навесного чизельного орудия большой ширины захвата с приспособлением для дополнительного рыхления верхнего слоя почвы и выравнивания поверхности.

Недостатки: число рабочих органов, работающих в сплошной среде, больше, чем при расстановке их по стрелообразной многорядной схеме; при выносе средней лапы вперед в сплошной среде работают 3 лапы, при выносе средней лапы назад в такой среде — 2 лапы; при малом угле раствора рамы 2β рабочие органы орудия могут задевать колеса или гусеницы трактора.

Стрелообразная трехбрусная схема. Состоит из двух секций со стрелообразным размещением рабочих органов на трех брусках орудия (см. рис. 4.5, д).

Основное преимущество схемы заключается в том, что она позволяет сократить длину орудия при установке на раме большого числа рабочих органов.

Недостатки: при малой ширине междуследия M и недостаточном расстоянии между лапами L можно ожидать забивания рабочих органов в пространствах между рабочими органами среднего бруса, так как с уменьшением ширины междуследия расстояние между рабочими органами, закрепленными на брусках по ходу агрегата, не изменяется; два рабочих органа, установленные в первом ряду, работают в сплошной среде; из-за большой массы и длины навесного орудия исключается возможность установки на его раму приспособления для дополнительного рыхления почвы и выравнивания поверхности.

Результаты полевых исследований чизельных орудий с различными схемами расстановки рабочих органов. Полевые исследования опытных образцов чизельных плугов с различными схемами расстановки рабочих органов проводили на полях Северокавказского филиала (СКФ) ВИМ Краснодарского края и экспериментальной базы ГСКТБ ПО "Одесса-почвомаш" в Одесской области (село Красноселка).

Почвы — предкавказский чернозем (Краснодарский край) и малогумусный чернозем (Одесская область), фон — необработанная стерня озимой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы на зерно и стерня подсолнечника после двухкратного прохода дискового лушпильника.

Участки, на которых проводили опыты, были засорены щирцей, полевым вьюнком, лебедой и др. На 1 м^2 было в среднем 22 сорных

растения высотой 25 см. Количество стерни озимой пшеницы 220 шт/м^2 , ячменя 160 шт/м^2 , высота стерни пшеницы и ячменя 21 см, кукурузы 28 см.

Средняя длина кусков измельченных стеблей подсолнечника после дискования 36 см.

Микрорельеф поля — средневыравненный, глубина борозд не превышала 5 см.

Влажность и твердость почвы на участках в период проведения опытов представлены в таблице 4.1.

4.1. Влажность и твердость почвы

Горизонт, см	Влажность, %	Твердость, МПа	Горизонт, см	Влажность, %	Твердость, МПа
<i>Стерня озимой пшеницы</i>			<i>Стерня кукурузы</i>		
0–15	16,4	1,8	0–15	12,2	2,2
15–30	16,8	2,6	15–30	14,4	3,3
30–45	18,1	3,1	30–45	19,1	3,7
<i>Стерня ярового ячменя</i>			<i>Стерня подсолнечника</i>		
0–15	10,3	2,4	0–15	28,5	1,60
15–30	11,8	2,8	15–30	26,2	1,94
30–45	12,7	3,6	30–45	20,1	3,50

Изучали опытные образцы чизельных культиваторов и чизельных плугов с различными схемами расстановки рабочих органов на раме. Чизельные плуги всех вариантов агрегатировали с трактором К-701, а чизельных культиваторов с трактором Т-150К. Сравнимые орудия имели одинаковое число рабочих органов. На раму чизельных плугов устанавливали рыхлительные лапы одинаковых параметров, закрепленные на жестких стойках, (число лап 7–11 в зависимости от ширины междуследия, конструкции орудия и экспериментальной установки).

На раму чизельных культиваторов устанавливали рыхлительные и стрельчатые лапы, закрепленные на упругих стойках (число лап 11–17 в зависимости от ширины захвата лап и ширины междуследия). Конструкция трехрядного чизельного культиватора позволяла устанавливать рабочие органы по стрелообразной трехбрусной схеме. Тяговое сопротивление орудий определяли методом тензометрирования, забивание рабочих органов — при испытаниях в хозяйственных условиях по стандартной методике.

Чизельный культиватор. Двухрядный чизельный культиватор с расстоянием между лапами по ходу агрегата 600–650 мм и междуследием 0,200–0,300 м забивается через каждые 30–50 мм пожнивными остатками на всех стерневых агрофонах в пространствах между рабочими органами первого и второго ряда, а также между рабочими

органами в каждом ряду. При расстановке лап в два ряда с расстоянием между ними по ходу агрегата $L \geq 750$ мм и междуследием 0,200 м культиватор забивается почвой и пожнивными остатками между рабочими органами по ширине захвата в каждом ряду через 50–100 м (табл. 4.2), а с междуследием 0,300 м забивается периодически пожнивными остатками через 250–300 м главным образом на стерне длинностебельных культур (подсолнечник, кукуруза). Полевые опыты в хозяйствах показали, что двухрядный чизельный культиватор обеспечивает удовлетворительное качество работы на стерневых фонах с междуследием рабочих органов не менее 0,350 м.

Трехрядный чизельный культиватор с расположением рабочих органов в шахматном порядке и междуследием 0,250–0,300 м при $L \geq 700$ мм не забивается почвой и пожнивными остатками на всех агрофонах, однако при междуследии менее 0,230 м культиватор может периодически забиваться пожнивными остатками на стерне длинностебельных культур (см. табл. 4.2). Как показали полевые опыты, расположение рабочих органов в три ряда с междуследием 0,230–0,300 м — наиболее перспективная схема чизельного культиватора, применяемого для работы как на отвальных, так и на стерневых агрофонах. Рыхлительные лапы за счет малой ширины захвата при достаточной ширине междуследия можно использовать на почвах повышенной влажности. Имеются тенденции налипания влажной почвы на поверхность рыхлительных лап, однако при этом технологический процесс их работы на нарушается.

Упругие (пружинные) стойки рабочих органов чизельного культиватора по сравнению с жесткими за счет вибрации в работе обеспечивают лучшее самоочистление лап от нависших пожнивных остатков и налипшей почвы.

Рабочие органы чизельного культиватора с расположением рабочих органов по стрелообразной трехбрусной схеме (см. рис. 4.5, д) с углом $2\beta \leq 84^\circ$ и междуследием 0,230–0,300 м не забивались почвой и пожнивными остатками (см. табл. 4.2), а при междуследии менее 0,230 м — периодически (через 150–200 м) забивались пожнивными остатками на стерне высокостебельных культур, особенно на почвах повышенной влажности.

При значениях угла $2\beta \geq 84^\circ$ рыхлительные и стрелчатые лапы культиватора с междуследием менее 0,300 м забивались пожнивными остатками на всех стерневых агрофонах.

Чизельный плуг. При расстановке рабочих органов по стрелообразной многорядной схеме (см. рис. 4.5, в) с углом $2\beta = 120^\circ$ и шириной междуследия 0,300 м чизельный плуг не забивается почвой и пожнивными остатками до глубины обработки 0,35 м (см. табл. 4.2).

С повышением глубины обработки до 0,45 м плуг периодически забивался пожнивными остатками из-за недостаточной ширины междуследия рабочих органов, забивание рабочих органов не наблюдается при ширине междуследия 0,400–0,500 м.

4.2. Забивание рабочих органов при работе чизельных орудий с различными схемами размещения их на раме (агрофон — стерня зерновых и длинностебельных пропашных культур)

Схема размещения рабочих органов на раме:	Глубина обработки, м	Ширина междуследия, м	Скорость движения, м/с	Характер забивания рабочих органов
<i>Чизельный культиватор</i>				
Схема размещения рабочих органов на раме: двухрядная в шахматном порядке, $L \geq 750$ мм	0,16–0,25	0,200	1,94–3,1	Забивается почвой и пожнивными остатками между рабочими органами по ширине захвата орудия через каждые 50–100 м
то же	0,16–0,25	0,250	1,94–3,1	Забивается пожнивными остатками между рабочими органами по ширине захвата орудия через каждые 100–150 м
”	0,16–0,25	0,300	1,94–3,1	Периодически забивается пожнивными остатками через каждые 250–300 м
трехрядная в шахматном порядке, $L \geq 700$ мм	0,16–0,25	0,200	1,94–3,1	Периодически забивается пожнивными остатками на стерне подсолнечника и кукурузы через каждые 300–400 м
то же	0,16–0,25	0,230–0,300	1,94–3,1	Не забивается
стрелообразная трехбрусная, $2\beta \leq 84^\circ$	0,16–0,25	0,200	1,94–3,1	Периодически забивается пожнивными остатками на стерне подсолнечника и кукурузы через каждые 150–200 м
то же	0,16–0,25	0,230–0,300	1,94–3,1	Не забивается

Схема размещения	Глубина обработки, м	Ширина междуследия, м	Скорость движения, м/с	Характер забивания рабочих органов
<i>Чизельный плуг</i>				
Схема размещения рыхлительных лап на раме: стреловидная многорядная $2\beta = 120^\circ$ $2\beta = 120^\circ$ $2\beta \leq 104^\circ$ стреловидная трехбрусная, $L \leq 600$ мм " " стреловидная трехбрусная, $L \geq 750$ мм двухрядная в шахматном порядке то же	0,30	0,300	2,22	Не забивается
	0,35	0,300	1,94	"
	0,40	0,300	0,84	Периодически забивается пожнивными остатками через каждые 150–200 м
	0,45	0,300	0,84	Забивается почвой и пожнивными остатками через каждые 20–50 м
	0,30–0,45	0,400–0,500	0,84–2,22	Не забивается
	0,30–0,45	0,300–0,500	0,84–2,22	То же
	0,30	0,300–0,500	2,22	"
	0,35–0,45	0,300–0,400	0,84	Забивается почвой и пожнивными остатками через каждые 20–40 м
	0,35–0,45	0,500	0,84	Забивается периодически пожнивными остатками на стерне подсолнечника и кукурузы через каждые 100–150 м
	0,30–0,45	0,300–0,500	0,84–2,22	Не забивается
" " стреловидная трехбрусная, $L \geq 750$ мм двухрядная в шахматном порядке то же	0,30–0,45	0,300–0,400	0,84–1,94	Забивается почвой и пожнивными остатками через каждые 20–30 м
	0,40–0,45	0,500	0,84	Забивается периодически на густой и лущеной стерне, на стерне подсолнечника и кукурузы через каждые 150–200 м

Чизельный плуг с углом раствора рамы $2\beta \leq 104^\circ$ не забивался почвой и пожнивными остатками при глубине обработки почвы до 0,45 м и ширине междуследия рабочих органов 0,300–0,500 м. При больших значениях угла раствора рамы $2\beta = 120^\circ$ представляет интерес стреловидная комбинированная схема размещения рабочих органов, предусматривающая вынос средней лапы чизеля вперед или назад относительно двух передних лап. При выносе средней лапы на заднюю часть рамы (см. рис. 4.2, д) забивание чизеля почвой и пожнивными остатками с междуследиями 0,300–0,500 м полностью устранилось. То же происходит при выносе средней лапы вперед на 300 мм и более относительно двух передних лап.

Чизельный плуг с размещением рабочих органов по стреловидной трехбрусной схеме и междуследиями 0,300–0,500 при $L \geq 750$ мм не забивался почвой и пожнивными остатками. При $L \leq 600$ мм и междуследиями менее 0,500 м он забивался пожнивными остатками на всех стерневых агрофонах через 20–40 м, а при междуследии 0,500 м забивался периодически через 100–150 м на стерне длинностебельных пропашных культур (см. табл. 4.2).

Двухрядная схема размещения рабочих органов на раме чизельного плуга (см. рис. 4.5, а) не обеспечила удовлетворительное качество работы на глубокой обработке почвы. При ширине междуследия 0,300–0,500 м и $L = 750$ мм рабочие органы чизеля, как показали полевые исследования, забивались пожнивными остатками на всех стерневых агрофонах (см. табл. 4.2).

Тяговое сопротивление чизельных плугов с различными схемами расстановки рабочих органов. Тяговое сопротивление определяли при одинаковом числе рабочих органов на раме с междуследием 0,500 м, в качестве которых были использованы рыхлительные лапы одинаковых параметров, установленных на жестких стойках. Изучали чизельные плуги с размещением рабочих органов на раме по схемам: стреловидной многорядной, стреловидной трехбрусной и двухрядной в шахматном порядке.

Тензометрирование сравниваемых орудий выполнено при одинаковой скорости движения агрегатов и глубине обработки почвы. При любой схеме орудия некоторые рабочие органы из общего числа их на раме работают в сплошной среде, а другие — в полусплошной.

Из анализа схемы орудия (см. рис. 4.2, з) следует, что при размещении на раме девяти рабочих органов по стреловидной многорядной схеме в сплошной среде работает только одна средняя лапа, по стреловидной трехбрусной схеме (см. рис. 4.5, д) — 2 лапы переднего ряда, по двухрядной схеме — 4 лапы переднего ряда.

Как видно из графика (рис. 4.6), чизельный плуг с расположением рабочих органов по стреловидной схеме обеспечил наименьшее тяговое сопротивление в сравнении с двухрядным и трехрядным плугами, что объясняется сокращением числа рабочих органов, работающих в сплошной среде.

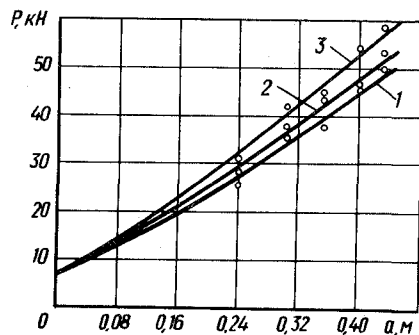


Рис. 4.6. Зависимость тягового сопротивления чизельных плугов от глубины обработки почвы при различных схемах размещения рыхлительных лап на раме:

1 — стрелообразная; 2 — трехрядная (стрелообразная трехбрусная); 3 — двухрядная

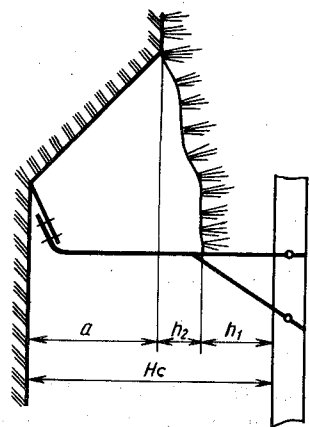


Рис. 4.7. Схема определения высоты стойки рабочего органа чизельного плуга

При одинаковой глубине обработки почвы (0,43 м) тяговое сопротивление чизельного плуга со стрелообразной схемой размещения рабочих органов на раме в сравнении с трехбрусной и двухрядной схемами чизельных плугов было меньше соответственно на 6 и 17 %. Таким образом, чем больше рабочих органов из общего числа их на раме работают в полусплошной среде, тем меньше тяговое сопротивление плуга. В связи с этим при разработке конструкции чизельных орудий целесообразно выбирать такую схему, которая обеспечивает минимальное число рабочих органов, работающих в сплошной среде.

Определение минимального числа рабочих органов, работающих в сплошной среде. При расстановке рабочих органов по стрелообразной многорядной схеме в сплошной среде работает только одна лапа (см. рис. 4.2, з), причем число рабочих органов на раме орудия по этой схеме — всегда нечетное.

Для стрелообразной трехбрусной схемы общее число рабочих органов на раме орудия не может быть произвольным и определяется на основании чертежа (см. рис. 4.5, д) по формуле

$$n = n_k n_c - (n_k - 1),$$

где n — общее число рабочих органов на раме орудия; n_k — число стрелообразных секций на раме; n_c — число рабочих органов на каждой стрелообразной секции.

Минимальное число рабочих органов, работающих в сплошной среде, определяется по количеству стрелообразных секций на раме орудия (см. рис. 4.5, д).

Для двухрядной схемы с расположением рабочих органов в шахматном порядке минимальное число лап, работающих в сплошной среде, можно определить по формулам:

а) для орудия с нечетным числом рабочих органов

$$n_{сп} = \frac{n - 1}{n_p},$$

где $n_{сп}$ — число лап, работающих в сплошной среде; n_p — число поперечных рядов на раме орудия;

б) для орудия с четным числом рабочих органов

$$n_{сп} = \frac{n}{n_p}.$$

Для многорядной схемы с расположением рабочих органов в шахматном порядке минимальное число лап, работающих в сплошной среде, определяется по этой же формуле, в которой значение $n_{сп}$ после вычислений принимают за целое число.

Обоснование к определению высоты стойки рабочего органа чизельного орудия. Наряду с такими факторами, как ширина междуследия, ширина захвата рабочих органов, схема размещения их на раме, существенное значение для предупреждения забивания рабочих органов орудия почвой и растительными остатками имеет высота стойки рабочего органа H_c от опорной плоскости до нижней плоскости рамы (рис. 4.7). В процессе работы орудия надежная пропускная способность почвы и растительных остатков в пространстве между поверхностью вспушенной почвы и нижней плоскостью рамы осуществляется при $h_1 = 300$ мм, где h_1 — минимальная высота от нижней плоскости рамы до поверхности вспушенной почвы во время работы орудия. Исходя из этих соображений можно определить высоту стойки рабочего органа, при которой исключается забивание орудия почвой и растительными остатками

$$H_c = h_1 + h_2 + a, \quad (4.18)$$

где h_2 — максимальная высота вспушенного слоя почвы; a — заданная максимальная глубина обработки.

Как установлено исследованиями, при разной глубине рыхления почвы максимальная высота вспушенного слоя составляет приблизительно четвертую часть глубины обработки, то есть

$$h_2 = \frac{a}{4}. \quad (4.19)$$

Подставляя (4.19) в формулу (4.18), после преобразований получим

$$H_c = \frac{4h_1 + 5a}{4}, \quad (4.20)$$

где значение h_1 принимается равным 300 мм.

Согласно агротехническим требованиям чизельный плуг должен обеспечить максимальную глубину обработки почвы 45 см, а чизельный культиватор — 25 см. Пользуясь выражением (4.20), можно рассчитать высоту стоек этих орудий, которая для чизельного плуга составляет 860 мм, а для культиватора — 600 мм.

Выбор формы лобовой поверхности стойки рабочего органа. В процессе работы орудия стойки рабочих органов при неудачно выбранной лобовой поверхности часто обволакиваются растительными остатками. Стойки рабочих органов чизельных и других орудий работают всегда в разрыхленной почве, то есть после деформации пласта лапой. Работая в рыхлой среде, стойки даже с заостренной режущей кромкой не могут обеспечить перерезание растительных остатков из-за отсутствия противорежущего упора (твердого состояния почвы). Поэтому лобовая рабочая сторона стоек с необтекаемой формой может подвергаться обволакиванию мощными растительными остатками, способствуя общему забиванию рабочих органов, особенно на почвах повышенной влажности.

На рисунке 4.8 показаны профили поперечного сечения стоек рабочих органов с различной формой лобовой поверхности. Опыты показали, что неудовлетворительное скольжение растительных остатков вдоль стоек и сползание их в боковые стороны наблюдалось при работе стоек, имеющих клинообразную форму лобовой поверхности (см. рис. 4.8, а, б). Длинные растительные остатки, надломленные на острых углах, часто совершенно не сползают с лобовой поверхности и обволакивают стойки вместе с налипшей почвой. В результате нарушается технологический процесс работы орудия из-за полного забивания рабочих органов растительными остатками. Стойки рабочих органов с прямоугольной формой лобовой поверхности (см. рис. 4.8, в) не подвергаются обволакиванию растительными остатками при работе главным образом на сухих почвах и на полях с малым содержанием длинностебельных растительных

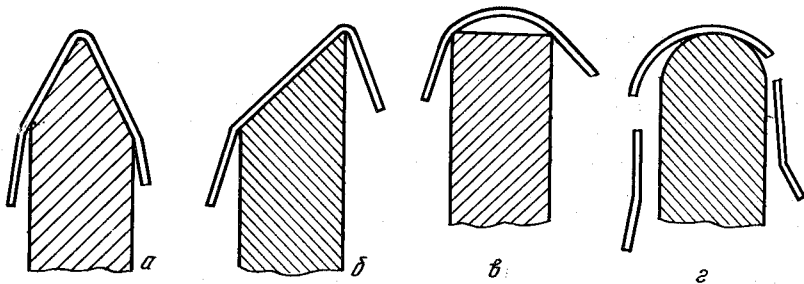


Рис. 4.8. Профили поперечного сечения стоек рабочих органов с различной формой лобовой поверхности:

а — клинообразная симметричная; б — клинообразная несимметричная; в — прямоугольная; з — полукруглая

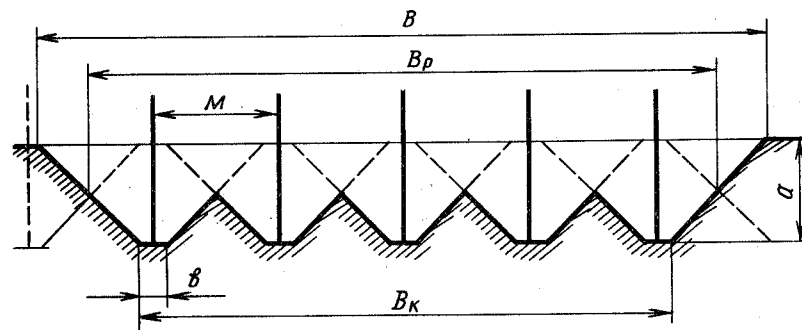


Рис. 4.9. Схема поперечного сечения борозды к обоснованию рабочей ширины захвата чизельного орудия

остатков. При работе на влажных почвах сползание длинностебельных растительных остатков со стоек резко снижается из-за надлома их на острых углах лобовой поверхности, в результате рабочие органы орудия периодически забиваются. Наиболее интенсивное сползание всех видов растительных остатков происходит при работе стоек с полукруглой формой лобовой поверхности (см. рис. 4.8, з). В этом случае растительные остатки в результате трения с почвой легко сползают с гладкой поверхности лобовой стороны стоек и рабочие органы не забиваются. В связи с этим стойки рабочих органов чизельных и других орудий целесообразно выполнять с полукруглой формой лобовой поверхности или закреплять на них специальные обтекатели подобной формы.

Конструкционная и рабочая ширина захвата орудия. Согласно чертежу (рис. 4.9) конструкционная ширина захвата чизельного орудия B_k определяется выражением

$$B_k = (n - 1)M + b, \quad (4.21)$$

где n — число чизельных лап.

Чизельные рабочие органы, установленные на определенную ширину междурядья, 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 от предыдущего прохода на расстоянии, равном ширине междурядья M . В связи с этим рабочая ширина захвата чизельного орудия всегда больше его конструкционной ширины захвата. На основании чертежа (см. рис. 4.9) рабочую ширину захвата чизельного орудия B_p , исходя из условий деформации почвы, можно определить по формуле

$$B_p = B_k + M - b. \quad (4.22)$$

Подставив в формулу (4.22) значение B_K из формулы (4.21), получим

$$B_p = nM. \quad (4.23)$$

Часто за рабочую ширину захвата чизельного орудия ошибочно принимают ширину взрыхленной полосы B на поверхности почвы (см. рис. 4.9), которую, исходя из условий деформации почвы, можно выразить зависимостью

$$B = B_K + 2a. \quad (4.24)$$

Ширина взрыхленной полосы на поверхности почвы, как видно из выражения (4.24), при постоянной конструкционной ширине захвата орудия возрастает с увеличением глубины обработки почвы.

На основе проведенного анализа и результатов изучения в поле чизельных орудий с различными схемами расстановки рабочих органов на раме можно сделать следующие выводы.

1. Однорядная и двухрядная схемы размещения рабочих органов на раме чизельных плугов и культиваторов для глубокой обработки почвы на стерневых агрофонах нецелесообразны в связи с забиванием их рабочих органов почвой и пожнивными остатками.

2. Стрелообразная многорядная и комбинированная схемы размещения рабочих органов целесообразны в основном для чизельных плугов с шириной междуследия не менее 400 мм.

3. Стрелообразная трехбрусная схема размещения рабочих органов целесообразна при создании широкозахватных чизельных плугов, имеющих большее число рабочих органов.

4. Трехрядная и многорядная схемы размещения рабочих органов целесообразны при разработке конструкций широкозахватных чизельных культиваторов, рабочие органы которых имеют большой набор сменных лап для выполнения различных технологических операций.

5. Чизельное орудие с расположением рабочих органов по стрелообразной схеме обеспечивает наименьшее тяговое сопротивление в сравнении с двухрядным, трехрядным и многорядным орудиями за счет сокращения числа рабочих органов, работающих в сплошной среде. При обработке почвы на глубину 40–45 см чизельный плуг со стрелообразной схемой расположения рабочих органов на раме в сравнении с трехбрусной обеспечил снижение затрат энергии на 10–12 %.

6. Упругие (пружинные) стойки рабочих органов чизельного культиватора по сравнению с жесткими за счет вибрации в работе обеспечивают лучшее самоочистление лап от нависших пожнивных остатков и налипшей почвы.

7. Чизельные рыхлительные лапы в отличие от других безотвальных рабочих органов за счет малой ширины захвата обеспечивают технологи-

ческий процесс работы без забивания рабочих органов на почвах различного механического состава по стерне и отвальным фонам при повышенной влажности до 30 %.

4.2. ЗАГЛУБЛЕНИЕ В ПОЧВУ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОРУДИЙ

Теоретические предпосылки к обоснованию заглубления рабочих органов. Заглубление в почву рабочих органов орудия происходит под действием его собственной массы. Применение принудительного заглубления в почву рабочих органов навесных орудий нежелательно, так как это приводит к их поломкам.

Сокращение длины пути заглубления рабочих органов в почву — важный фактор, определяющий качество обработанного поля, и имеет наиболее существенное значение при глубокой обработке.

Согласно своему назначению чизельные плуги работают на большую глубину, их рабочие органы движутся в уплотненной, слежавшейся почве. В таких условиях работы заглубление рабочих органов орудия более затруднительно, чем при обработке старопахотных почв на небольшую глубину.

Рассмотрим процесс заглубления в почву рабочих органов орудий.

Для случая, когда рабочие органы закреплены на шатуне обычного четырехзвенного механизма, Г. Н. Синеоков [17] предлагает следующую зависимость определения длины пути заглубления

$$S = actg \frac{\epsilon + \epsilon_0}{2}, \quad (4.25)$$

где S — длина пути заглубления рабочего органа в почву; a — глубина обработки; ϵ_0 и ϵ — угол зазора соответственно в начале и конце заглубления в почву рабочего органа.

Из формулы (4.25) следует, что длина пути S при заглублении рабочих органов в почву зависит лишь от глубины обработки и углов зазора ϵ_0 и ϵ . Однако экспериментальными исследованиями установлено, что длина пути заглубления S зависит не только от этих параметров, но и от ширины захвата рабочих органов, числа их на раме и массы орудия.

Проведем вывод формулы заглубления рабочих органов орудия в почву с учетом всех отмеченных параметров.

Пусть в процессе заглубления орудия в почву на глубину a рабочие органы перемещаются на величину S_1 по направлению действия силы G_1 (рис. 4.10), тогда произведение этой силы на перемещение будет выражать работу:

$$W = S_1 G_1, \quad (4.26)$$

где G_1 — составляющая силы тяжести орудия, Н; W — работа (Дж = Н · м).

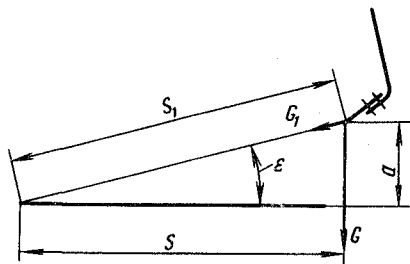
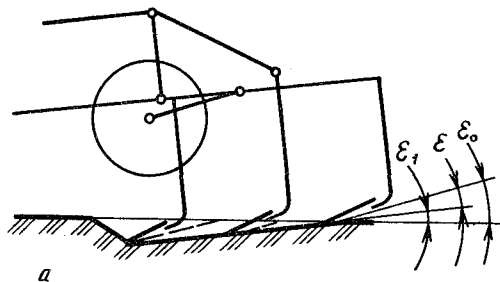


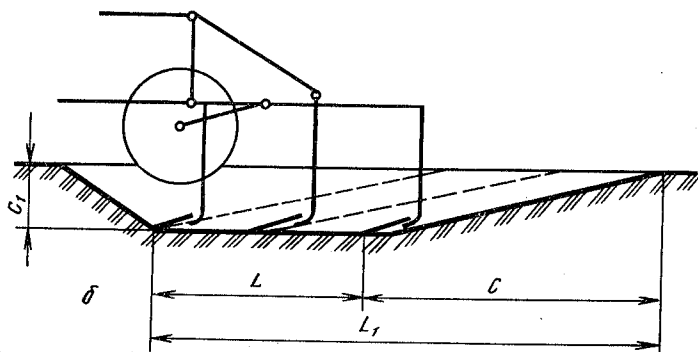
Рис. 4.10. Схема перемещения рабочего органа орудия

Рис. 4.11. Схема к определению длины пути заглабления рабочих органов в почву навесного орудия:

a – в начале заглабления; b – конечное положение



a



РРР

Сила G_1 определяется выражением

$$G_1 = G \cos(90^\circ - \epsilon) = G \sin \epsilon. \quad (4.27)$$

Подставляя значения (4.27) в формулу (4.26), получим

$$W = S_1 G \sin \epsilon = S_1 mg \sin \epsilon, \quad (4.28)$$

где G – сила тяжести орудия; H ; m – масса, кг; g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$; ϵ – угол траектории перемещения рабочих органов в процессе заглабления.

С другой стороны работу W можно представить выражением

$$W = k' abn, \quad (4.29)$$

где a – глубина обработки, м; b – ширина захвата рабочего органа, м; n – число рабочих органов; k' – коэффициент, выражающий затраты энергии, приходящиеся на единицу площади обрабатываемого пласта при заглаблении рабочих органов ($\text{Дж/м}^2 = \text{Н/м}$).

Выражения (4.28) и (4.29) адекватны, то есть

$$S_1 mg \sin \epsilon = k' abn.$$

Из этого уравнения значение S_1 можно выразить в следующем виде

$$S_1 = \frac{k' abn}{mg \sin \epsilon}. \quad (4.30)$$

Если орудие присоединено к трактору четырехзвенным параллелограммным механизмом, то угол ϵ в процессе заглабления рабочих органов сохраняет начальное значение, траектория движения рабочих органов в почве – прямая линия (рис. 4.11, a). Для этого случая длина пути заглабления рабочих органов будет (см. рис. 4.10)

$$S = S_1 \cos \epsilon. \quad (4.31)$$

Подставляя значение (4.30) в (4.31), после преобразований получим

$$S = \frac{k' abn \operatorname{ctg} \epsilon}{mg}. \quad (4.32)$$

Если орудие соединено с трактором при помощи обычного четырехзвенного механизма навески, у которого верхнее звено короче нижнего, траектория движения рабочих органов при заглаблении в почву – не прямая линия. В этом случае положение мгновенного центра вращения в процессе заглабления рабочих органов непрерывно изменяется, поэтому длину пути заглабления рабочих органов в почву можно определить лишь приближенно по формуле

$$S = \frac{k' abn \operatorname{ctg} \frac{\epsilon + \epsilon_0}{2}}{mg}, \quad (4.33)$$

где ϵ_0 и ϵ – углы зазора соответственно в начале и конце заглабления в почву рабочих органов орудия.

Значение ϵ_0 определяется выражением (рис. 4.11, a)

$$\epsilon_0 = \epsilon + \epsilon_1,$$

где ϵ_1 – угол вхождения в почву рабочего органа.

Длина пути для полного заглабления рабочих органов орудия в почву показана на рис. 4.11, b .

Угол зазора ϵ стрельчатых и рыхлительных лап чизельных орудий определяется наклоном к горизонту прямой, проведенной через носок лапы и конец нижнего обреза стойки рабочего органа (рис. 4.12, a).

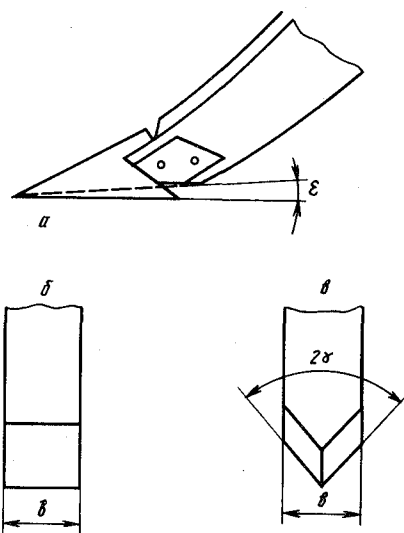


Рис. 4.12. Рабочие органы чизельного орудия:

a – стрельчатая лапа; *б* – рыхлительная долотообразная лапа; *в* – рыхлительная лапа с клинообразным носком

Из формулы (4.33) следует, что при постоянных значениях углов зазора ϵ и ϵ_0 длина пути заглубления рабочих органов в почву возрастает с увеличением глубины обработки, ширины захвата рабочих органов, числа их на раме и снижается с ростом массы орудия.

Результаты экспериментальных исследований заглубления рабочих органов. Исследования проводили на черноземах, тяжелых по механическому составу, при твердости 2,4 МПа и средней влажности 15 %, фон – стерня ячменя.

При определении длины пути заглубления рабочих органов навесного чизельного плуга исследованию подвергались экспериментальные долотообразные рыхлительные лапы шириной захвата, равной 0,50; 0,70; 0,10 м (лезвие режущей кромки перпендикулярно направлению движения, см. рис. 4.12, б), а также рыхлительные лапы захватом 70 мм с клинообразным носком (лезвия режущих кромок составляют с направлением движения угол $2\gamma = 86^\circ$, см. рис. 4.12, в) и стрельчатые лапы захватом 0,27 м (см. рис. 4.12, а). Кроме того, для сравнения определяли длину пути заглубления рабочих органов навесного плоскореза-глубокорыхлителя ПГ-3-5 и отвального плуга ПЛН-8-35.

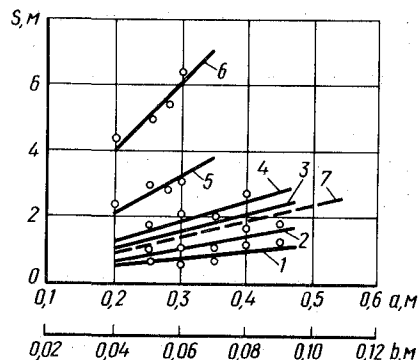


Рис. 4.13. Зависимость длины пути заглубления рабочих органов орудий от глубины обработки почвы:

1, 2, 3 – чизельного плуга ПЧ-4,5 с рыхлительными лапами захватом соответственно 0,05; 0,07; 0,10 м; 4 – то же со стрельчатыми лапами захватом 0,27 м; 5 – плуга ПЛН-8-35 с отвальными корпусами; 6 – плоскореза-глубокорыхлителя ПГ-3-5 с широкозахватными лапами; 7 – зависимость длины пути заглубления чизельного плуга ПЧ-4,5 от ширины захвата рыхлительных лап

Длину пути заглубления рабочих органов S определяли по последнему рабочему органу орудия путем фиксирования начального и конечного положения. При установке орудия в начальное положение стремились сохранить одинаковый угол зазора ϵ во всех вариантах применения рабочих органов. Общую длину пути орудия L_1 (см. рис. 4.11, б) измеряли после полного заглубления всех рабочих органов, а затем определяли длину пути заглубления заднего рабочего органа:

$$S = L_1 - L,$$

где L – расстояние между носками переднего и заднего рабочих органов.

Основные параметры рабочих органов сравниваемых орудий, влияющие на процесс заглубления, представлены в таблице 4.3.

4.3. Основные параметры для расчета длины пути заглубления в почву орудий

Орудие	m , кг	b , м	ϵ , град	ϵ_1 , град	ϵ_0 , град	k' , Дж/м ²
Плуг чизельный ПЧ-4,5:						
с рыхлительными долотообразными лапами	1700	0,05–0,125	6	6	12	$15 \cdot 10^3$
с рыхлительными лапами (клинообразным носком)		0,05–0,125	6	6	12	$11 \cdot 10^3$
со стрельчатыми лапами		0,130–0,190	5	6	11	$8 \cdot 10^3$
то же		0,200–0,350	5	6	11	$6 \cdot 10^3$
Плоскореза-глубокорыхлитель ПГ-3-5 с плоскорежущими стрельчатыми лапами	1800	1,1	5	6	11	$91 \cdot 10^2$
Плуг лемешный ПЛН-8-35 с отвальными корпусами	1765	0,35	4	6	10	$86 \cdot 10^2$

При исследовании влияния разных значений массы орудия на заглубление рабочих органов был использован чизельный плуг ПЧ-4,5 с рыхлительными и стрельчатыми лапами, число рабочих органов 7, глубина обработки почвы 40 см. Массу орудия увеличивали, добавляя на его раму балластный груз.

Результаты исследования влияния массы орудия на заглубление рабочих органов приведены в таблице 4.4.

С увеличением массы орудия от 1400 до 2000 кг длина пути заглубления рабочих органов с долотообразными и стрельчатыми лапами, как видно из таблицы 4.4, сократилась в 1,57–1,65 раза. Расчетные

4.4. Длина пути заглубления рабочих органов чизельного плуга при различных значениях его массы

Орудие	b, м	m, кг	S, м	
			расчетное	опытное
Плуг чизельный				
с рыхлительными долотообразными лапами	0,07	1400	1,353	1,47
то же	0,07	1800	1,100	1,23
то же	0,07	2200	0,861	0,89
с рыхлительными лапами (клинообразным носком)	0,07	1400	0,992	1,12
то же	0,07	1800	0,772	0,95
то же	0,07	2200	0,631	0,71
со стрелчатými лапами	0,27	1400	2,352	2,29
то же	0,27	1800	1,830	1,92
”	0,27	2200	1,497	1,45

значения S , вычисленные по формуле (4.33), хорошо согласуются с опытными данными.

Длина пути заглубления S лап с клинообразным носком на 24 и 51,1 % меньше, чем лап долотообразных и стрелчатых соответственно.

Экспериментальные исследования показали, что длина пути заглубления S возрастает не только с увеличением глубины обработки и массы орудия, но и с увеличением ширины захвата рабочих органов b .

Зависимость длины пути заглубления чизельного плуга (прямая 7) от ширины захвата рыхлительных лап при глубине обработки почвы 45 см показана на графике (рис. 4.13). С увеличением ширины захвата рыхлительных лап от 0,05 до 0,10 м длина пути заглубления их в почву возросла почти в 2 раза.

Длина пути заглубления рабочих органов чизельного плуга в зависимости от глубины обработки возрастает тем интенсивнее, чем больше ширина их захвата (см. рис. 4.13). Рыхлительные лапы с клинообразным носком обеспечили снижение пути заглубления в почву на 20–25 % в сравнении с долотообразными лапами равной ширины захвата (0,07 м), а в сравнении со стрелчатыми лапами захватом 0,27 м – на 42,3 %.

Заглубление в почву рыхлительных лап в сравнении со стрелчатыми облегчается тем, что они имеют небольшую опорную поверхность, поэтому удельное давление от массы орудия больше сопротивления почвы смятию. В результате по мере погружения лап в почву, при их движении вперед возрастает давление почвы на рабочую поверхность, это позволяет преодолевать возрастающее сопротивление почвы, и лапы углубляются до установленного предела [15].

Однако рыхлительные лапы с клинообразным носком целесообразно применять лишь на чизельных культиваторах, работающих на глубину не более 25 см. На чизельных плугах, работающих на глубину до 45 см и более, применять рыхлительные лапы с клинообразным носком не-

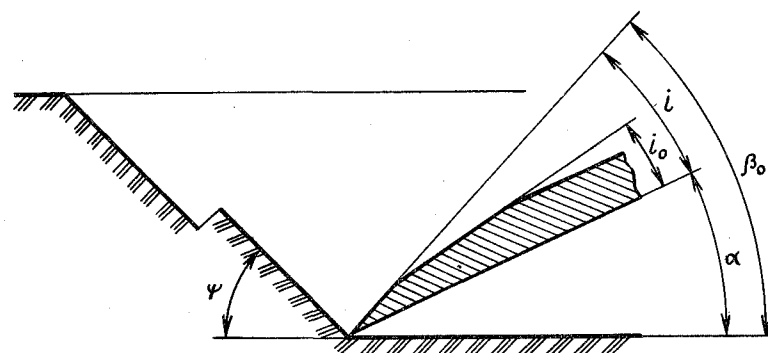


Рис. 4.14. Заточка режущей кромки рыхлительной лапы чизельного плуга-глубокорыхлителя

целесообразно из-за недостаточной прочности носков и быстрого износа их на переуплотненных почвах.

Из сравниваемых орудий, имеющих приблизительно одинаковую массу, наибольшая длина пути заглубления рабочих органов была при работе плоскореза-глубокорыхлителя ПГ-3-5 с широкозахватными лапами и лемешного плуга ПЛН-8-35 с отвальными корпусами (см. рис. 4.13), что объясняется большой шириной захвата их рабочих органов.

При обработке почвы на одинаковую глубину 27–30 см чизельный плуг ПЧ-4,5, оборудованный долотообразными рыхлительными лапами захватом 0,07 м, обеспечил снижение длины пути заглубления рабочих органов в сравнении с плоскорезом-глубокорыхлителем ПГ-3-5 и лемешным плугом ПЛН-8-35 соответственно в 5 и 2,8 раза.

Следует отметить, что на заглубление рабочих органов чизельных орудий в почву существенно влияет угол крошения α и угол резания β_0 рыхлительных лап (рис. 4.14). При этом за критерий заглубляемости рабочих органов в почву может быть принята величина угла ψ , характеризующая наклон плоскости скалывания пласта впереди лезвия.

Чем больше угол ψ , тем выше заглубляемость рабочих органов [17].

В существующих конструкциях чизельных орудий предусмотрена верхняя заточка рыхлительных лап с целью обеспечения прочности лезвия и устойчивости хода по глубине.

Величину угла ψ при работе долотообразных рыхлительных лап можно определить по известной формуле [3]:

$$\psi = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}, \quad (4.34)$$

где α – угол крошения лапы; φ – угол трения почвы по стали; ρ – угол внутреннего трения.

Из выражения (4.34) следует, что величина угла ψ возрастает с уменьшением угла α , а следовательно, улучшаются условия заглабления рабочих органов.

Исходя из требуемого качества рыхления почвы и снижения тягового сопротивления чизельного орудия, угол крошения α должен быть в пределах 25–30°.

Обычно рыхлительные лапы чизельных орудий, рассчитанные для обработки почвы на глубину более 30 см, с целью обеспечения надежной прочности лезвия и устойчивого хода по глубине, имеют комбинированную заточку режущей кромки (см. рис. 4.14). В этом случае на лапах значительной толщины (более 12 мм) образуют фаску под углом $i = 20 - 22^\circ$, заглубляющую способность лап определяют главным образом углом резания β_0 .

Если выразить угол крошения α через угол резания β_0 формула (4.34) примет вид:

$$\psi = 90^\circ - \frac{\beta_0 - i + \varphi + \rho}{2}, \quad (4.35)$$

где i – угол заострения лезвия.

С уменьшением угла β_0 и увеличением угла i величина угла ψ , как видно из выражения (4.35), возрастает. Следовательно, для обеспечения хорошей заглубляемости рабочих органов целесообразно выбирать малые значения угла β_0 , если при этом качество рыхления почвы соответствует предъявляемым требованиям.

В наших опытах лучшие результаты по качеству работы и удовлетворительное заглубление орудия в почву при обработке на глубину 30–45 см обеспечили рыхлительные лапы с углом резания $\beta_0 = 47-52^\circ$ и углом заострения $i = 20-22^\circ$. При этом значение угла ψ при работе чизеля на черноземах по стерне пшеницы составило 42–45°, среднее значение углов φ и ρ соответственно равно 25 и 40°.

4.3. ЧИЗЕЛЬНЫЕ КУЛЬТИВАТОРЫ

Чизельные культиваторы являются переходными орудиями от традиционных полевых культиваторов для поверхностной обработки почвы к чизельным плугам.

Культиваторы для поверхностной обработки с полольными лапами, работающие на глубину 6–12 см, в отличие от чизельных обычно называют полевыми или паровыми. Чизельные культиваторы оснащают набором сменных лап для обработки почвы на глубину 8–25 см. В отличие от культиваторов для поверхностной обработки стойки рабочих органов чизельных культиваторов усиливают по прочности, и они могут быть жесткими и упругими (пружинными).

Последние имеют пониженное тяговое сопротивление, способствуют предупреждению забивания рабочих органов почвой и растительными

остатками, и в определенной мере копированию микрорельефа поля. Обычно рабочие органы чизельных культиваторов общего назначения расстановливают на раме по трехрядной схеме с шириной междурядия 230–250 мм.

Характерной особенностью чизельных культиваторов является то, что они имеют многоцелевое назначение и могут работать на тяжелых почвах повышенной влажности и твердости, на стерне различных культур и по отвальной вспашке, а при оснащении их рыхлительными лапами частично заменяют орудия основной обработки почвы на глубину до 25 см. Кроме того, чизельные культиваторы с рабочими органами на упругих стойках могут работать и на почвах, засоренных камнями.

Рабочие органы чизельных культиваторов. Работу по созданию и исследованию чизельных культиваторов проводили совместно с НПО ВИСХОМ, ЦНИИМЭСХ, НПО "Казсельхозмеханизация" и ГСКБ РПО "Красный Аксай".

В соответствии с агротехническими требованиями чизельные культиваторы общего назначения должны снабжаться набором сменных лап, выполняющих следующие основные технологические процессы:

лапы рыхлительные оборотные захватом 65 мм для рыхления почвы на глубину до 25 см;

лапы отвально-рыхлительные оборотные захватом 75 мм для рыхления почвы на глубину 10–15 см с целью лущения стерни, заделывания (перемещения с почвой) пожнивных остатков и минеральных удобрений, разбросанных на поверхности;

лапы стрельчатые полольные захватом 270 мм для рыхления почвы и подрезания сорной растительности на глубину 8–12 см;

узкорыхлительные лапы с шириной режущей кромки лезвия 10 мм для рыхления и разделки дернины возделываемых трав перед вспашкой на глубину 8–10 см.

Рыхлительные и полольные лапы выполнены на базе стандартных лап. Для обоснования параметров отвально-рыхлительных лап проведены полевые экспериментальные исследования.

Обычно чизельные культиваторы часто применяют на различных фонах для обработки уплотненных почв и на значительную глубину, что сопровождается повышением тягового сопротивления этих орудий в процессе работы. Поэтому в процессе исследований культиваторов большое внимание уделяли изысканию научно обоснованных параметров рабочих органов, обеспечивающих требуемое качество работы с минимальными затратами энергии.

Обоснование параметров отвально-рыхлительных лап. Оборотные отвально-рыхлительные лапы, выполненные в виде скрутки (рис. 4.15, а), имеют полувинтовую поверхность, концы которой заостряют стрелообразно с углом раствора $2\gamma = 84-90^\circ$. Концы лап длиной $l_2 = 70-80$ мм имеют плоскую поверхность (см. рис. 4.15, б). В рабочем положении

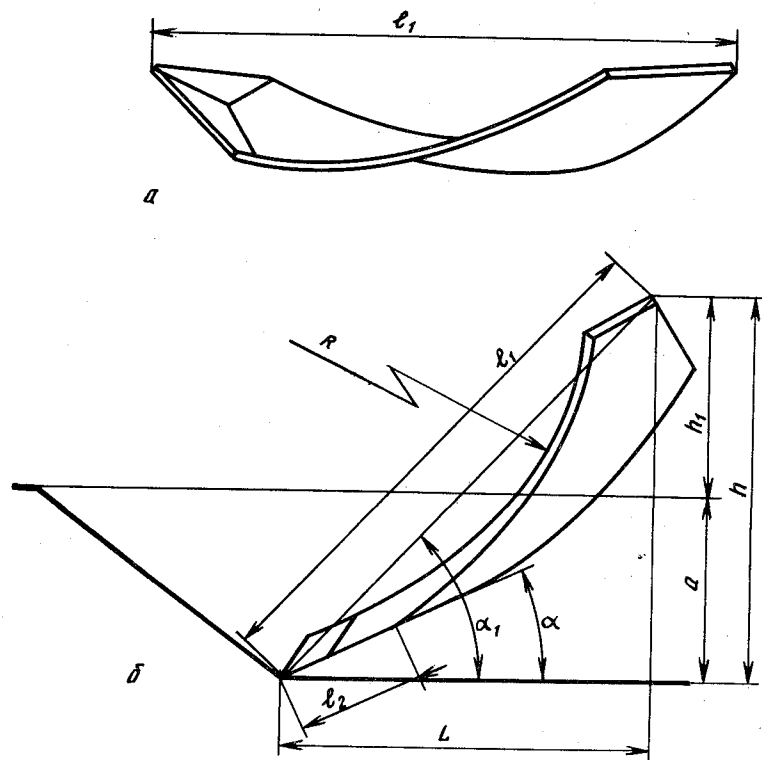


Рис. 4.15. Обратная отвально-рыхлительная лапа культиватора:
 а – общий вид лапы сбоку; б – схема рабочего положения лапы в почве

угол установки лап к дну борозды, исходя из необходимости снижения тягового сопротивления, принимают равным $\alpha = 20-25^\circ$.

С целью снижения тягового сопротивления ширину захвата отвально-рыхлительных лап выбирают, исходя из условий $b < a$, где b – ширина захвата лапы, a – глубина обработки почвы.

Отвально-рыхлительные лапы, имеющие малую ширину захвата, в процессе работы не обеспечивают полный оборот обрабатываемого слоя и осуществляют только частичное перемешивание почвы с пожнивными остатками или органическими удобрениями, внесенными на поверхность до обработки. Степень перемешивания почвы зависит от технологических и конструктивных параметров лапы (ширины захвата, глубины обработки, соотношения размеров рыхлительной и оборачивающей части, параметров скручивания рабочей поверхности, скорости движения).

При работе отвально-рыхлительной лапы интенсивность перемешивания почвы можно характеризовать исходя из соотношения ширины захвата лапы и глубины обработки, то есть

$$K = \frac{b}{a}, \quad (4.36)$$

где K – безразмерный коэффициент, характеризующий степень перемешивания почвы.

Как видно из графика (рис. 4.16), коэффициент K возрастает с увеличением ширины захвата лап и уменьшением глубины обработки почвы. Однако с увеличением ширины захвата лап резко возрастает тяговое сопротивление орудия. В соответствии с агротехническими требованиями чизельный культиватор, оборудованный отвально-рыхлительными лапами, должен работать на максимальную глубину 15 см. Для обработки почвы на эту глубину целесообразно выбрать такую ширину захвата лап, при которой обеспечивается достаточное перемешивание почвы и заделка минеральных удобрений с минимальными затратами энергии.

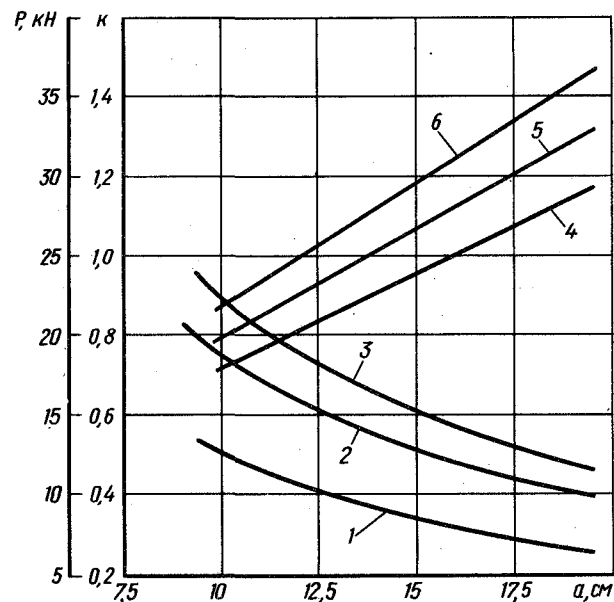


Рис. 4.16. Зависимость коэффициента K и тягового сопротивления культиватора с отвально-рыхлительными лапами от глубины обработки почвы:

1, 2, 3 – коэффициент K при ширине захвата лап соответственно 50, 75, 90 мм;
 4, 5, 6 – тяговое сопротивление с лапами шириной захвата соответственно 50, 75, 90 мм

Как показали экспериментальные исследования, эти требования выполняются при значении коэффициента $K = 0,5$. Тогда ширину захвата отвально-рыхлительной лапы для обработки почвы на глубину до 15 см можно определить на основании выражения (4.36)

$$b = Ka = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ см.}$$

Исходя из этого, такая ширина захвата отвально-рыхлительных лап предусмотрена в агротехнических требованиях, предъявляемых к чизельным культиваторам общего назначения, и для обработки почвы при возделывании риса.

Оптимальное значение коэффициента K при $b = 75$ мм определяли опытным путем по степени заделки в почву мелиорантов (измельченная известь), разбросанных на поверхности:

$$P_0 = \frac{S_1 - S_2}{S_1} 100, \quad (4.37)$$

где P_0 – процент заделанных в почву мелиорантов; S_1 – площадь участка почвы, на поверхность которой внесены мелиоранты до прохода агрегата, m^2 ; S_2 – площадь участка с незаделанными в почву мелиорантами после прохода агрегата, m^2 .

Исследования показали, что ширина полосы перемешивания почвы A_{Π} в процессе работы лап культиватора (рис. 4.17) соответствует ширине полосы распространения деформации почвы на поверхности при воздействии рабочих органов [18] и определяется по формуле

$$A_{\Pi} = 2a + b. \quad (4.38)$$

Формула (4.38) показывает, что ширина полосы перемешивания почвы возрастает с увеличением глубины обработки почвы и ширины захвата лап.

Для полной заделки в почву мелиорантов необходимо условие, чтобы ширина полосы перемешивания почвы на поверхности (см. рис. 4.17) была равна или больше ширины междуследия рабочих органов, то есть

$$A_{\Pi} \geq M,$$

где M – ширина междуследия рабочих органов.

При $A_{\Pi} > M$ перемешивание почвы с мелиорантами осуществляется более интенсивно за счет перекрытия C_{Π} :

$$C_{\Pi} = A_{\Pi} - M. \quad (4.39)$$

Если $A_{\Pi} < M$, то незаделанные в почву мелиоранты могут располагаться узкими полосами между смежными рабочими органами. Рабочие органы чизельных культиваторов с трехрядной схемой расположения на раме обычно устанавливают с шириной междуследия $M = 230 - 235$ мм. Тогда ширина полосы перемешивания почвы на поверхности на основании выражения (4.38) при ширине захвата лап $b = 7,5$ см будет составлять

$$A_{\Pi} = 2a + b = 2 \cdot 15 + 7,5 = 37,5 \text{ см.}$$

При этом перемешивание почвы будет осуществляться с перекрытием (см. рис. 4.17):

$$C_{\Pi} = A_{\Pi} - M = 37,5 - 23,5 = 14 \text{ см.}$$

Результаты заделывания в почву мелиорантов при различной ширине захвата лап и глубине обработки почвы представлены в таблице 4.5.

4.5. Заделка в почву мелиорантов (%) при различной ширине захвата отвально-рыхлительных лап и глубине обработки

$b = 9,0 \text{ см}$			$b = 7,5 \text{ см}$			$b = 5,0 \text{ см}$		
$a, \text{ см}$	K	%	$a, \text{ см}$	K	%	$a, \text{ см}$	K	%
10	0,90	100	10	0,75	100	10	0,50	100
12	0,75	100	12	0,625	100	12	0,42	90
15	0,60	100	15	0,50	100	15	0,33	70
18	0,50	100	18	0,42	80	18	0,28	60
20	0,45	85	20	0,38	70	20	0,25	50

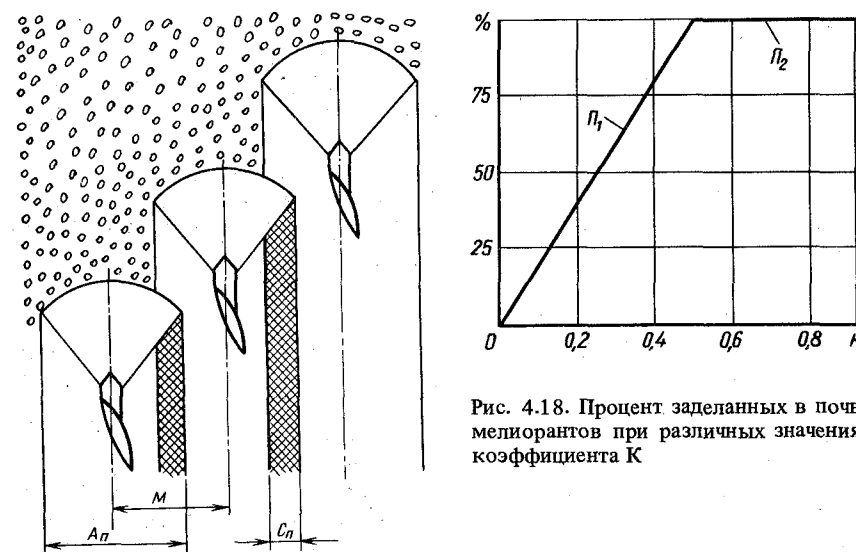


Рис. 4.17. Схема к обоснованию заделки мелиорантов в почву при работе культиватора с отвально-рыхлительными лапами

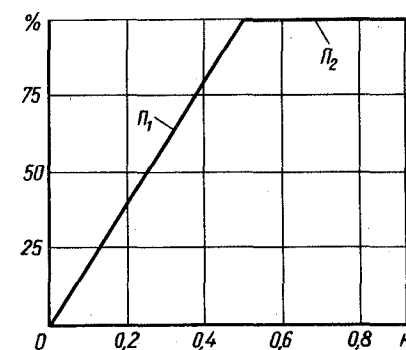


Рис. 4.18. Процент заделанных в почву мелиорантов при различных значениях коэффициента K

Из графика (рис. 4.18) видно, что процент заделывания в почву мелиорантов (прямая Π_1) лапами захватом $b = 7,5$ см возрастает с увеличением коэффициента K в следующей зависимости

$$\Pi_1 = \frac{100}{0,5} K \quad (4.40)$$

и достигает 100 % при $K \geq 0,5$ и $a \leq 15$ см (прямая Π_2), что послужило основанием принять ширину захвата отвально-рыхлительной лапы $b = 7,5$ см.

Исследованиями установлено, что интенсивность перемешивания почвы существенно зависит от следующего соотношения (см. рис. 4.15, б)

$$k' = \frac{h_1}{a}, \quad (4.41)$$

где k' – безразмерный коэффициент; h_1 – высота подъема оборачивающей части лапы над поверхностью почвы; a – максимальная глубина обработки почвы культиватором с отвально-рыхлительными лапами.

На основании чертежа (см. рис. 4.15, б) можно написать, что

$$h = a + h_1, \quad (4.42)$$

где h – рациональная высота лапы в рабочем положении.

Подставляя значение h_1 из формулы (4.41) в выражение (4.42) после преобразования, получим

$$h = (1 + k') a. \quad (4.43)$$

При работе на скоростях 6–10 км/ч и глубине обработки почвы 10–15 см удовлетворительное перемешивание почвы получено при $h_1 = 19,5$ см. Тогда, пользуясь выражением (4.41), можно определить значение коэффициента k' для данного диапазона скоростей работы агрегата

$$k' = \frac{19,5}{15} = 1,3.$$

Если $h_1 > 19,5$ см, то верхняя часть лапы не участвует в технологическом процессе, так как взрыхленная часть почвы, поднимаемая лапой, сходит с ее поверхности, не доходя до верхнего конца. В этом случае излишняя длина лапы будет бесполезной.

Если $h_1 < 19,5$ см, то лапа, поднимая взрыхленную часть почвы, не выполняет до конца технологический процесс. Почва сходит с ее поверхности преждевременно, что приводит к снижению качества ее крошения и перемешивания.

На основании чертежа (рис. 4.15, б) длина отвально-рыхлительной лапы будет

$$l_1 = \frac{h}{\sin \alpha_1}. \quad (4.44)$$

Подставляя значение h из формулы (4.43) в формулу (4.44), получим

$$l_1 = \frac{(1 + k') a}{\sin \alpha_1}, \quad (4.45)$$

где l_1 – длина лапы; α_1 – угол подъема лапы в рабочем положении, определяемый из выражения

$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{h}{L} \right), \quad (4.46)$$

где L – величина проекции длины лапы в рабочем положении.

Угол α_1 , характеризующий подъем лапы относительно дна борозды, существенно влияет на рыхление почвы. Наиболее интенсивное рыхление, а следовательно, и перемешивание почвы наблюдалось при $\alpha_1 = 45^\circ$, то есть при соотношении $\frac{h}{L} = 1$.

Радиус R принимают, исходя из конструктивных соображений лапы и радиуса кривизны стойки в месте крепления лапы.

Тяговое сопротивление чизельного культиватора. Тяговое сопротивление чизельного культиватора с рыхлительными лапами можно выразить уравнением

$$P = fmg + (K + \epsilon v^2) F, \quad (4.47)$$

$$\text{где } F = aB_k - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2. \quad (4.48)$$

После преобразований формула (4.47) будет иметь вид

$$P = fmg + (K + \epsilon v^2) \left(aB_k - \frac{1}{4} (n - 1) (M - b)^2 \right), \quad (4.49)$$

где P – тяговое сопротивление, Н; m – масса орудия, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; f – коэффициент сопротивления передвижению орудия в борозде; K – коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации, Н/м²; ϵ – коэффициент, зависящий от формы рабочей поверхности лап и свойств почвы, Н·с²/м⁴; v – скорость движения орудия, м/с; B_k – конструктивная ширина захвата орудия, м; a – глубина обработки почвы, м; n – число рабочих органов на раме орудия; M – ширина междурядия рабочих органов, м; F – площадь сечения взрыхленной (деформированной) части пласта, образованной в процессе резания почвы с отделением стружки, м².

Значения коэффициентов f , K , ϵ представлены в таблице 4.6

4.6. Средние значения коэффициентов f , K , ϵ при работе чизельных культиваторов на разных типах почвы

Тип почвы и фон	f	K , Н/м ²	ϵ , Н·с ² /м ⁴
Легкие, по фону отвальной и безотвальной вспашки	0,4	$16 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$
Средние, по стерне сельскохозяйственных культур	0,4	$20 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$
Тяжелые, по стерне сельскохозяйственных культур	0,4	$26 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$

Из выражения (4.47) удельное сопротивление чизельного культиватора в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта будет равно

$$K_y = \frac{P}{F} = \frac{fmg}{F} + K + \epsilon v^2, \quad (4.50)$$

где K_y – удельное сопротивление чизельного культиватора с рыхлительными лапами.

Подставляя значение F из формулы (4.48) в выражение (4.50), получим

$$K_y = \frac{P}{aB_K - \frac{1}{4}(n-1)(M-b)^2} = \frac{fmg}{aB_K - \frac{1}{4}(n-1)(M-b)^2} + K + \epsilon v^2. \quad (4.51)$$

В таблице 4.7 приведены опытные и расчетные значения тягового и удельного сопротивления чизельного культиватора, а также расчетные значения площади взрыхленной части пласта при различной глубине обработки почвы. По этим данным построен график зависимости тягового и удельного сопротивления культиватора от площади сечения взрыхленной части пласта (рис. 4.19).

4.7. Тяговое и удельное сопротивление чизельного культиватора с рыхлительными лапами по стерне озимой пшеницы ($B_K = 5,47$ м, $b = 0,065$ м, $n = 24$, $M = 0,235$ м, $m = 1350$ кг, $v = 2,3$ м/с)

a , м	F , м ²	P , кН		K_y , кН/м ²	
		расчетное	опытное	расчетный	опытный
0,10	0,381	16,137	16,750	42,354	43,963
0,15	0,655	23,936	22,700	36,544	34,656
0,20	0,928	31,707	31,630	34,167	34,084
0,25	1,202	39,505	38,250	32,866	31,875

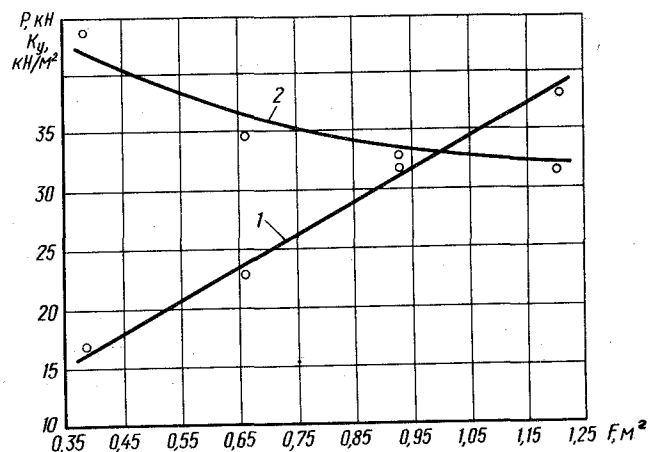


Рис. 4.19. Тяговое и удельное сопротивление чизельного культиватора в зависимости от площади сечения взрыхленной части пласта:

1 – тяговое сопротивление; 2 – удельное сопротивление

Тяговое сопротивление культиватора, как видно из графика (см. рис. 4.19), возрастает пропорционально площади сечения взрыхленной части пласта, а удельное сопротивление изменяется по закону гиперболы.

Как видно из таблицы 4.7, расчетные значения тягового и удельного сопротивления чизельного культиватора близки к опытным, разница расчетных и опытных значений не превышала 3%.

ГЛАВА 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ

5.1. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Показатели оценки работы чизельных орудий определяли с целью уточнения агротехнических требований и изучения агротехнической целесообразности использования чизельных орудий на обработке почвы в сравнении с традиционными почвообрабатывающими орудиями, применяемыми по зональной технологии при возделывании сельскохозяйственных культур.

При агротехнической оценке качества работы чизельных орудий определяли следующие показатели:

крошение почвы;
 степень сохранения стерни на поверхности почвы;
 наличие эрозионно-опасных фракций почвы в верхнем слое;
 глубину обработки почвы;
 отклонение средней глубины обработки почвы от заданной;
 толщину взрыхленного верхнего слоя почвы;
 глубину борозд на поверхности обработанного поля;
 высоту гребней над дном борозды обработанного слоя почвы;
 глыбистость поверхности почвы.

Такие показатели качества работы чизельных плугов, как глыбистость поверхности, крошение почвы, степень сохранения стерни, наличие эрозионно-опасных фракций определяли в соответствии с требованиями ОСТ 70.4.1-80 "Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Программа и методы испытаний". При изучении чизельных культиваторов показатели качества работы определяли по ОСТ 70.4.2-80 "Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки. Программа и методы испытаний".

С учетом особенностей работы чизельных орудий для проведения агротехнической оценки дополнительно к ОСТ 70.4.1-80 и ОСТ 70.4.2-80 были разработаны методы определения отдельных показателей, не предусмотренных стандартом (глубину обработки, толщину взрыхленного слоя почвы, глубину борозд на поверхности обработанного поля, высоту гребней над дном обработанного слоя почвы).

Приводим методы определения этих показателей.

Глубину обработки почвы определяли без учета вспушенности. Для этого после прохода орудия на поверхности почвы клали горизонтально рейку на всю ширину захвата перпендикулярно направлению движения агрегата с таким расчетом, чтобы конец ее опирался на необработанный участок поля. Глубину обработки измеряли по следу прохода каждого рабочего органа путем погружения линейки (щупа) до необработанного слоя почвы. Расстояние от нижней плоскости рейки до точки опоры линейки составляет глубину обработки почвы без учета вспушенности. При неглубоком чизелевании глубину обработки почвы определяли методом профилирования.

Высоту гребней над дном борозды в обработанном слое почвы определяли при поперечном профилировании. Для этого на поверхности обнаженных гребней клали горизонтальную рейку (линейку) перпендикулярно движению агрегата и измеряли расстояние от нижней точки борозды между гребнями до нижней грани рейки. Измерения производили по каждому гребню на всю ширину захвата орудия с точностью 0,5 см. Повторность замеров высоты гребней соответствовала повторности взятых поперечных профилей дна борозды. Результаты замеров вносили в соответствующую ведомость. Высоту гребней подсчитывали как среднее арифметическое из всех измерений.

Толщину взрыхленного верхнего слоя почвы (Т) определяли при максимальной глубине обработки по формуле

$$T = a - H,$$

где a — средняя глубина обработки почвы, см; H — средняя высота гребней над дном обработанного слоя почвы, определяемая при поперечном профилировании дна борозды, см.

Повторность измерений взрыхленного верхнего слоя почвы соответствовала повторности взятых поперечных профилей дна борозды.

Глубину борозд на поверхности обработанного поля определяли по следу прохода всех рабочих органов орудия. Для этого на поверхности почвы клали рейку на всю ширину захвата орудия и измеряли линейкой расстояние от нижней точки борозды до нижней грани рейки с точностью до 0,5 см. Число повторностей не менее десяти. Результаты замеров заносили в соответствующую ведомость и подсчитывали среднее значение глубины борозд.

5.2. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Качество работы чизельных орудий определяли на полях СКФ ВИМа и опытного хозяйства КНИИСХ по стерне озимой пшеницы. Участки, на которых проводили опыты, были засорены ширицей, полевым вьюнком, лебедой и другими сорными растениями, среднее количество их 10 шт/м², средняя высота 12 см. На 1 м² было в среднем 160, высота стерни 20 см. Микрорельеф поля средневыровненный, глубина борозд не превышала 4 см. Влажность и твердость почвы приведены в таблице 5.1.

5.1. Влажность и твердость почвы

Слой почвы, см	Влажность, %	Твердость, МПа	Слой почвы, см	Влажность, %	Твердость, МПа
0-5	10,85	0,92	20-25	19,40	3,12
5-10	12,65	2,34	25-30	20,15	3,23
10-15	14,85	2,53	30-40	22,44	3,61
15-20	17,52	2,76			

Почва — предкавказский чернозем, тяжелая по механическому составу. Чизельный плуг агрегатировался с трактором К-701, а чизельный культиватор — с трактором Т-150К.

5.3. КРОШЕНИЕ ПОЧВЫ

Крошение почвы чизельными орудиями, как видно из таблицы 5.2, существенно зависит от ширины междурядия рабочих органов. Чем она меньше, тем выше степень крошения почвы. Так, при обработке

5.2. Крошение почвы чизельными орудиями на стерне пшеницы в зависимости от ширины междуследия рабочих органов, %

Орудие	Скорость движения, м/с	Глубина рыхления, см	Ширина междуследия, мм	Фракция почвы, см				
				более 25	15-25	10-15	5-10	менее 5
Чизельный плуг ПЧ-4,5 с приспособлением ПСТ-4,5	1,8	39,9	300	8,4	4,5	6,5	12,0	68,6
	1,8	40,0	400	7,6	5,9	8,0	11,1	67,4
	1,8	39,8	500	8,5	7,1	8,5	11,4	64,5
То же без приспособления	1,8	40,2	300	11,6	5,4	7,2	10,4	65,4
	1,8	40,4	400	10,8	6,2	11,2	8,6	63,2
	1,8	39,8	500	12,3	8,3	10,5	7,5	61,4
Чизельный культиватор КЧП-5,4	1,9	17,3	235	-	3,2	3,8	18,9	74,1
	1,9	17,0	300	-	7,3	5,1	15,4	72,2

883

почвы (стерня пшеницы) чизельным плугом (без приспособления и с приспособлением) на глубину около 40 см с междуследием рабочих органов 300 мм комков почвы (фракций) размером менее 5 см было на 4 % больше, чем при обработке с междуследием 500 мм. Изменение ширины междуследия рабочих органов аналогично влияло на крошение почвы и при работе чизельного культиватора. Таким образом, для повышения качества крошения почвы целесообразно уменьшать ширину междуследия рабочих органов чизельных орудий.

Однако значительное уменьшение ширины междуследия приводит к забиванию рабочих органов почвой, повышению тягового сопротивления и снижению производительности труда при чизелевании.

Поэтому величину междуследия рабочих органов при работе чизельных орудий с рыхлительными лапами устанавливают в зависимости от глубины обработки почвы в следующих пределах:

Глубина обработки почвы, см	Ширина междуследия рыхлительных лап, мм
16-25	235-250
25-30	300
30-35	400-500
35-45	500

Приспособления, устанавливаемые на чизельных орудиях, способствуют повышению качества крошения почвы за счет дополнительного рыхления верхнего слоя. Как видно из таблицы 5.2, при работе чизельного плуга с приспособлением в сравнении с работой его без приспособления число комков почвы размером менее 5 см возросло на 5 %.

В таблице 5.3. приведены показатели крошения почвы чизельным плугом ПЧ-4,5 в сравнении с отвальным плугом ПТК-9-35 и плоскорезом-глубокорыхлителем КПП-2-150, а также показатели крошения почвы опытного образца чизельного культиватора КПЧ-5,4 в сравнении с культиватором-плоскорезом КПШ-9. При прочих равных условиях обработки на глубину 28-29 см крошение почвы чизельным плугом и плоскорезом-глубокорыхлителем (фракции менее 5 см) приблизительно одинаково, а при применении отвального плуга - фракций почвы менее 5 см было на 2-3,2 % больше за счет работы отвалов корпусов. Крошение почвы чизельным культиватором со стрельчатыми рыхлительными лапами и культиватором-плоскорезом (фракции менее 5 см) одинаково. Однако при работе культиватора-плоскореза на поле были образованы глыбы размером более 15 см (до 6,1 %), при работе чизельного культиватора глыбы такого размера полностью отсутствовали.

Коэффициент вариации v , характеризующий устойчивость глубины хода рабочих органов, при работе чизельного плуга приблизительно в 2 раза меньше, чем при работе отвального плуга и плоскореза-глубокорыхлителя (см. табл. 5.3).

94 5.3. Крошение почвы (стерня пшеницы) и устойчивость хода рабочих органов чизельных орудий (по глубине) в сравнении с другими орудиями, %

Орудие	Скорость движения, м/с	Глубина рыхления, см	Фракции почвы, см					Устойчивость по глубине хода	
			более 25	15-25	10-15	5-10	менее 5	$\sigma \pm$ см	У, %
Чизельный плуг ПЧ-4,5 с рыхлительными лапами	2,4	29,1	11,4	6,8	9,7	7,9	64,2	1,88	6,50
	1,9	41,7	9,5	2,5	5,3	7,3	75,4	1,90	4,55
Плуг ПТК-9-35 с кульгурными корпусами	2,0	28,0	7,6	5,9	8,0	11,1	67,4	3,10	11,10
Плоскорез-глубокорыхлитель КНП-2-150	2,4	27,9	11,6	5,4	7,2	10,4	65,4	3,40	12,18
Чизельный культиватор КЧП-5,4 со стрельчатыми лапами	2,4	15,1	-	-	13,1	15,4	71,5	1,20	8,60
Культиватор-плоскорез КПШ-9 с широкозахватными лапами	2,4	14,6	-	6,1	15,3	6,5	72,1	1,90	13,60
Рыхлитель чизельный РЧН-4 с наклонными стойками рабочих органов в поперечной плоскости	1,9	40,5	11,0	1,9	4,1	6,2	76,8	1,95	4,88

При обработке почвы рыхлителем чизельным РЧН-4 с наклонными стойками рабочих органов по типу "Параплау" и чизельным плугом ПЧ-4,5 на глубину 40,5-41,7 см показатели крошения пласта и устойчивости рабочих органов по глубине хода находятся приблизительно на одинаковом уровне (см. табл. 5.3).

По вспушенности почвы рыхлитель чизельный РЧН-4 уступает чизельному плугу ПЧ-4,5 в 1,5 раза и в 2 раза отвальному плугу ПТК-9-35 (табл. 5.4). Рыхлитель чизельный РЧН-4 в сравнении с плугом чизельным ПЧ-4,5 и отвальным плугом ПТК-9-35 обеспечивает образование более слитной поверхности пашни.

5.4. Показатели глубокой обработки почвы различными орудиями

Орудие	Скорость движения агрегата, м/с	Глубина обработки почвы, см	Вспушенность почвы, %	Гребнистость поверхности пашни, см	Заделка пожнивных остатков, %
ПЧ-4,5	1,90	41,7	18,20	3,2	45
ПЧ-4,5 + ПСТ-4,5	1,85	41,7	18,20	1,7	46
РЧН-4	1,90	40,50	12,10	1,9	40
ПТК-9-35	2,00	28,00	25,00	2,7	100

Гребнистость поверхности пашни при работе этих орудий была соответственно 1,9, 3,2 и 2,7 см (см. табл. 5.4). При работе плуга чизельного ПЧ-4,5 в агрегате с приспособлением ПСТ-4,5 для дополнительного рыхления почвы гребнистость поверхности пашни была снижена почти в 2 раза.

По заделке пожнивных остатков плуг чизельный и рыхлитель чизельный дали приблизительно одинаковые результаты, и они составили соответственно 45 и 40 %.

5.4. ВЫСОТА ГРЕБНЕЙ НАД ДНОМ БОРОЗДЫ В ОБРАБОТАННОМ СЛОЕ ПОЧВЫ

По технологическому принципу работы чизельные орудия не проводят сплошное подрезание пласта на полную глубину хода рабочих органов. В результате недореза пласта по ширине захвата орудия над дном борозды остаются неразрушенные гребни. Высота неразрушенных гребней над дном борозды обработанного слоя почвы зависит от ширины междурядья рабочих органов и ширины их захвата.

Как видно из таблицы 5.5, высота гребней над дном борозды возрастает с увеличением ширины междурядья и уменьшением ширины захвата рабочих органов чизельных орудий. Так, средняя высота гребней над дном борозды после прохода чизельного плуга ПЧ-4,5 с рыхли-

тельными лапами захватом 70 мм и шириной междуследия 300, 400, 500 мм составила соответственно 12,0, 15,6, 21,5 см, а с лапами захватом 270 мм и такой же шириной междуследия – 4,3, 6,8, 10,4 см.

5.5. Высота гребней над дном борозды обработанного слоя почвы после прохода чизельных орудий в зависимости от ширины захвата лап и междуследия и глубины рыхления

Орудие	Ширина, мм		Глубина рыхления, см	Средняя высота гребней, см
	захвата лапы	междуследия		
Чизельный плуг ПЧ-4,5	70	500	26,2	21,5
	70	500	33,1	19,9
	70	500	40,1	20,8
	70	400	26,4	15,6
	70	400	33,0	14,8
	70	400	40,0	15,5
	70	300	33,0	12,0
	270	300	20,5	4,3
Чизельный культиватор КЧП-5,4	270	400	31,2	6,8
	270	500	40,8	10,4
	65	235	25,6	8,5
	65	250	24,8	10,1
	65	300	25,0	12,0
	150	235	16,0	4,5

При работе чизельного культиватора КЧП-5,4 с рыхлительными лапами захватом 65 мм, шириной междуследия 235, 250, 300 мм высота гребней составила соответственно 8,5, 10,1, 12,0 см.

С увеличением ширины междуследия рабочих органов орудия существенно возрастает не только высота гребня H над дном борозды, но и ширина его у основания c (рис. 5.1).

При постоянной ширине захвата и ширине междуследия рабочих органов глубина рыхления почвы, как видно из таблицы 5.5, не влияет на изменение высоты гребней.

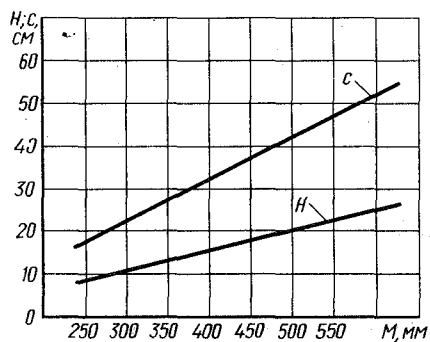


Рис. 5.1. Высота (H) и ширина основания гребня (c) над дном борозды в зависимости от ширины междуследия рабочих органов чизельного орудия

5.5. ТОЛЩИНА ВЗРЫХЛЕННОГО ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ

Согласно агротехническим требованиям чизельные орудия должны обеспечивать сплошное рыхление почвы в верхнем слое на максимально возможную глубину, что достигается уменьшением ширины междуследия рабочих органов, увеличением ширины их захвата и глубины чизелевания. Толщину взрыхленного верхнего слоя почвы определяли при обработке чизельным плугом и культиватором стерни пшеницы (табл. 5.6).

5.6. Толщина взрыхленного верхнего слоя почвы при работе чизельных орудий в зависимости от ширины междуследия, захвата лапы и глубины рыхления

Орудие	Ширина, мм		Средняя глубина рыхления, см	Средняя высота гребней над дном борозды, см	Толщина взрыхленного верхнего слоя почвы, см
	захвата лапы	междуследия			
Чизельный культиватор КЧП-5,4	65	235	25,6	8,5	17,1
	65	300	25,5	12,0	13,5
	150	235	18,0	5,0	13,0
Чизельный плуг ПЧ-4,5	70	300	40,1	9,9	30,2
	70	400	40,0	15,5	24,5
	70	500	41,5	20,4	21,1
	270	300	40,0	2,2	37,8
	270	400	39,6	5,8	33,8
	270	500	40,8	10,4	30,4
	70	300	33,3	10,1	23,2
	70	400	33,0	14,8	18,2
70	500	33,1	19,9	13,2	

При постоянной ширине захвата рыхлительных лап 70 мм и постоянной глубине рыхления около 40 см чизельный плуг ПЧ-4,5 с шириной междуследия рабочих органов 300, 400 и 500 мм обеспечил толщину взрыхленного верхнего слоя почвы соответственно 30,2, 24,5, 21,1, а при ширине захвата лап 270 мм – 37,8, 33,8 и 30,4 см. При рыхлении почвы на глубину около 33 см и ширине междуследия рабочих органов 300, 400, 500 мм толщина взрыхленного верхнего слоя почвы составила соответственно 23,2, 18,2, 13,2 см. Как видно из таблицы 5.6, при прочих равных параметрах орудия толщина взрыхленного верхнего слоя почвы возрастает с увеличением глубины рыхления.

Чизельный культиватор КЧП-5,4 с рыхлительными долотообразными лапами захватом 65 мм и глубине рыхления около 25 см при ширине междуследия 235 и 300 мм обеспечил толщину взрыхленного верхнего слоя почвы соответственно 17,1 и 13,5 см. При работе культиватора

со стрельчатыми лапами захватом 150 мм, шириной междуследия 235 мм и глубиной рыхления 18 см толщина взрыхленного верхнего слоя почвы была 13 см.

При постоянной ширине междуследия толщину взрыхленного верхнего слоя почвы можно повысить путем увеличения ширины захвата рабочих органов и глубины чизелевания. Однако ширину захвата рыхлительных лап целесообразно не увеличивать более чем на 70 мм, так как с увеличением ширины их захвата затраты энергии на глубокую обработку почвы резко возрастают.

5.6. СОХРАНЕНИЕ СТЕРНИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

Сохранение стерни на поверхности почвы существенно зависит от глубины обработки и ширины захвата рабочих органов. Чем больше глубина обработки почвы и меньше ширина захвата рабочих органов, тем меньше остается стерни на поверхности.

При обработке чизельным плугом ПЧ-4,5 с рыхлительными лапами захватом 70 мм стерни пшеницы на глубину 30,1 см на поверхности почвы сохранилось 61,1 % стерни (табл. 5.7), а при работе на такую же глубину плоскореза-глубокорыхлителя КПГ-2-150 с широкозахватными лапами стерни сохранилось на 6,1 % больше.

5.7. Сохранение стерни на поверхности при обработке почвы чизельными и плоскорезными орудиями (фон — стерня пшеницы) в зависимости от глубины рыхления и скорости движения агрегата

Орудие	Глубина рыхления почвы, см	Скорость движения агрегата, м/с	Сохранение стерни на поверхности, %
Чизельный плуг ПЧ-4,5	30,2	2,1	61,1
	40,4	1,7	58,0
	45,1	1,5	53,1
Плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-2-150	29,5	2,1	67,2
	25,0	2,3	63,3
Чизельный культиватор КЧП-5,4: с рыхлительными лапами захватом 65 мм	14,8	2,5	68,0
	14,2	2,5	68,2
Тяжелый культиватор КПЭ-3,8	12,6	2,5	74,1
Культиватор-плоскорез КПШ-9			

При увеличении глубины обработки почвы чизельным плугом с 30,2 до 45,1 см количество сохраненной стерни на поверхности снизилось на 8 %.

На поверхности почвы, обработанной чизельным культиватором КЧП-5,4 с рыхлительными лапами, стерни сохранилось на 10,8 % меньше, чем на почве, обработанной культиватором-плоскорезом КПШ-9 с широкозахватными лапами (см. табл. 5.7).

При использовании чизельного культиватора со стрельчатыми лапами и тяжелого культиватора КПЭ-3,8 на поверхности почвы сохраняется приблизительно одинаковое количество стерни.

Плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-2-150 и культиватор-плоскорез КПШ-9 с широкозахватными лапами в процессе работы больше сохраняют стерни на поверхности почвы, чем чизельные орудия с рыхлительными лапами. Однако количество стерни, сохраняемой на поверхности почвы при работе чизельных орудий, вполне достаточно для защиты почвы от ветровой эрозии.

Рыхлительные и стрельчатые лапы чизельного культиватора не осуществляют оборот пласта и только незначительно перемешивают почву. Следовательно, они не обеспечивают требуемое качество заделки в почву удобрений. Для заделки в почву удобрений культиватор наряду с рыхлительными и полольными лапами целесообразно оборудовать сменными отвально-рыхлительными лапами захватом 75 мм. Исследования показали, что отвально-рыхлительные лапы полностью заделывают в почву минеральные удобрения, разбросанные по поверхности, и интенсивно перемешивают с почвой органические удобрения.

5.7. ГЛУБИНА БОРОЗД И ГЛЫБИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ РАБОТЕ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ

Глубину борозд и глыбистость поверхности почвы определяли на стерне ячменя при работе чизельных орудий без приспособления и с приспособлением. Ширина междуследия рабочих органов и скорость движения агрегата существенно влияют на выравнивание поверхности почвы.

При обработке почвы на глубину около 40 см чизельный плуг ПЧ-4,5 с рыхлительными лапами и междуследием 500 мм без приспособления, как видно из таблицы 5.8, оставляет по следу прохода стоек рабочих органов борозды глубиной 15,8–21,1 см, а с междуследием 300 мм — 14,6–18,0 см в зависимости от скорости движения агрегата. С увеличением скорости движения агрегата глубина борозд снижается.

После прохода чизельного плуга с приспособлением ПСТ-4,5 глубина борозд не превышала 5,1 см, поверхность почвы стала значительно ровнее.

При работе чизельного культиватора КЧП-5,4 с рыхлительными лапами и междуследием 235–250 мм на глубину около 18 см глубина борозд на поверхности почвы была в пределах 9,5–12,5 см.

Глыбистость поверхности пашни при работе чизельного плуга без приспособления резко возрастает с увеличением ширины междуследия

5.8. Глубина борозд и глыбистость поверхности пашни при работе чизельных орудий на стерне пшеницы в зависимости от глубины рыхления, ширины междуследий и скорости движения агрегата

Орудие	Глубина рыхления, см	Ширина междуследия, мм	Скорость движения, м/с	Глубина борозд, см	Глыбистость поверхности, %
Чизельный плуг ПЧ-4,5 без приспособления	40,1	500	2,1	15,8	28,6
	39,8		1,8	18,3	30,8
	40,2		1,4	21,1	32,3
	40,5		2,1	14,6	22,1
	40,1		1,8	17,5	24,2
Чизельный плуг ПЧ-4,5 с приспособлением ПСТ-4,5	39,6	300	1,4	18,0	26,4
	39,8		2,1	4,6	12,6
	41,1		1,8	4,9	13,2
	40,5		1,4	5,1	14,4
	39,0		2,1	4,0	10,1
Чизельный культиватор КЧП-5,4	40,4	235	1,8	4,3	10,8
	41,2		1,4	4,5	12,5
	18,0		3,0	10,2	12,2
	18,5		2,5	10,4	12,9
	17,9		2,0	12,5	14,1
Чизельный культиватор КЧП-5,4	18,1	250	3,0	9,5	11,6
	18,0		2,5	10,0	12,3
	17,5		2,0	11,2	12,8

рабочих органов (см. табл. 5.8). В наших опытах при междуследии рабочих органов 300 и 500 мм глыбистость поверхности пашни была соответственно 22,1–26,4 и 28,6–32,3 %.

При работе чизельного плуга с приспособлением глыбистость поверхности пашни снизилась почти в 2 раза и составляла 10,1–14,4 %.

Показатели глыбистости поверхности пашни при работе чизельных орудий в сравнении с работой плоскорезов и отвального плуга приведены в таблице 5.9.

5.9. Глыбистость поверхности пашни при обработке почвы разными орудиями

Орудие	Глубина рыхления, см	Скорость движения, м/с	Глыбистость поверхности, %
Чизельный плуг ПЧ-4,5 с рыхлительными лапами	30,0	1,8	26,8
Плоскорез-глубокорыхлитель КПП-2-150	29,8	1,8	30,9
Плуг отвальный ПТК-9-35	28,0	1,8	24,7
Культиватор чизельный КЧП-5,4 со стрелчатыми лапами	15,6	2,5	12,3
Культиватор-плоскорез КПШ-9	15,4	2,5	12,9

При обработке почвы чизельным плугом ПЧ-4,5 глыбистость поверхности пашни на 4,1 % меньше, чем при работе плоскореза-глубокорыхлителя КПП-2-150 и на 2,1 % больше, чем при работе отвального плуга ПТК-9-35.

Повышение глыбистости почвы при работе плоскореза-глубокорыхлителя объясняется снижением качества рыхления почвы широкозахватными лапами. Снижение глыбистости поверхности почвы при работе отвального плуга в сравнении с чизельным плугом и плоскорезом объясняется повышением качества рыхления почвы за счет работы отвалов корпусов.

Глыбистость поверхности пашни при работе почвы чизельным культиватором КЧП-5,4 и культиватором-плоскорезом КПШ-9 приблизительно одинаковая. Это объясняется тем, что широкозахватные лапы

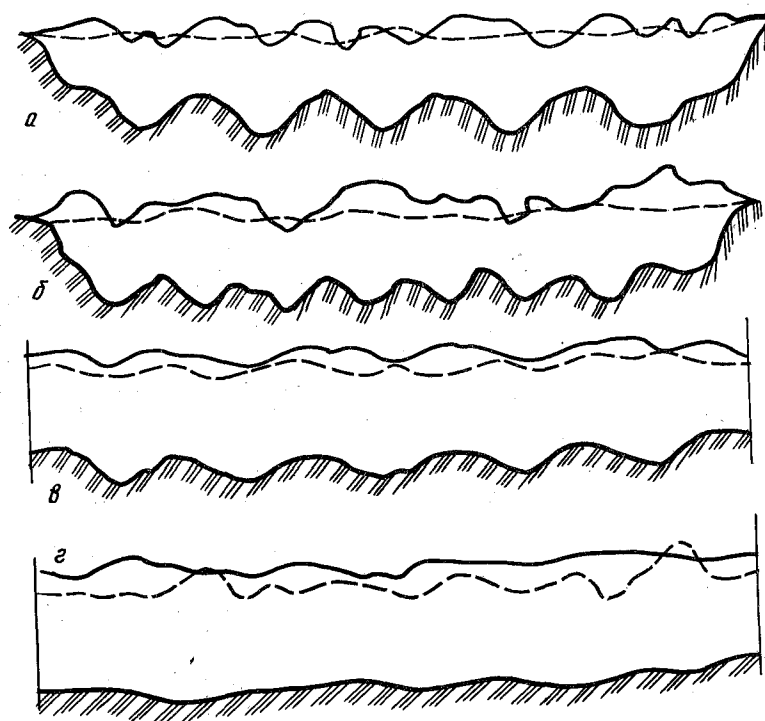


Рис. 5.2. Поперечные профили поверхности поля и дна борозды после прохода чизельного плуга с рыхлительными лапами при различных междуследиях рабочих органов:

а – 500 мм; б – 400 мм; в – 500 мм на предварительно вспаханной почве (глубина вспашки 22–25 см); з – 500 мм и двукратном проходе (вдоль и поперек поля)

культиватора-плоскореза при мелкой обработке обеспечивают крошение почвы несколько лучше, чем при глубокой.

Поперечные профили поверхности поля и дна борозды при работе чизельного плуга ПЧ-4,5 на глубину 45 см по стерне ячменя при различной ширине междурядия рабочих органов показаны на рисунке 5.2. При ширине междурядия рабочих органов 500 мм над дном борозды образуются устойчивые крупные гребни высотой 20–23 см и шириной у основания 40–46 см (см. рис. 5.2, а). Такая обработка почвы предпочтительна на склонах более 3° при движении агрегата поперек направления склона с целью предотвращения водной эрозии и накопления продуктивной влаги.

При обработке почвы с шириной междурядия рабочих органов 400 мм высота и ширина гребней над дном борозды значительно уменьшаются, а крошение пласта улучшается (см. рис. 5.2, б). Такая обработка предпочтительна на равнине, где почвы не подвержены водной эрозии.

Обработка почвы чизельным плугом с шириной междурядия рабочих органов 300 мм нежелательна, так как это приводит к забиванию их пожнивными остатками.

При работе чизельного плуга с углублением пахотного слоя до 45 см на предварительно вспаханной почве (на глубину 22–25 см) высота гребней над дном борозды снижается приблизительно в 2 раза по сравнению с работой его без предварительной вспашки (см. рис. 5.2, в).

При двухкратном проходе чизельного плуга (вдоль и поперек поля) гребни над дном борозды полностью разрушаются. Дно борозды и поверхность почвы становятся более ровными по сравнению с однократным проходом орудия (см. рис. 5.2, г).

Поверхность поля после прохода чизельного плуга с шириной междурядия рабочих органов 500 и 400 мм, как видно из поперечных профилей (см. рис. 5.2, а, б), неудовлетворительная. Крупные глыбы, беспорядочно располагаясь на поверхности поля, создают неровный микро-рельеф. Поэтому чизельный плуг необходимо оснащать съемным приспособлением для дополнительного рыхления верхнего слоя почвы и выравнивания поверхности.

ГЛАВА 6

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИЗЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

За последние годы в стране проведена значительная работа по усовершенствованию существующих и разработке новых более эффективных систем обработки почвы в соответствии с конкретными почвенно-климатическими условиями. Усовершенствована система основной и

предпосевной обработки, обоснована необходимость дифференциации глубины и числа обработок в севообороте, разработаны системы почвозащитной обработки для районов, где проявляется дефляция и водная эрозия почв.

На основании обобщения научных исследований и передового опыта установлено, что для создания оптимальных почвенных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур в существующих севооборотах разных почвенно-климатических зон страны необходимо применять дифференцированную систему обработки в зависимости от свойств почвы, ее окультуренности, предшественников, засоренности поля и др. При этом необходимо правильно сочетать глубокую, обычную и поверхностную обработку с использованием отвальных, дисковых, чизельных и других почвообрабатывающих орудий.

В системе безотвальной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур чизельная обработка в сравнении с плоскорезной представляет большой интерес как почвозащитная и менее энергоемкая операция.

Изучением эффективности чизельной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур в нашей стране начали заниматься с 1978 г. с появлением первых опытных образцов чизельных плугов, разработанных совместно с НПО ВИСХОМ, ВИМ, НПО "Казсельхозмеханизация", ГСКТБ ПО "Одессапочвомаш" и опытных образцов чизельных культиваторов, разработанных ВИМ, НПО ВИСХОМ, НПО "Казсельхозмеханизация", НПО "Белсельхозмеханизация", ГСКБ РПО "Красный Аксай" и другими организациями.

В работе по исследованию чизельной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур принимали участие научно-исследовательские учреждения страны: Краснодарский НИИСХ, НПО "Подмосковье", Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (ТСХА), КазНИИЗ, КазНИИ риса, ВИМ совместно с Северо-Кавказским филиалом (СКФ ВИМ), Всесоюзный НИИ зернового хозяйства, НПО "Белсельхозмеханизация", Всесоюзный НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, УкрНИИЗПЭ, НПО "Дон", НПО "Элита Поволжья", НПО "Казсельхозмеханизация", НПО ВИСХОМ, НИПТИМЭСХ Нечерноземной зоны РСФСР, Всесоюзный НИИ риса и др. В настоящее время уже накоплен значительный опыт по чизельной обработке почвы при возделывании сельскохозяйственных культур.

6.1. ВЛИЯНИЕ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОБРАБОТОК НА ПРОТИВОЭРОЗИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЫ

Исследования, проведенные в различных зонах страны, показали высокую почвозащитную эффективность чизельной обработки. Так, по данным Краснодарского НИИСХ, при выращивании кукурузы на зерно на склоне до 5° глубокое чизельное рыхление (до 40 см) устраняет

потенциальную опасность проявления водной эрозии почв и повышает противозерозионную устойчивость [12]. Даже в условиях интенсивного ливня, когда за 4 часа выпало 67,5 мм осадков, стока воды и смыва почвы не было, в то время как по вспашке смыв составил 15,7 т/га, сток 43,5 мм.

Чизельная обработка является надежным приемом и для борьбы с ветровой эрозией почв. Противозерозионная устойчивость поверхности почвы по чизельной обработке значительно выше, чем по отвальной вспашке и практически равна плоскорезной. Как установлено наукой и практикой, для предотвращения ветровой эрозии достаточно сохранить на поверхности почвы 50 % стерни. Количество стерни, сохраняемой на поверхности почвы после чизелевания, несколько меньше, чем по плоскорезной обработке. Однако при работе чизельного плуга ПЧ-4,5 на стерневых фонах на поверхности почвы сохраняется 53–60 % стерни, что вполне достаточно для защиты почвы от ветровой эрозии.

Исследованиями, проведенными в Донском зональном НИИСХ, выявлено, что во время пыльных бурь, наблюдавшихся в период с 26 января по 11 марта 1984 г., на вариантах отвальной обработки вынос мелкозема за указанный период составил 105,2 т/га, а на вариантах с плоскорезной и чизельной обработкой – почти в 3 раза меньше. Потери гумуса, общего азота, подвижного фосфора, обменного калия были здесь также значительно меньше, чем на отвальной вспашке.

Во время интенсивного снеготаяния (весна 1985 г.) на отвальной вспашке сток талых вод составил 34,8 мм, на плоскорезной зяби – 27,9 мм, в то время как на чизельной обработке почвы, выполненной на глубину 40–45 см, он был на 10 мм меньше. Смыв почвы на варианте со вспашкой составил 11,2 т/га, а на стерневом фоне с плоскорезной и чизельной обработкой он был в 3–4 раза меньше.

По результатам изучения чизельной обработки в УкрНИИЗПЭ оценка противозерозионной устойчивости разных агрофонов показала, что чизельная обработка обеспечивает достаточно высокий почвозащитный эффект.

Смыв мелкозема на склоне 3–5° по чизельной обработке в сравнении с отвальной вспашкой, выполненной на одинаковую глубину, уменьшился в 2,5 раза. Сток талых вод сократился при этом в 3,3 раза, а потери основных элементов минерального питания со стоком – в 1,2–3,2 раза.

В условиях Центрально-Черноземной зоны на склоне 2–4° на типичном черноземе, по данным Всесоюзного НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, чизельная обработка на глубину 20–22 и 45–50 см в 14–29,5 раза снизила смыв почвы по сравнению с отвальной вспашкой, а по сравнению с плоскорезной обработкой существенных различий по смыву почвы не отмечено.

По данным КазНИИЗ, глубокая чизельная обработка обеспечивала более полное просачивание талых и дождевых вод на склонах и сокра-

щение их стока на 11–42 мм, а смыва – на 1,6–6,5 т/га по сравнению со вспашкой.

В материалах ВНИИ зернового хозяйства имени А. И. Бараева отмечается высокая ветроустойчивость поверхности после обработки почвы чизельным плугом ПЧ-4,5. Однако плуг ПЧ-4,5 не имел преимуществ по этим показателям перед плоскорезом-глубокорыхлителем ПГ-3-5 и КПП-250. Подобные результаты получены в Алтайском НИИЗиС и НПО "Элита Поволжья".

6.2. ВЛИЯНИЕ ЧИЗЕЛЕВАНИЯ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Установлено, что безотвальные способы обработки почвы обычно приводят к увеличению засоренности посевов сельскохозяйственных культур. Например, по результатам исследований ВНИИЗХ, обработка почвы орудиями чизельного типа слабо подавляет многолетние сорняки. Так, на основной обработке пара засоренность (осот полевой, татарский) на контроле (плоскорезная обработка) была 1,1 шт/м², а после обработки чизельным плугом ПЧ-4,5 она составила 8,4–11,2 шт/м². По материалам Алтайского НИИ земледелия и селекции, по чизельной обработке засоренность посевов в среднем была на 21 % выше, чем по плоскорезной. Опыты НПО "Элита Поволжья" показывают, что при систематическом применении безотвальной обработки почвы отмечен рост засоренности посевов, особенно корнеотпрысковыми сорными растениями. Данные ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии подтверждают, что способы чизельной обработки почвы приводили к усилению засоренности посевов в 1,5–2 раза по сравнению со вспашкой и в 1,1–1,4 раза по сравнению с плоскорезной обработкой. По данным УкрНИИЗПЭ, значительная засоренность посевов кукурузы по чизельной обработке почвы отмечена в 1985 г. при благоприятных условиях увлажнения. Перед уборкой урожая этой культуры на одном квадратном метре насчитывалось многолетних сорняков: по отвальной вспашке 34,9, по чизельному рыхлению 49,0 штук. В засушливом же 1984 г. существенных различий в засоренности посевов по указанным вариантам не обнаружено.

В условиях Белорусской ССР существенных различий по степени засоренности посевов на чизельной обработке и отвальной вспашке не установлено. Данные НПО "Дон" свидетельствуют, что при общей слабой засоренности посевов кукурузы (4,0–4,5 шт/м²) масса сырых сорных растений составила 210 г/м² по вспашке на глубину 27–30 см (контроль) и 138 г/м² по чизельной обработке на глубину 40–45 см. Результаты исследований глубокого чизельного рыхления почвы в рисосеющих хозяйствах Казахстана показывают, что с помощью этого приема можно эффективно вести борьбу с таким злостным сорным растением рисовых полей, как тростник обыкновенный.

Борьба с сорняками разных видов в процессе чизелевания осуществляется более эффективно при работе чизельных орудий, оборудованных стрельчатыми лапами.

В целом следует отметить, что в засушливые годы существенной разницы в засоренности полей при чизельной обработке почвы и отвальной вспашке не обнаружено [12].

6.3. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Глубокое чизелевание является перспективным приемом обработки почвы в различных зонах страны. Его можно применять как в качестве дополнительной, так и самостоятельной операции.

Как дополнительная операция проводится по отвальным и безотвальным фонам после работы отвальных плугов или плоскорезов с целью разрушения плужной подошвы и увеличения мощности корнеобитаемого слоя почвы, а также в сочетании с поверхностными обработками [16].

Глубокое чизелевание как самостоятельная операция может проводиться взамен отвальной вспашки лемешными плугами или безотвальной обработки плоскорезами-глубокорыхлителями, выполняя одновременно основную обработку почвы с углублением пахотного слоя.

Как показали исследования, глубокое чизелевание можно применять на основной обработке почвы, частично заменяя отвальную вспашку или плоскорезную обработку при возделывании сельскохозяйственных культур в принятых севооборотах хозяйства. Чем короче ротация севооборота возделываемых культур, тем чаще применяют чизелевание почвы.

В условиях центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР, как показали исследования НПО "Подмосковье", наибольшая эффективность чизелевания проявляется на основной обработке почвы после пропашных культур и однолетних трав, перед возделыванием пропашных, овощных и зерновых (озимой пшеницы и ячменя на зерно). По стерневым предшественникам чизелевание необходимо проводить после лущения жнивья.

В зернопропашном севообороте после уборки ячменя вместо отвальной вспашки лемешным плугом на глубину 20–22 см под кормовую свеклу или кукурузу на силос проводят основную обработку почвы чизельным плугом ПЧ-4,5 на глубину 40–45 см, оборудованного рыхлительными лапами с междуследием 500 мм.

В зернотравяном севообороте после уборки предшественника вместо отвальной вспашки лемешным плугом на глубину 20–22 см под покровные культуры применяют чизелевание почвы на глубину 40–45 см плугом ПЧ-4,5.

В картофельном севообороте после уборки предшественников вместо отвальной вспашки лемешным плугом под картофель проводят чизелевание почвы чизельным плугом на глубину 40–45 см.

Все операции обработки почвы до и после глубокого чизелевания выполняют в соответствии с технологией, принятой в данной зоне. Установлено, что в центральных районах Нечерноземной зоны РСФСР и других почвенно-климатических зонах страны положительное последствие глубокого чизелевания почвы (разуплотнение почвы и повышение урожайности возделываемых культур) сохраняется в течение четырех лет.

В условиях Северного Кавказа и юга Украины глубокая чизельная обработка на склоновых землях эффективна под все культуры, а на равнине – под пропашные.

Глубокое рыхление под зерновые, зернобобовые культуры и травы следует осуществлять в системе подготовки почвы под озимые культуры; в ранневесенний период под посев зернобобовых, однолетних и многолетних трав.

Характерная особенность чизельных орудий заключается в том, что они позволяют проводить глубокое рыхление почвы без оборота пласта, что особенно важно при возделывании полевых культур на эродированных почвах.

Кроме того, при глубокой обработке чизельные орудия обеспечивают разуплотнение глубоких слоев почвы с меньшими затратами энергии, труда и средств, чем плоскорезные и другие орудия, применяемые для безотвальной обработки.

В настоящее время научными учреждениями Краснодарского края накоплен определенный положительный опыт возделывания полевых культур по плоскорезной зяби. Однако в процессе исследований плоскорезных орудий при возделывании полевых культур установлено, что по некоторым техническим условиям и технологическому принципу работы их, как и отвальные плуги, не удается заглубить в почву более чем на 30 см, а при использовании на склонах они не обеспечивают образование глубоких борозд над дном борозды в обрабатываемом слое для задержания и накопления влаги в почве. Эти недостатки ограничивают область применения плоскорезов, особенно на обработке почв, подверженных водной эрозии.

По данным Краснодарского НИИСХ и СКФ ВИМ, в зоне Северного Кавказа чизелевание почвы обеспечивает наибольший эффект при возделывании яровых культур: кукурузы на зерно, свеклы и подсолнечника, которые занимают значительную часть всех посевных площадей в зоне.

Чизелевание на глубину 40–45 см следует применять на основной обработке почвы взамен отвальной вспашки под все пропашные культуры в соответствующих звеньях севооборотов.

В условиях орошаемого земледелия Казахстана глубокое чизелевание почвы является наиболее перспективным приемом обработки

почвы при возделывании риса, который в отличие от других сельскохозяйственных культур предъявляет более высокие требования к водному режиму, поэтому его повсеместно возделывают в условиях постоянного затопления. Длительное затопление посевов и высокая влажность почвы в послевегетационный период приводят к засолению пахотного горизонта. Наиболее эффективный способ борьбы с этим явлением — интенсификация аэробных процессов в почве, что достигается путем систематической аэрации почвы во вневегетационный период. Основным недостатком отвальных плугов при обработке почвы под рис является неизбежное выворачивание нижних наиболее засоленных горизонтов почвы на поверхность, что ухудшает ее физико-механические свойства и отрицательно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме того, к недостаткам отвальных плугов относятся: образование плужной подошвы при многократных обработках; нарушение выравненности поверхности чека за счет образования свальных гребней и развальных борозд; недостаточное рыхление пахотного горизонта при вспашке переувлажненных почв; большие энергетические затраты при глубокой обработке почвы и низкая производительность.

По данным КазНИИ риса и НПО "Казсельхозмеханизация", глубокое рыхление почвы чизельным плугом на глубину 35–40 см целесообразно применять взамен зяблевой отвальной вспашки под посев риса и культур рисового севооборота (по обороту пласта люцерны, после зернобобовых в мелиоративном поле, вторая культура риса после мелиоративного поля), а также при ранневесенних обработках почвы на глубину 35–40 см под посев трав как дополнительную операцию в сочетании с отвальной зяблевой вспашкой на глубину 20–22 см.

6.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР

В этом разделе приведены примерные технологические схемы обработки почвы с применением чизельных орудий при возделывании сельскохозяйственных культур в различных зонах страны. Технологическая схема обработки почвы при возделывании полевых культур в условиях центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР приведена в таблице 6.1.

Технология возделывания подсолнечника, кукурузы на зерно и примерная схема обработки почвы при возделывании гороха с применением чизельных орудий в условиях Северного Кавказа приведены соответственно в таблицах 6.2 и 6.3.

Технологическая схема обработки почвы при возделывании полевых культур в условиях Казахстана приведена в таблице 6.4.

Средняя урожайность сельскохозяйственных культур при разных способах основной обработки почвы за три года полевых опытов, выпол-

6.1. Технологическая схема обработки почвы с применением чизельного плуга при возделывании пропашных и покровных культур

Операция	Срок выполнения	Глубина обработки, см	Орудие (марка)
<i>Возделывание кормовой свеклы и кукурузы на силос.</i>			
<i>Предшественник — яровой ячмень</i>			
Дискование	Вслед за уборкой предшественника, июль	8–10	БДТ-3; БДТ-7; БДТ-10
Глубокое чизелевание	Август — начало сентября до выпадения осадков	40–45	ПЧ-4,5
Закрытие влаги	По мере просыхания почвы, конец апреля — начало мая	4–5	СТ-21 + БЗСС-1,0
Предпосевная культивация	В середине мая	6–8	КПС-4 + 4БЗСС-1,0
Посев	В мае	5–6	СОН-4,2
<i>Возделывание покровных культур (ячмень, овес, яровая пшеница с подсевом многолетних трав)</i>			
Дискование стерни	Вслед за уборкой предшественника, конец августа	8–10	БДТ-3; БДТ-7; БДТ-10
Глубокое чизелевание	Сентябрь	40–45	ПЧ-4,5
Закрытие влаги	По мере просыхания почвы, конец апреля — начало мая	4–5	СТ-21 + БЗС-1,0
Предпосевная культивация	В середине мая	6–8	КПС-4 + 4БЗС-1,0
Посев	В мае	3–4	СЗ-3,6

6.2. Примерный перечень технологических операций возделывания подсолнечника и кукурузы с применением чизельной обработки почвы (предшественник — озимая пшеница)

Операция	Агротехнические требования		Марка орудия
	сроки проведения операции	глубина обработки и другие требования	
<i>Основная обработка почвы</i>			
Поверхностное рыхление стернового поля	Вслед за уборкой предшественника	8–10 см с сохранением стерни	КЧП-5,4 со стрельчатыми лапами

Продолжение

Операция	Агротехнические требования		Марка орудия
	сроки проведения операции	глубина обработки и другие требования	
Внесение основных минеральных удобрений	Перед поверхностным рыхлением	Равномерное поверхностное внесение удобрений	РУМ-3,1-РМГ-4, самолет
Культивация (рыхление)	По мере массового появления сорняков и падалицы озимых зерновых	10–12 см поперек направления предыдущей обработки	КЧП-5,4 со стрельчатыми лапами
Глубокое рыхление	В конце сентября – начале октября	40–45 см поперек направления предыдущей обработки	ПЧ-4,5 с рыхлительными лапами
<i>Предпосевная обработка почвы</i>			
Ранневесеннее боронование	По созревшей почве	6 см	БЗСС-1,0
Культивация	За 6–12 дней до посева	10–12 см поперек глубокого рыхления	КЧП-5,4 с рыхлительными лапами
Предпосевная культивация	За 2–3 ч до посева	5–6 см под углом к направлению глубокого рыхления	КПС-4
Посев	При температуре почвы 10–12 °С на глубине заделки семян	Глубина заделки семян 5–6 см, направление – вдоль глубокого рыхления	СКНК-6, СПЧ-6
<i>Уход за посевами</i>			
Довсходовое боронование	Через 2–4 дня после посева	Глубина обработки 4–5 см, поперек направления посева или под углом к нему	БЗСС-1,0
Боронование по всходам	При появлении первой пары настоящих листьев (массовые всходы)	Скорость движения агрегата не более 5 км/ч	БЗСС-1,0
Первая культивация междурядий	При образовании 4-го листа растений	5–6 см, скорость движения не более 6 км/ч	КРН-4,2 с прополочными боронками
Вторая культивация междурядий	По мере появления сорняков	Глубина обработки и защитная зона 10–12 см	КРН-4,2 с прополочными боронками
Рыхление междурядий с окучиванием в рядах	Высота растений 30–40 см	По центру междурядий должна идти стрельчатая лапа на глубину 9 см, а по краям – окучник на глубину 6 см	КРН-4,2 с окучками

Продолжение

Операция	Агротехнические требования		Марка орудия
	сроки проведения операции	глубина обработки и другие требования	
Уборка	При влажности семян не более 12–14 %	Уменьшение частоты вращения молотильного барабана до 320–350 об/мин	СК-5 + ПСП-1,5

Примечание. Если в весенний период применяют гербицид, то его вносят перед предпосевной обработкой. Разрыв между внесением и заделкой не должен превышать 2 ч. Кроме того, число междурядных обработок уменьшается до минимума или их совсем не проводят.

6.3. Примерная технологическая схема обработки почвы при возделывании гороха (предшественник – кукуруза на зерно)

Операция	Срок выполнения	Глубина, обработки, см	Орудие (марка)
Дискование, лущение или измельчение пожнивных остатков с рыхлением почвы	Сентябрь, вслед за уборкой предшественника	5–10	БД-10; ЛДГ-15; КМЩ-3,6
Глубокое чизелевание	В конце сентября – начале октября	35–40	ПЧ-4,5
Предпосевная культивация	Февраль – март	6–8	КПС-4
Посев гороха	Февраль – март	5–6	СЗ-3,6

6.4. Примерная технологическая схема обработки почвы с применением чизельного плуга при возделывании риса и многолетних трав

Операция	Срок выполнения	Глубина обработки, см	Орудие (марка)
<i>Возделывание риса в условиях постоянного затопления в чеках (по обороту пласта люцерны, после зернобобовых в мелиоративном поле, вторая культура риса после мелиоративного поля)</i>			
Глубокое чизелевание	Октябрь	35–40	ПЧ-4,5
Планировка поверхности	Апрель – май	35–40	Д-719; П-4
Внесение удобрений и гербицидов	Май	Поверхностное	1-РМГ-4; ПОУ
Предпосевная подготовка почвы	”	10–12	БДТ-7; ЛДГ-10
Посев	”	До 2	СЗ-3,6; СРН-3,6

Продолжение

Операция	Срок выполнения	Глубина обработки, см	Орудие (марка)
<i>Возделывание многолетних трав (люцерны, донника на мелиоративном поле)</i>			
Отвальная зяблевая вспашка	Октябрь	20-22	ПЛН-4-35
Глубокое чизелевание	Март - апрель	35-40	ПЧ-4,5
Выравнивание поверхности почвы	Апрель	-	П-4
Внесение удобрений	"	Поверхностное	1-РМГ-4
Предпосевная обработка почвы	"	7-10	БДТ-7; БДТ-3; ЛДГ-10
Посев	"	4-6	СЗ-3,6

ненных научно-исследовательскими организациями в различных почвенно-климатических зонах страны, приведена в таблице 6.5.

Глубокая чизельная обработка почвы, как видно из таблицы 6.5, способствует значительному повышению урожайности возделываемых культур в различных почвенно-климатических зонах страны.

Исследования, проведенные в НПО "Дон", показали, что самая высокая урожайность кукурузы на зерно (55,1 ц/га) получена на делянках со вспашкой на глубину 20-22 см с последующей чизельной обработкой до 40-45 см. Это на 3 ц/га выше, чем при вспашке на глубину 27-30 см (контроль). Краснодарским НИИСХ в результате трехлетних исследований установлено, что урожайность кукурузы по чизельной обработке на фоне N₁₂₀ P₉₀ K₆₀ в среднем за три года составила 56,3 ц/га, что на 15,7 ц/га больше, чем по отвальной вспашке на глубину 25-27 см.

В опытах СКФ ВИМ на обыкновенных черноземах урожайность подсолнечника по чизельной обработке почвы в сравнении с отвальной вспашкой возросла на 2,9-3,1 ц/га, а урожайность сахарной свеклы - на 36-43 ц/га. В опытах БелНИИ земледелия, Гомельской опытной областной сельскохозяйственной станции и Западной МИС при чизельной обработке урожайность ячменя повысилась на 2,6-3,7, а озимой ржи - на 2,7-4,4 ц/га.

Результатами полевых опытов КазНИИЗ, КазНИИ риса и НПО "Казсельхозмеханизация" установлена агротехническая эффективность глубоких чизельных рыхлений при обработке почв рисовых полей.

При глубоком чизельном рыхлении по фону отвальной вспашки более чем в 1,5 раза повышается урожай люцерны (сена), на 30 % увеличивается накопление кормовой массы и в результате на 25 % увеличивается урожай риса по пласту люцерны.

6.5. Урожайность сельскохозяйственных культур при различных способах основной обработки почвы (опытные данные научно-исследовательских учреждений в среднем за 3-5 лет)

Способ основной обработки почвы	Глубина обработки, см	Марка орудия	Марка трактора	Урожайность	
				ц/га	%
Северный Кавказ					
Краснодарский НИИСХ					
<i>Возделывание кукурузы на зерно на равнине (предшественник - озимая пшеница)</i>					
Отвальная вспашка	25	ПТК-9-35	К-701	48,20	100
Чизельная обработка	40	ПЧ-4,5	К-701	53,45	110,9
<i>Возделывание кукурузы на зерно на склонах 5-6° (предшественник - озимая пшеница)</i>					
Отвальная вспашка	25	ПЛН-5-35	Т-150К	44,7	100
Отвальная вспашка с почвоуглублением	40	ППП-5-35	Т-150К	52,3	117
Плоскорезная обработка с щелеванием	40	КПГЩ-250	Т-150К	57,3	128,2
Чизельная обработка	40	ПЧ-4,5	К-701	60,2	134,7
СКФ ВИМ					
<i>Подсолнечник (предшественник - озимая пшеница)</i>					
Отвальная вспашка	25	ПТК-9-35	К-701	17,1	100
Чизельная обработка	45	ПЧ-4,5	К-701	20,2	118
<i>Сахарная свекла (предшественник - озимая пшеница)</i>					
Отвальная вспашка	30-32	ПТК-9-35	К-701	357	100
Чизельная обработка	45	ПЧ-4,5	К-701	400	112
<i>Горох (предшественник - кукуруза)</i>					
Отвальная вспашка	22	ПТК-9-35	К-701	28,6	100
Чизельная обработка	40	ПЧ-4,5	К-701	31,1	108,8
Плоскорезная обработка	22	ПЧ-3-5	К-701	31,6	110,5
<i>Яровой ячмень (предшественник - подсолнечник)</i>					
Отвальная вспашка	22	ПТК-9-35	К-701	30,5	100
Чизельная обработка	40	ПЧ-4,5	К-701	31,7	104
Плоскорезная обработка	22	ПГ-3-5	К-701	33,5	109,8
Центральные районы Нечерноземной зоны РСФСР					
НПО "Подмосковье"					
<i>Озимая пшеница</i>					
Чередование отвальной вспашки с поверхностной обработкой	22	ПЛН-5-35	Т-150К	39,7	100
То же + глубокое чизелевание 1 раз в ротацию севооборота	45	ПЧ-4,5	К-701	42,6	107,3

Продолжение

Способ основной обработки почвы	Глубина обработки, см	Марка орудия	Марка трактора	Урожайность	
				ц/га	%
<i>Яровой ячмень</i>					
Чередование отвальной вспашки с поверхностной обработкой То же + глубокое чизелевание 1 раз в ротацию севооборота	22	ПЛН-5-35	T-150K	40,9	100
	45	ПЧ-4,5	K-701	43,1	105,4
<i>Кормовая свекла</i>					
Чередование отвальной вспашки с поверхностной обработкой То же + глубокое чизелевание 1 раз в ротацию севооборота	22	ПЛН-5-35	T-150K	398	100
	45	ПЧ-4,5	K-701	443	111,3
<i>Многолетние травы</i>					
Чередование отвальной вспашки с поверхностной обработкой То же + глубокое чизелевание 1 раз в ротацию севооборота	22	ПЛН-5-35	T-150K	73,00	100
	45	ПЧ-4,5	K-701	77,60	106,3
Казахстан					
КазНИИЗ, КазНИИ риса, НПО "Казсельхозмеханизация"					
<i>Рис в чеках</i>					
Отвальная вспашка	22	ПЛН-4-35	ДТ-75М	29,10	100
Чизелевание (весной) в сочетании с зяблевой вспашкой	35-40	ПЧ-4,5	T-4A	34,75	119,4

В вариантах с обработкой почвы под вторую культуру риса после трав при сочетании зяблевой вспашки с весенним чизельным глубоким рыхлением урожайность риса была на 3,8–7,5 ц/га выше, чем на контроле. Производственная проверка в течение трех лет подтверждает эффективность данного агроприема. Урожайность повысилась на 5,6–6,2 ц/га.

Результаты исследований КазНИИ земледелия, проведенных на предгорных светло-каштановых почвах и сероземах обыкновенных, показали, что на фоне глубокого чизельного рыхления урожайность зерновых увеличивается на 2,2–4,3 ц/га.

На орошаемых землях чизелевание по сравнению со вспашкой дает устойчивую прибавку урожая корнеплодов сахарной свеклы, равную 31,0 ц/га, и обеспечивает прирост сахаристости на 0,3 % при размещении данной культуры по любому из распространенных здесь предшественников: озимой пшеницы, пропашным культурам, люцерне.

Согласно исследованиям, проведенным ТСХА и НПО "Подмосковье" в специализированном зерновом севообороте с 75 %-ным насыщением зерновыми культурами (вико-овсяная смесь – озимая пшеница – овес – ячмень), на делянках с чизелеванием отмечена устойчивая тенденция к повышению урожайности полевых культур во все годы исследований (1979–1985). В засушливые вегетационные периоды прибавки урожая озимой пшеницы были достоверными и составляли 6–7 ц/га при урожайности на контроле (вспашке на глубину 20–22 см) – 51,8 ц/га.

Агротехнически обоснованным и экономически выгодным оказалось применение чизелевания почвы взамен отвальных обработок и в технологии возделывания бобово-злаковых смесей и яровых зерновых культур. Урожайность сена в этом случае увеличилась на 3,5–4,4 ц/га, а сбор зерна овса и ячменя – на 2–4 ц/га (урожайность на контроле 36–38 ц/га).

В опытах НПО "Подмосковье" применение чизельной обработки почвы в сочетании с поверхностной способствовало получению прибавки урожая озимой пшеницы, равной 2,9 ц/га по сравнению с отвальной вспашкой [21]. Глубокое чизелевание в сравнении с отвальной вспашкой, выполненной в сочетании с поверхностной обработкой почвы, обеспечивает получение прибавки урожая кормовой свеклы, равной 45 ц/га [16].

Суммарная продуктивность севооборота при использовании чизельных плугов в системе основной обработки почвы вместо ежегодной вспашки возросла на 6–10 %.

Ежегодное глубокое чизелевание почвы (38–40 см) в плодосменном севообороте (вико-овсяная смесь – озимая пшеница – картофель – ячмень) повысило его продуктивность в среднем за 10 лет на 3,0–4,0 %.

В 5-польном севообороте (бобово-злаковая смесь – озимая пшеница – ячмень – картофель – ячмень) проведение чизелевания на глубину 38–40 см в системе основной обработки почвы под озимую пшеницу и картофель повышало его продуктивность на 10–15 %. Прямое действие чизельной обработки проявилось в повышении урожайности зерна озимой пшеницы на 10–16 % и клубней картофеля – на 13–17 %. Положительный эффект чизелевания сохранялся и в последствии при возделывании ячменя и однолетних трав. Прибавки урожая при этом составляли 7,2–15,4 %. В 6-польном зернопропашном севообороте (однолетние травы – озимая пшеница – ячмень – картофель – ячмень – овес), периодическое (2 раза за ротацию) чизелевание на ту же глубину в системе основной обработки почвы под однолетние травы и карто-

6.6. Эффективность применения чизельных плугов на обработке почвы по эксплуатационным показателям

Операция	Глубина обработки, см	Марка орудия	Марка трактора	Производительность сменная		Затраты труда		Удельный расход топлива	
				га/ч	%	чел.-ч/га	%	кг/га	%
Отвальная вспашка	25	ПТК-9-35	К-701	1,28	100	0,781	100	20,9	100
Чизельная обработка	45	ПЧ-4,5	К-701	1,41	110,2	0,710	90,9	16,5	79
Отвальная вспашка	22-25	ПТК-9-35	К-701	1,76	100	0,568	100	18,8	100
Плоскорезная обработка	22-25	ПГ-3-5	К-701	2,44	138,6	0,410	72,18	15,8	84,95
Чизельная обработка	22-25	ПЧ-4,5	К-701	2,88	163,6	0,347	61,1	13,0	69,9
Отвальная вспашка с повоулублением	40	ППП-5-35	Т-150К	0,75	100	1,333	100	23,8	100
Плоскорезная обработка с щелеванием	40	КППЩ-250	Т-150К	0,98	130,7	1,02	76,52	17,1	71,8
Чизельная обработка	40	ПЧ-2,5	Т-150К	1,225	163,3	0,816	61,22	14,6	61,3

фель обеспечило достоверную прибавку урожая возделываемых культур. Урожайность сена однолетних трав возросла на 34,5 %, зерна озимой пшеницы – на 13,5 %, яровых зерновых – на 12,3–21,4 % и клубней картофеля – на 10,5 %.

Таким образом, во все годы исследований (1978–1986) ежегодное и периодическое применение чизельных орудий в севооборотах различной специализации обеспечивало устойчивую тенденцию повышения урожайности многих возделываемых культур на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья и Белоруссии, увеличивало продуктивность кукурузы на зерно и силос на обыкновенных черноземах на юге Украины, Ростовской области, Краснодарского края. В результате применения глубокого чизельного рыхления возрастала урожайность зерновых культур и сахарной свеклы в предгорьях Казахстана, существенно повышался урожай риса в рисосеющих хозяйствах этой республики.

Результаты эффективности применения чизельных плугов по эксплуатационным показателям в сравнении с другими орудиями, применяемыми на основной обработке почвы, приведены в таблице 6.6.

Как видно из таблицы 6.6, при обработке почвы на глубину 45 см плуг чизельный ПЧ-4,5 в сравнении с лемешно-отвальным плугом ПТК-9-35, глубина вспашки которого 25 см, обеспечивает повышение производительности труда на 10,2 %, снижение затрат труда на 9,1 %, уменьшение удельного расхода топлива на 21 %. При обработке почвы на одинаковую глубину (22–25 см) плуг чизельный ПЧ-4,5 в сравнении с отвальным плугом ПТК-9-35 в агрегате с трактором К-701 обеспечивает повышение производительности труда на 63 %, снижение затрат труда на 39 %, уменьшение расхода топлива на 30 %, а в сравнении с плоскорезом-глубокорыхлителем ПГ-3-5 – соответственно на 18 %, 15,4 и 17,7 % [20].

При обработке почвы на одинаковую глубину (40 см) плуг чизельный ПЧ-4,5 в сравнении с лемешно-отвальным плугом ППП-5-35, оборудованным почвоуглубительными лапами, обеспечил повышение производительности труда на 63,3 %, снижение затрат труда и расхода топлива на 38,7 %, а в сравнении с плоскорезом-глубокорыхлителем-щелевателем КППЩ-250 (опытный образец) – соответственно на 25 %, 20 и 14,6 %.

6.5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧИЗЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Основным критерием экономической эффективности каждого приема обработки почвы, как известно, является повышение урожайности возделываемых культур с минимальными затратами труда и средств при выполнении всех технологических операций.

Результаты исследований, проведенных научно-исследовательскими организациями в основных зонах страны, показали, что при возделыва-

нии сельскохозяйственных культур чизельная обработка почвы в сравнении с традиционной отвальной вспашкой обеспечивает повышение урожайности зерновых до 10 %, пропашных до 34 % с меньшими затратами труда и средств на выполнение этой операции.

Обобщенные средние данные эффективности чизельной обработки в основных зонах исследований показывают, что она обеспечивает получение дополнительно 3,2–7,7 ц корм. ед/га (табл. 6.7).

6.7. Экономическая эффективность чизельной обработки, по данным научно-исследовательских учреждений (в среднем за год)

Показатели	НПО "Подмосковье"	ВИМ	НПО "Дон"	КазНИИЗ, КазНИИ риса, НПО "Казсельхозмеханизация"
Прибавка урожая, ц корм. ед/га	7,7	3,2	5,6	6,0
Стоимость прибавки, руб/га	166,6	40,9	44,4	120,1
Дополнительные затраты, руб/га	22,0	15,3	5,2	14,1
Дополнительный чистый доход, руб/га	144,6	25,6	39,2	106,0

Стоимость прибавки урожая возделываемых культур составляет 40,9–166,6 руб/га, дополнительный чистый доход от чизелевания (годовой экономический эффект) – 25,6–144,6 руб/га (см. табл. 6.7).

Приведенные данные таблицы 6.7 свидетельствуют о высокой экономической эффективности чизельной обработки в различных почвенно-климатических зонах страны [20].

Кроме того, чизельные орудия в сравнении с традиционными почвообрабатывающими орудиями, применяемыми на основной обработке почвы по зональным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, имеют значительные экономические преимущества по эксплуатационным показателям. Так, при обработке почвы на глубину 40–45 см плуг чизельный ПЧ-4,5 в сравнении с отвальным плугом ПТК-9-35, работающим на глубину 25 см, обеспечивает повышение производительности труда до 14 %, снижение затрат труда до 13 %, уменьшение удельного расхода топлива до 26 %, а при обработке почвы на одинаковую глубину (22–25 см) соответственно на 63 %, 39 и 30 %.

При обработке почвы на глубину 40 см плуг чизельный ПЧ-4,5 в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем ПГ-3-5, работающим на глубину 27–28 см, имеет приблизительно одинаковые показатели по производительности, затратам труда и удельному расходу топлива.

Выводы: 1. Глубокая чизельная обработка почвы способствует разрушению уплотненной плужной подошвы, предупреждению водной и ветровой эрозии, созданию рыхлого сложения почвы, улучшению аэрации пахотного слоя, повышению водопроницаемости, накоплению запасов продуктивной влаги и в конечном итоге повышению урожай-

ности возделываемых культур в различных почвенно-климатических зонах страны: зерна кукурузы – на 5,25–15,7 ц/га, подсолнечника – на 2,9–3,1 ц/га, гороха – на 2,5 ц/га, риса – на 3,8–7,5 ц/га, ярового ячменя – на 2–4 ц/га, озимой пшеницы – на 2,9–7,0 ц/га, озимой ржи – на 2,7–4,4 ц/га, кормовой свеклы – на 45 ц/га, сахарной свеклы – на 36–43 ц/га, картофеля – на 9,4–17,4 ц/га, многолетних трав – на 4,6 ц/га.

2. Положительное последствие глубокого чизелевания (достаточно рыхлое сложение почвы в обработанном слое и повышение урожайности возделываемых культур) остается устойчивым в течение четырех лет.

3. Чизельный плуг ПЧ-4,5 в сравнении с лемешным плугом и плоскорезом-глубококорыхлителем позволяет увеличить глубину основной обработки почвы до 50 % с меньшими затратами труда и средств на выполнение операции.

4. При обработке почвы на одинаковую глубину 22–25 см чизельный плуг ПЧ-4,5 в сравнении с отвальным плугом ПТК-9-35 обеспечивает повышение производительности на 63 %, снижение затрат труда на 39 %, уменьшение расхода топлива на 30 %, а в сравнении с плоскорезом-глубококорыхлителем ПГ-3-5 – соответственно на 18 %, 15,4 и 17,7 %.

5. При обработке почвы на глубину 45 см плуг чизельный ПЧ-4,5 в сравнении с отвальным плугом ПТК-9-35, работающим на глубину 25 см, обеспечивает повышение производительности на 10,2 %, снижение затрат труда на 9,1 %, уменьшение удельного расхода топлива на 21 %.

6. Дополнительный чистый доход от чизелевания (годовой экономический эффект) составляет 25,6 – 144,6 руб/га.

**ГЛАВА 7
УСТРОЙСТВО ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ**

Орудия для глубокого чизелевания почвы, рекомендуемые к внедрению в хозяйствах нашей страны, разделяют на плуги чизельные обще-

7.1. Техническая характеристика навесных орудий для глубокой чизельной обработки почвы

Показатели	Марка орудия			
	ПЧ-4,5	ПЧ-2,5	ПЧК-4,5	ПЧК-2,5
Агрегатирование с трактором	К-701	Т-150К, Т-150, ДТ-175С	К-701	Т-150К, Т-150, ДТ-175С

Продолжение

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	Предохранители срезного типа		Гидропневматические предохранители	
Ширина захвата лап, мм:				
рыхлительных	70	70	70	70
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

го назначения ПЧ-4,5, ПЧ-2,5 и плуги чизельные для обработки почв, засоренных камнями, ПЧК-4,5, ПЧК-2,5.

Техническая характеристика чизельных орудий для глубокой обработки почвы приведена в таблице 7.1.

7.1. 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 полях.

Основными узлами плуга чизельного общего назначения ПЧ-4,5 являются (рис. 7.1): рама 1, рабочие органы 2, опорные колеса 3, навеска 4, механизм регулировки глубины хода 5 и подставка 6.

Аналогичное устройство имеет плуг чизельный общего назначения ПЧ-2,5 (рис. 7.2).

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: стрельчатыми плоскорежущими (рис. 7.3, 1) и рыхлительными долотообразными (рис. 7.3, 2).

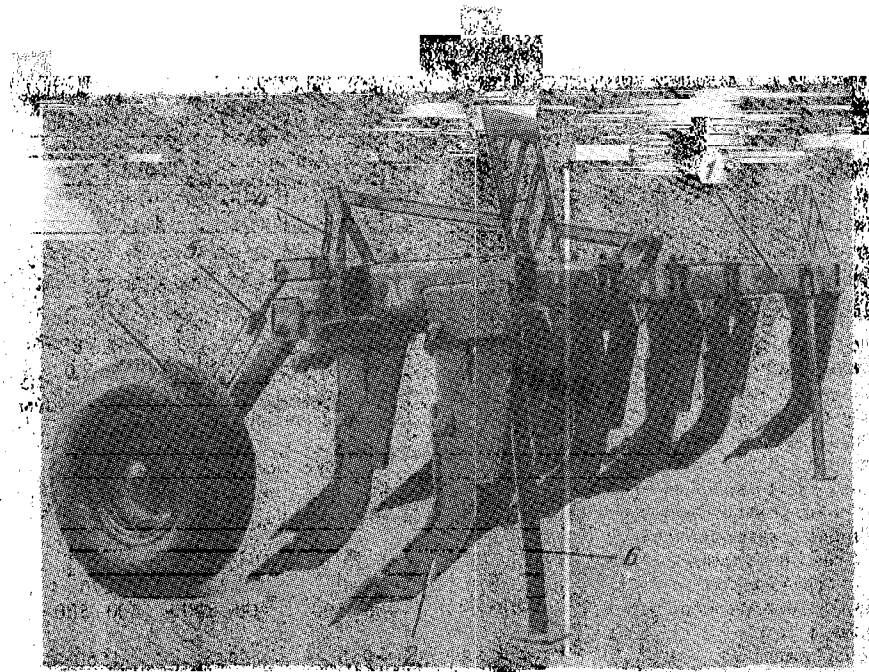


Рис. 7.1. Плуг чизельный общего назначения ПЧ-4,5

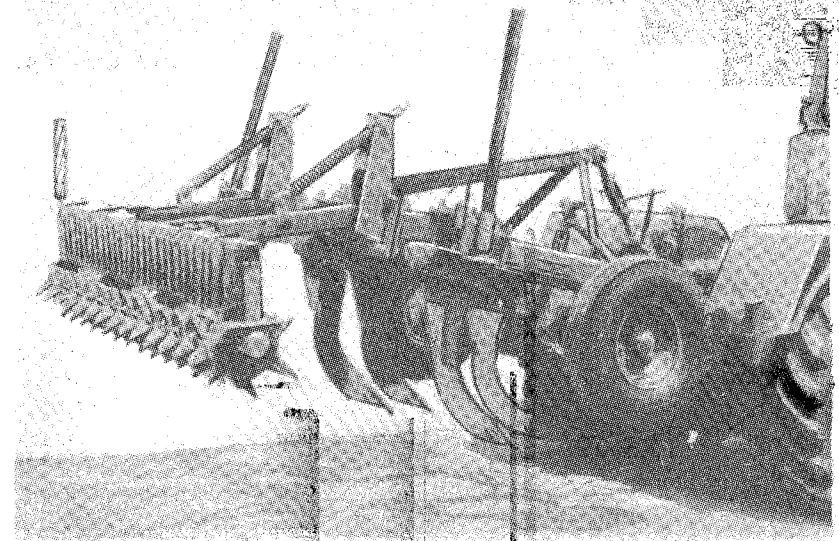


Рис. 7.2. Плуг чизельный общего назначения ПЧ-2,5 с приспособлением ПСТ-2,5

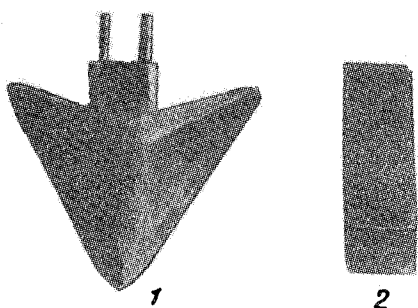


Рис. 7.3. Сменные лапы плугов чизельных:

1 — стрельчатая; 2 — рыхлительная долотообразная

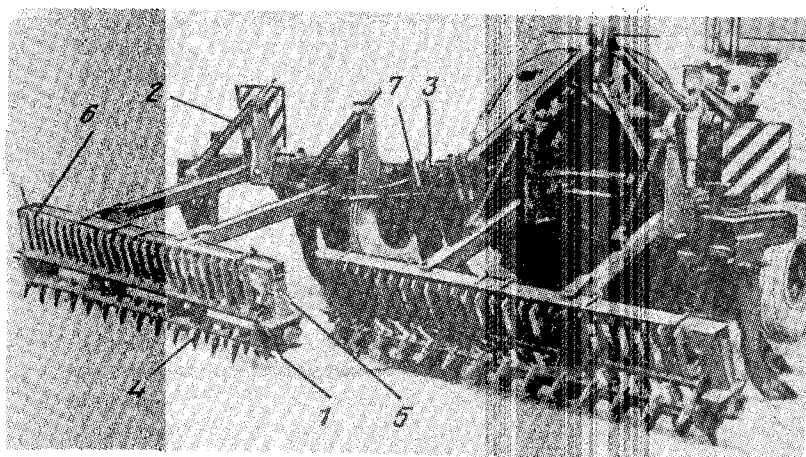


Рис. 7.4. Приспособление ПСТ-4,5 в агрегате с плугом чизельным ПЧ-4,5

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 рекомендуемая ширина междуследия рабочих органов с рыхлительными лапами — 400 мм, а на глубину от 30 до 45 см — 500 мм. Стрельчатые 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.

Конструкция рамы чизельных плугов общего назначения ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5 позволяет при необходимости навешивать съемные приспособления соответственно ПСТ-4,5 и ПСТ-2,5:

Приспособления ПСТ-4,5 и ПСТ-2,5 предназначены для дополнительного рыхления верхнего слоя почвы, выравнивания поверхности

поля и частичного измельчения высокостебельных растительных остатков при работе одновременно с плугами чизельными общего назначения.

С точки зрения качества рыхления почвы и выравнивания поверхности поля приспособления наиболее эффективно используют на весенних работах, а также осенью на основной обработке почвы под озимые зерновые культуры. Их можно применять при работе чизельных плугов на стерне после уборки различных культур, в том числе на стерне высокостебельных культур после предварительного лушения дисковыми орудиями.

Техническая характеристика приспособлений к плугам чизельным общего назначения приведена в таблице 7.2.

7.2. Техническая характеристика навесных приспособлений к чизельным плугам

Показатели	Марка приспособления	
	ПСТ-4,5	ПСТ-2,5
Агрегатирование с плугом	ПЧ-4,5	ПЧ-2,5
Рабочая ширина захвата, м	4,4	2,5
Глубина обработки, см	6–12	6–12
Рабочая скорость, км/ч	До 8	До 8
Производительность за 1 ч основного времени с плугом, га	3,24	2,0
Рабочие органы	Барaban с ножевидными зубьями	
Число катков	2	1
Диаметр барабана, мм	355	355
Рабочая длина зуба, мм	135	135
Угол атаки катков, град	7	7
Масса, кг	670	370
Габаритные размеры, мм:		
длина	1700	1500
ширина	4080	2650
высота	1200	1200

Приспособление ПСТ-4,5 навешивают на раму плуга ПЧ-4,5. Основными узлами приспособления (рис. 7.4) являются два катка 1, механизм регулировки 2 и гидросистема 3. Каток состоит из рамы 5, барабана с ножевидными зубьями 4 и очищающей гребенки 6.

Механизм регулировки 2 служит для подпружинивания катков и регулирования глубины обработки почвы. Необходимая глубина обработки достигается изменением натяжения пружины механизма регулировки 2 с помощью гаек на штоке.

Гидросистема, включающая два гидроцилиндра 7, предназначена для изменения ширины захвата приспособления до 4 м при транспортировке орудия. Гребенка 6 служит для очистки ножей барабана от налипшей почвы и пожнивных остатков.

Приспособление переводится из рабочего положения в транспортное и обратно вместе с плугом с помощью гидронавесной системы трактора.

Для лучшего крошения почвы и выравнивания поверхности поля катки в рабочем положении установлены под углом атаки 7° .

В процессе работы агрегата ножевидные зубья барабанов 4 проводят дополнительное рыхление почвы на глубину 6–12 см независимо от глубины хода рабочих органов плуга.

Приспособление ПСТ-2,5 имеет аналогичное устройство, содержит один каток и агрегируется с плугом ПЧ-2,5 (см. рис. 7.2).

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 устройством для предохранения их от поломок при встрече с крупными камнями и другими препятствиями в процессе работы. Тип предохранителей — индивидуально-пневмогидравлический.

Техническая характеристика этих плугов приведена в таблице 7.1.

Основные узлы навесного плуга ПЧК-4,5 к трактору тягового класса 5 (рис. 7.5) — 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 гидродилем и гидромеханизмом 4 соединен с рамой 1 шарнирно вертикальной осью вращения, обеспечивая подъем и обход рабочего органа при встрече с препятствием.

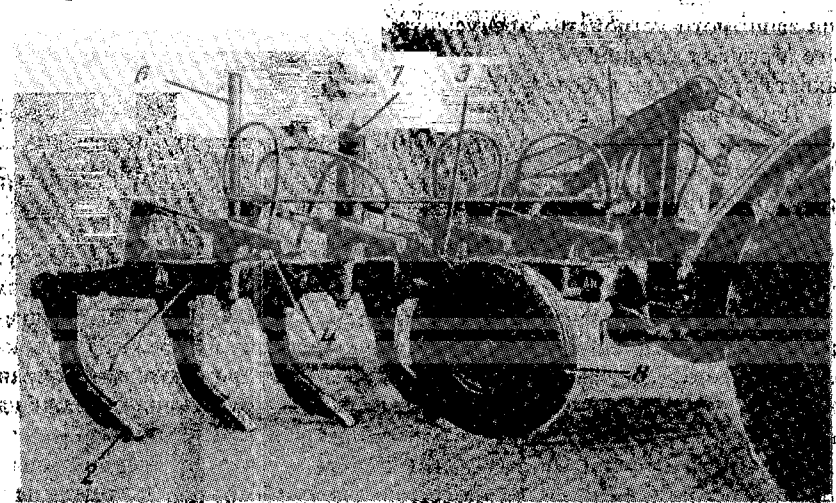


Рис. 7.5. Плуг чизельный ПЧК-4,5 для обработки почв, засоренных камнями, к трактору тягового класса 5

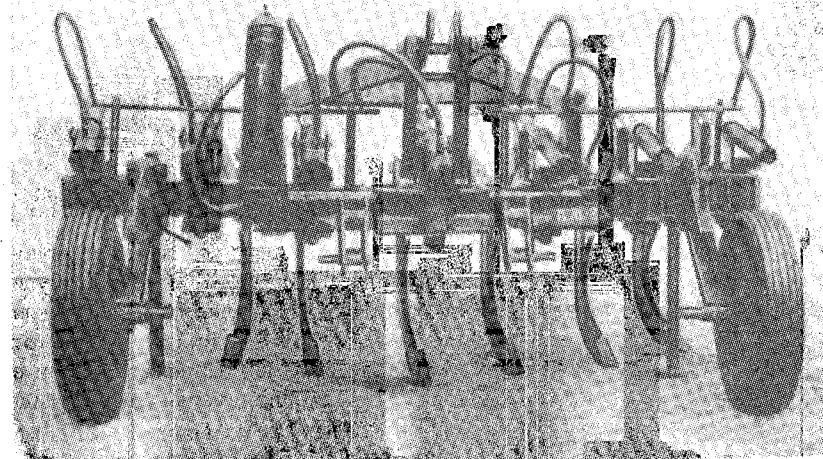


Рис. 7.6. Плуг чизельный ПЧК-2,5 для обработки почв, засоренных камнями, к трактору тягового класса 3

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.

Плуг чизельный навесной ПЧК-2,5 (рис. 7.6) имеет аналогичное устройство и отличается от плуга ПЧК-4,5 меньшей шириной захвата.

Техническая характеристика плуга ПЧК-2,5, агрегируемого с тракторами тягового класса 3 приведена в таблице 7.1.

7.2. ЧИЗЕЛЬНЫЕ КУЛЬТИВАТОРЫ

Основная задача чизельной культивации — рыхление почвы, подрезание сорных растений, улучшение водно-воздушного режима и сокращение сроков созревания почвы, разделка дернины многолетних трав перед вспашкой, заделка минеральных удобрений, лущение стерни на твердых почвах.

Чизельные культиваторы — переходные орудия от традиционных полевых культиваторов для поверхностной обработки к чизельным плугам.

Характерной особенностью чизельных культиваторов является то, что они имеют многоцелевое назначение; могут быть использованы

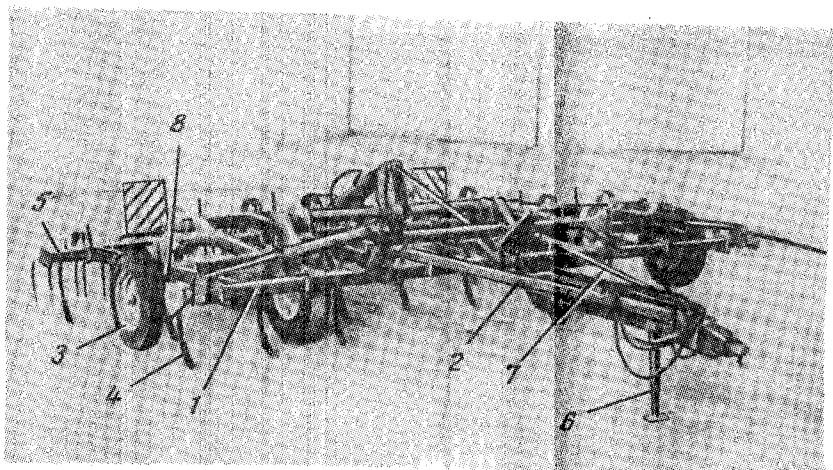


Рис. 7.7. Культиватор чизельный прицепной КЧП-5,4

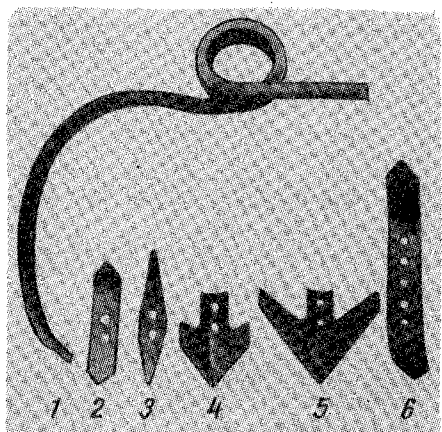


Рис. 7.8. Набор сменных лап культиваторов чизельных КЧП-5,4 и КЧП-7,2

на обработке почв, засоренных камнями, а также на обработке тяжелых почв, как орудия общего назначения.

Как уже отмечалось, в нашей стране такие культиваторы не выпускались.

Культиваторы чизельные прицепные КЧП-5,4 и КЧП-7,2 предназначены для рыхления тяжелых почв и почв, засоренных камнями, постепенного углубления подпахотного слоя почвы с малым плодородным горизонтом, безотвальной обработки зяби весной вместо перепашки, разделки пласта многолетних трав и обработки стерни.

Культиватор КЧП-5,4 (рис. 7.7) — прицепное орудие с шарнирно-секционной рамой, состоит из следующих основных узлов: рамы 1, снители 2, опорных колес 3, рабочих органов 4, приспособления выравни-

вающего 5, подставки 6, ящика для мелких запчастей и инструмента 7, винтового механизма опорных колес боковых секций 8.

Рабочие органы культиватора выполнены на упругих цельнометаллических стойках 1 с двухвитковой спиралью (рис. 7.8) и расположены на раме в четыре ряда.

Культиватор укомплектован набором сменных лап (см. рис. 7.8): обратными долотообразными рыхлительными 2, обратными узкорыхлительными 3, стрельчатыми рыхлительными 4, стрельчатыми полольными 5, обратными отвально-рыхлительными 6.

Основные параметры рабочих органов приведены в таблице 7.3.

7.3. Техническая характеристика прицепных чизельных культиваторов

Показатели	Марка орудия	
	КЧП-5,4	КЧП-7,2
Агрегатирование с трактором	T-150К	K-701
То же	T-150	K-700
”	ДТ-175С	
”	T-150КМ	
Конструктивная ширина захвата, м	5,4	7,2
Глубина обработки, см	8-25	8-25
Ширина захвата сменных лап, мм:		
долотообразных рыхлительных	65	65
отвально-рыхлительных	75	75
стрельчатых рыхлительных	150	150
стрельчатых полольных	270	270
узкорыхлительных	10	10
Число лап на раме	25	31
Число рядов лап	4	3
Стойки рабочих органов	Упругие с двухвитковой спиралью у крепления	
Рабочая скорость, км/ч	До 10	До 10
Производительность за 1 ч основного времени, га	До 5,4	До 7,2
Общая масса, кг	2060	2860
Габаритные размеры, мм:		
длина	6430	6500
ширина	6160	7200
высота	1360	2000

Приспособление 5 (см. рис. 7.7), предназначенное для дополнительного рыхления верхнего слоя почвы и выравнивания поверхности поля, представляет собой набор подпружиненных зубьев, установленных на брусках в один ряд. Приспособление выполнено из трех секций, соединенных с шарнирно-секционной рамой культиватора. Для транспортирования орудия боковые секции рамы вместе с рабочими органами культиватора и рабочими органами приспособления поднимают вверх с помощью механизма гидросистемы.

Подставка 6 (см. рис. 7.7) предназначена для установки прицепа сзади культиватора на высоту скобы трактора. При работе культиватора она должна быть повернута на 90° и зафиксирована вдоль бруса сзади.

Глубина хода рабочих органов боковых секций культиватора регулируется с помощью винтового механизма опорных колес 8 независимо от регулировки глубины хода рабочих органов центральной секции.

Культиватор прицепной чизельный КЧП-7,2 имеет аналогичное устройство и отличается от культиватора КЧП-5,4 в основном рабочей шириной захвата. Техническая характеристика культиваторов КЧП-5,4 и КЧП-7,2 приведена в таблице 7.3.

7.3. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЧИЗЕЛЬНОЙ КУЛЬТИВАЦИИ

1. Чизельную культивацию можно проводить на почвах различного механического состава при влажности до 30 % и твердости до 3,5 МПа по стерне зерновых культур высотой до 25 см, по стерне пропашных культур после уборки с предварительным дискованием почвы в два следа, по вспаханному полю, на задернелых пластах многолетних трав, а также на почвах, засоренных камнями. На поверхности почвы допускается наличие равномерно разбросанных по площади минеральных удобрений, а также органических с предварительным дискованием перед чизелеванием.

2. В зависимости от назначения технологической операции обработку почвы проводят соответствующим набором сменных лап культиватора на глубину 8–25 см. Глубина рыхления почвы должна соответствовать заданной, отклонение средней глубины обработки от заданной допускается в пределах $\pm 10\%$.

При обработке сильно уплотненных и пересохших почв глубокое чизелевание до 25 см выполняют в два прохода с постепенным углублением.

3. Чизелевание с применением рыхлительных долотообразных лап (глубина рыхления до 25 см) должно обеспечивать крошение почвы, при котором содержание комков размером до 5 см включительно должно быть не менее 60 %, то есть необходимо создавать условия для аэрации пахотного слоя.

4. Чизелевание с отвально-рыхлительными лапами должно обеспечивать заделку минеральных удобрений в почву, частичное перемещение с почвой органических удобрений и пожнивных остатков, глубина рыхления до 16 см.

5. Чизелевание со стрельчатыми рыхлительными лапами выполняют с целью лущения стерни на сильно уплотненных почвах, глубина обработки должна быть в пределах 6–12 см.

6. Чизелевание с узкорыхлительными лапами (ширина режущей кромки 10 мм) применяют при разделке пласта многолетних трав перед вспашкой, глубина обработки до 10 см.

За два прохода агрегата допускается повреждение дернины многолетних трав до 80 %.

7. Культивация со стрельчатыми полыми лапами должна обеспечивать полное подрезание сорных растений и сплошное рыхление почвы на глубину 6–12 см. Эту операцию выполняют главным образом при предпосевной обработке почвы и при уходе за парами.

8. Рабочие органы культиватора не должны забиваться почвой, камнями и пожнивными остатками.

9. Огрехи и клинья при работе не допускаются.

10. Чизелевание следует проводить в установленные агротехнические сроки.

11. При перепашке зяби весной на тяжелых заплывающих почвах рыхление на глубину до 25 см следует проводить чизельным культиватором с долотообразными рыхлительными лапами.

12. Чизельная обработка должна обеспечивать надежную защиту почвы от ветровой и водной эрозии. При работе на стерневых фонах на поверхности поля должно сохраняться не менее 65 % стерни.

13. На полях с уклоном более 3° чизелевание следует проводить поперек направления склона.

ГЛАВА 8

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ

8.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ НА ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Как показывают результаты научных исследований и опыт работы передовых хозяйств нашей страны, глубокая обработка чизельными плугами — высокоэффективный прием основной обработки почвы в различных почвенно-климатических зонах страны.

Как уже отмечалось, чизельные плуги в сравнении с лемешными отвальными плугами и плоскорезами-глубокорыхлителями имеют значительные преимущества: они обладают меньшей энергоемкостью, обеспечивая тем самым повышение производительности, снижение затрат труда и расхода топлива; разрушают плужную подошву и сочетают рыхление почвы с углублением пахотного слоя; способствуют предупреждению водной и ветровой эрозии, улучшению воздушного режима почвы, сохранению и накоплению продуктивной влаги и в конечном итоге повышению урожайности возделываемых культур.

Для чизелевания почвы на глубину до 45 см в ГСКТБ ПО "Одес-сапочвомаш" создан комплекс орудий: плуг чизельный навесной об-

щего назначения ПЧ-4,5 к трактору тягового класса 5 (К-701) и приспособление к нему ПСТ-4,5 для дополнительного рыхления почвы и выравнивания поверхности; плуг чизельный навесной общего назначения ПЧ-2,5 к трактору тягового класса (Т-150К, Т-150, ДТ-175С) и приспособление к нему ПСТ-2,5; плуги чизельные навесные ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 для обработки почв, засоренных камнями, к тракторам тягового класса соответственно 5 и 3.

Кроме того, для чизелевания почвы на глубину до 25 см в ГСКБ РПО "Красный Аксай" созданы культиваторы чизельные прицепные КЧП-5,4 и КЧП-7,2 к тракторам тягового класса соответственно 3 и 5.

С 1985 г. отечественная промышленность уже выпускает чизельный плуг ПЧ-4,5; в 1987 г. поставлены на производство чизельный плуг ПЧ-2,5, приспособление к нему ПСТ-2,5, приспособление ПСТ-4,5 к чизельному плугу ПЧ-4,5. С 1988 г. планируется производство культиваторов чизельных КЧП-5,4 и КЧП-7,2, завершаются испытания чизельных плугов ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 для обработки почвы, засоренной камнями.

Плуги чизельные ПЧ-4,5, ПЧ-2,5, ПЧК-4,5, 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.

Чизельные плуги общего назначения ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5 могут выполнять как сплошное чизелевание почвы, так и полосное щелевание в зависимости от ширины междурядия рабочих органов. При использовании плугов для сплошного чизелевания почвы глубина обработки 20–45 см. Плуги чизельные укомплектовываются двумя типами сменных рабочих органов: рыхлительными долотообразными лапами захватом 70 мм для рыхления почвы на глубину до 45 см и стрельчатыми лапами захватом 270 мм для обработки почвы на глубину до 30 см.

Стрельчатые лапы, устанавливаемые с недорезом пласта по ширине захвата орудия, используют для лучшего подрезания сорной растительности и увеличения сплошного рыхления верхнего слоя почвы. Однако использование стрельчатых лап при обработке почвы на глубину более 30 см нецелесообразно, так как это приводит к повышению затрат энергии, снижению производительности и значительному износу их по сравнению с рыхлительными.

Рекомендуемая ширина междурядия рабочих органов с рыхлительными лапами при обработке почвы на глубину 20–30 см – 400 мм и на глубину от 30 до 45 см – 500 мм, а при работе со стрельчатыми лапами на глубину от 20 до 30 см – 500 мм. Плуг, оборудованный рыхлительными лапами, можно использовать не только для сплошного чизелевания почвы, но и для щелевания. В этом случае рабочие органы

устанавливают на требуемую ширину междурядия 800–1000 мм и снимают лишние.

Приспособления ПСТ-4,5 и ПСТ-2,5 предназначены для дополнительного рыхления верхнего слоя почвы и выравнивания поверхности поля при работе одновременно с чизельными плугами общего назначения.

Культиваторы чизельные КЧП-5,4 и КЧП-7,2 предназначены для рыхления тяжелых почв и почв, засоренных камнями, постепенного углубления подпахотного слоя почвы с малым плодородным горизонтом, безотвальной обработки зяби весной вместо перепашки, разделки пласта многолетних трав и обработки стерни.

На стойках рабочих органов культиваторов устанавливают определенный комплект сменных лап (рыхлительные долотообразные, рыхлительные стрельчатые, стрельчатые полочные, отвально-рыхлительные, узкорыхлительные) в соответствии с намеченной технологической операцией.

8.2. ПРИМЕНЕНИЕ ЧИЗЕЛЬНЫХ ПЛУГОВ В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СЕВОБОРОТАХ

Обработка почвы чизельными плугами общего назначения ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5 на глубину до 30 см проводится взамен отвальной вспашки лемешными плугами или безотвальной обработки плоскорезами-глубокорыхлителями, а также предпосевной обработки под отдельные культуры севооборота, наиболее отзывчивые на этот прием обработки. Использование этого приема предусматривает улучшение свойств пахотного слоя при снижении энергетических и трудовых затрат на обработку почвы и повышение производительности труда.

В Центральном районе Нечерноземья наиболее перспективно использовать чизелевание в качестве основной обработки почвы после пропашных культур и однолетних трав, перед возделыванием пропашных, овощных и зерновых (озимая пшеница и ячмень на зерно). При их размещении по стерневым предшественникам необходимо проводить чизелевание после предварительного лущения жнивья. В этих случаях перед лущением или дискованием почвы при необходимости вносят органические удобрения, которые заделывают чизельными плугами на 80–85 %.

Периодичность проведения чизельной обработки в севообороте определяется составом культур и их реакцией на чизелевание, почвенными условиями и характером засоренности полей. На почвах с мощным гумусовым горизонтом чизелевание проводят через 3–4 года, на мало-мощных почвах с резким ухудшением агрофизических и агрохимических свойств – через 2–3 года.

На полях, сильно засоренных корневищными сорняками, чизелевание менее эффективно, чем вспашка. На полях, засоренных камнями, следует использовать специальные чизельные плуги ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5.

Применение чизельных плугов после заделки соломы, зеленого удобрения и послеуборочных остатков кукурузы нежелательно из-за возможности выноса их на поверхность и затруднения последующих обработок.

Чизельные плуги на маломощных почвах используются для углубления пахотного слоя в сочетании с внесением повышенных доз органических и минеральных удобрений, известкованием и последующим возделыванием бобово-злаковых многолетних трав. В первые периоды после глубокого чизелевания (более 20 см) нежелательно использование тяжелой сельскохозяйственной техники. Последующее (через 2–4 года) глубокое чизелевание нужно проводить поперек предыдущего или под углом к нему.

Использование чизельных плугов ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5 в агрегате с приспособлениями ПСТ-4,5 и ПСТ-2,5 целесообразно при подготовке почвы под посев и посадку пропашных культур, посев озимых, при основной обработке под яровые культуры и рыхлении зяби весной [20].

В условиях Северного Кавказа, Ростовской области, степных зон Украины глубокое чизелевание на склоновых землях эффективно под все культуры, а на равнине под пропашные и в первую очередь на уплотненных тяжелых по механическому составу почвах. На полях севооборотов, предназначенных под посев пропашных культур, глубокое рыхление (40 см) необходимо в осеннее время 1 раз в 3–4 года. При возделывании кукурузы на зерно лучшим способом основной обработки является вспашка на глубину 20–22 см с последующим углублением пахотного слоя на 40–45 см чизельными плугами.

8.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИЗЕЛЬНЫХ ПЛУГОВ ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ

Периодическое глубокое рыхление (35–45 см) чизельными плугами наиболее эффективно на почвах с переуплотненным подпахотным горизонтом, подверженных водной эрозии и с временным поверхностным избыточным переувлажнением. Оно может проводиться сплошь, полосно или выборочно на отдельных участках поля. Обработка проводится один–два раза в ротацию севооборота.

На полях с переуплотненным подпахотным слоем глубокое рыхление следует проводить для снижения плотности сложения и окультуривания подпахотного слоя перед возделыванием наиболее требовательных к агрофизическим условиям плодородия культур: пропашных, многолетних трав, озимых. Применение глубокого рыхления расширяет возможность использования минимальных обработок в севооборотах.

На почвах, подверженных водной эрозии, глубокое чизелевание проводят для перевода поверхностного стока воды во внутрпочвенный, увеличения влагозапасов и снижения смыва почвы. При обработке

почвы чизельные агрегаты должны двигаться поперек склона или по горизонтали.

На почвах, подверженных временному поверхностному переувлажнению, глубокое рыхление проводят для сброса влаги из пахотного слоя в нижележащие слои и сокращения сроков созревания почвы или предотвращения вымокания озимых культур.

На почвах легкого механического состава глубокое рыхление не рекомендуется из-за возможности ухудшения водно-воздушного режима всего профиля почвы и снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

На кислых тяжелых почвах с низким потенциальным плодородием глубокое рыхление должно сочетаться с внесением повышенных доз органических и минеральных удобрений и проведения известкования.

Глубокое рыхление под зерновые, зернобобовые культуры и травы следует осуществлять в системе подготовки почвы под озимые культуры, в ранневесенний период под посев зернобобовых, однолетних и многолетних трав. Глубина чизелевания почвы до 40 см. На полях севооборотов, предназначенных под посев пропашных культур, глубокую обработку необходимо проводить в осеннее время 1 раз в 3–4 года.

Глубокое чизелевание — надежный мелиоративный прием обработки при осушении и освоении избыточно увлажненных тяжелых минеральных земель, сопровождающийся улучшением водно-физических свойств, повышением плодородия почв и увеличением урожайности сельскохозяйственных культур. Под влиянием глубокого чизелевания объемная масса в обрабатываемом слое почвы уменьшается на 3–21 %, пористость увеличивается на 4–10 %, а водопроницаемость почвы возрастает в несколько раз.

Систематическое глубокое чизелевание почвы в комплексе с ежегодным внесением удобрений и периодическим известкованием способствует окультуриванию дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв.

На дерново-подзолистых слабокультуренных почвах тяжелого механического состава следует проводить чизельное рыхление на глубину до 45 см 1 раз в 3 года в сочетании с нейтрализацией почвенной кислотности на глубину обработки.

На сильно засоленных почвах для лучшей промывки и выноса солей, а также на переувлажненных и заболоченных землях следует проводить чизельную обработку на глубину до 35 см.

8.4. ГЛУБОКОЕ ЧИЗЕЛЕВАНИЕ

В системе безотвальной обработки почвы глубокое чизелевание является важной технологической операцией, позволяющей разрыхлить обрабатываемый слой почвы, разрушить уплотненные слои в нижних горизонтах, увеличить мощность корнеобитаемого слоя, улучшить воздушный, водный и тепловой режимы почвы, активизировать биоло-

гические процессы, способствовать накоплению почвенной влаги, предупредить развитие водной и ветровой эрозии почвы.

При глубокой обработке почвы чизельным плугом плужная подошва разрушается. В результате создаются благоприятные условия в почве для обеспечения оптимального водно-воздушного режима [20].

В острозасушливый период корни культурных растений могут проникнуть глубже и доставать почвенную влагу из нижних слоев, а в случае избытка осадков лишняя влага из верхних слоев почвы может поступать в нижние слои.

При этом испарение влаги из верхних слоев почвы резко сокращается, создаются благоприятные соотношения между воздухом и водой в почве и вместе с тем оптимальные условия для роста культурных растений.

Характерно отметить, что чизельные орудия, даже при многолетней работе на одну и ту же глубину, не способствуют интенсивному образованию плужной подошвы в почве. Это объясняется тем, что их рабочие органы имеют малую ширину захвата, а следовательно, малую площадь опоры на почву по глубине хода.

Чизельные плуги общего назначения ПЧ-4,5, ПЧ-2,5 можно использовать на почвах различного механического состава, кроме почв, засоренных камнями, при влажности до 30 % и твердости до 5 МПа. Их применяют на почвах, покрытых стерней и другими растительными остатками, высотой до 25 см, а также на полях с предварительным лушением или дискованием почвы.

При работе на склонах величина уклона поверхности допускается не более 8° .

Чизельные плуги ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 применяют на почвах, содержащих отдельные камни различных размеров и форм, скрытые в толще обрабатываемого слоя или частично выступающие над поверхностью поля не более 10 см, а также абразивные включения в виде хряща и крупного песка.

8.5. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ

1. Глубина обработки почвы чизельными плугами ПЧ-4,5, ПЧ-2,5, ПЧК-4,5, ПЧК-2,5 должна быть в пределах 20–45 см.

Необходимо учитывать, чтобы глубина обработки почвы была больше глубины залегания нижней границы плужной подошвы.

Отклонение средней глубины от заданной по следам наральников допускается не более $\pm 5\%$.

Над дном обработанного слоя почвы допускаются неразрушенные гребни высотой до 45 % глубины обработки при работе чизельных плугов и до 20 % — при применении плугов-рыхлителей.

2. При оптимальной влажности в обработанном слое должны преобладать комки почвы размером менее 5 см.

3. При работе на стерневых фонах на поверхности поля сохраняется 55–60 % стерни.

4. Рабочие органы не должны забиваться почвой и растительными остатками.

5. На полях с уклоном более 3° обработку почвы следует проводить поперек направления склона.

6. Огрехи в обработанном поле не допускаются.

7. При внесении органических удобрений чизелевание проводят после дискования почвы.

8.6. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ

Характерной особенностью чизельных орудий является то, что они рыхлят почву с недорезом пласта по ширине захвата. При этом обеспечивается сплошное рыхление верхнего слоя почвы, а над дном борозды остаются неразрушенные гребни, размеры которых возрастают с увеличением ширины междуследия рабочих органов на раме орудия. Следует отметить, что образование гребней над дном борозды агротехнически целесообразно при обработке почвы на склонах. Они способствуют лучшему задержанию почвенной влаги в пахотном слое, предупреждению водной эрозии и в конечном итоге — значительному повышению урожайности возделываемых культур.

Вследствие неполного подрезания пласта по ширине захвата при прочих равных условиях работы затраты энергии на обработку почвы чизельными орудиями значительно меньше, чем при обработке традиционными отвальными плугами и плоскорезами-глубокорыхлителями. В результате значительно возрастает производительность чизельных орудий и резко снижается расход топлива в процессе обработки почвы.

Наукой и практикой установлено, что для предотвращения ветровой эрозии при применении безотвальной обработки на стерневых фонах необходимо на поверхности поля сохранить не менее 50 % стерни. Количество стерни, оставляемой на поверхности поля после чизелевания (55–60 %), несколько меньше, чем после плоскорезной обработки, однако его вполне достаточно для защиты почвы от ветровой эрозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ветров Ю. А.* Резание грунтов землеройными машинами. — М.: "Машиностроение", 1971, с. 5–8, 53–58.
2. *Горячкин В. П.* Рациональная формула для силы тяги плугов. Собрание сочинений. — М.: "Колос", 1965. Т. 2, с. 319–328.
3. *Горячкин В. П.* Собрание сочинений. — М.: "Колос", 1965. Т. 2, с. 67–74.
4. *Зеленин А. Н.* — Резание грунтов. — М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 62–69.
5. *Кострицин А. К.* Обоснование типа и параметров рабочих органов к плугам и безотвальным рыхлителям для щелевания дна борозды // Тр. ВИМ. — 1981. — Т. 90. — С. 91–108.
6. *Кузнецов С. В.* Об отрицательном эффекте уплотнения почвы тракторами и сельскохозяйственными машинами. // Тр. ВИМ, — 1974. Т. 66.
7. *Летошнев М. Н.* Сельскохозяйственные машины. — М.: Госиздат, 1955, с. 172–175.
8. *Медведев В. В.* Теоретические и прикладные основы оптимизации физических свойств черноземов. Автореф. докт. дис. М., 1982.
9. *Плющев Г. В.* Исследование процесса глубокого рыхления почвы и выбор оптимальных параметров рабочего органа пропашного культиватора-глубокорыхлителя для южной орошаемой зоны земледелия. Автореф. канд. дис. М., 1974.
10. *Пупонин А. И., Матюк Н. С., Русанов В. А. и др.* Деформация дерново-подзолистой почвы ходовыми системами тракторов и урожай. // Земледелие, — 1981, — № 3. — С. 22–24.
11. *Пупонин А. И., Матюк Н. С., Манолый Г. Г.* Агротехнические способы снижения уплотнения дерново-подзолистых почв. — В сб.: Плодородие почв и его изменение при уплотнении и разуплотнении. // Науч. тр. Почвенного института имени В. В. Докучаева. — 1984. — С. 25–34.
12. *Путянис А. П., Найденов А. С., Кильдюшкин В. М., Жирнов А. А., Труфанов В. В. и др.* Рекомендации по применению чизельного плуга ПЧ-4,5 при основной обработке почвы в Краснодарском крае. — Краснодар, 1987, с. 3–13.
13. *Русанов В. А., Небогин И. С., Фиронов Н. Н.* Изменение затрат энергии на обработку почвы при ее уплотнении различными ходовыми системами. // Тр. ВИМ. — 1981. Т. 91. — С. 69–78.
14. *Русанов В. А., Садовников А. Н. и др.* Изменение характеристик и плодородия тяжелосуглинистого чернозема под воздействием движителей. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, — 1983. — № 5.
15. *Сабликов М. В.* Сельскохозяйственные машины, часть вторая. — М.: "Колос", М., 1968, с. 91–96.
16. *Саранин К. И., Шептухов В. Н., Квашнин-Самарин И. С., Ковалев А. В.* Изменение физических свойств дерново-подзолистой почвы под воздействием ходовых систем МТА и приемы ее разуплотнения. — В сб. Плодородие почв и его изменение при уплотнении и разуплотнении. // Науч. тр. Почвенного института имени В. В. Докучаева, — 1984. С. 34–41.
17. *Синеоков Г. Н.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин. — М.: "Машиностроение", 1977, с. 62–63, 87–94.
18. *Труфанов В. В.* Основные параметры симметричных лап и деформация почвы. // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1963. — № 9, с. 99–102.
19. *Труфанов В. В., Юзбашев В. А. и др.* Исследование работы чизельных орудий для глубокой обработки почвы. // Тр. ВИМ. — 1978. Т. 82. — С. 115–138.
20. *Труфанов В. В. и др.* Рекомендации по применению чизельных орудий. — М.: Изд-во АгроНИИТЭИИТО, 1988, с. 26.
21. *Усманов И.* Чизелевание вместо вспашки. // Сельское хозяйство Нечерноземья, — 1984, — № 8, с. 29–30.
22. *Шакиров Б.* Обоснование конструктивных и технологических параметров чизельного плуга и эффективность его применения на основной обработке почвы. Автореф. канд. дис. М., 1984, с. 3–18.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Агротехнические требования 83, 84, 89
- Гидромеханизм 124
- Гидросистема 123, 127
- Глубина борозд 91, 99, 100
- Гумус 15, 104
- Дернина 125, 129
- Дренаж 7
- Засоренность посевов 105, 106
- Защитное устройство 125
- Зубья катка 123, 124
- Коэффициент полезного действия 37
- Критическая глубина 17–31, 34, 37, 40, 42, 50
- Культиватор-плоскорез 93, 94
- Культиватор чизельный 11–14, 80, 84, 87, 125–129
- Лапы орудий отвально-рыхлительные 14, 81–86, 127
- — рыхлительные 14, 81, 87, 93, 96–101, 120, 122, 127, 130
- — стрельчатые 14, 81, 120, 122, 127, 130
- — узкорыхлительные 14, 81, 127, 129
- Междуследие 13, 32, 35, 42, 50, 53, 55–57, 60–61, 84, 91–93, 95–102, 130, 135
- Мелиоранты 85
- Микрорельеф поля 91
- Мощность потребная 39, 44–47, 50
- Накопление влаги 118
- Нарост почвенный 17, 19, 29, 30
- Огрехи 129, 135
- Орошение земель 115
- Орудия
- заглубление 73–80
- производительность 13, 38, 47, 118–120, 123, 127, 135
- схема 12
- тип 10
- устойчивость хода 94
- ширина захвата 31–36, 40, 45, 48, 53, 71
- энергоемкость 39, 47, 51
- энергозатраты 8
- Основная обработка 7, 13, 102, 106, 109, 129
- Переувлажнение поверхностное 15, 133
- Плоскость скалывания 22, 79
- Плоскорез-глубокорыхлитель 10, 45–50, 76, 93, 98, 101, 117–119
- Площадь прорезей 34, 36, 40
- пласта 33, 36, 39, 44–47, 50, 87–89
- Плуг отвальный 38, 45–47, 50, 76, 79, 94, 100, 117–119
- чизельный 11–15, 38, 41–43, 46–51, 91–102, 117–125, 129–132, 134
- Плужная подошва 9, 15, 108, 118, 129, 134
- Пневмогидроаккумулятор 124
- Последствие чизелевания 15, 107, 119
- Почва
- аэрация 7, 15, 118

– ветроустойчивость	105
– влажность	24, 63, 91
– водопроницаемость	15, 118, 133
– вспушенность	90, 95
– глыбистость	90, 95, 99–101
– гребнистость	95
– крошение	91–95
– перемешивание	81–87
– плодородие	3, 7, 13
– плотность	8
– пористость	7, 133
– разуплотнение	11, 15, 107
– скважность	15
– смыв	104, 132
– снеготаяние	104
– твердость	24, 30, 76, 91
– трение	22, 24, 51, 58, 79
– уплотнение	
– – верхнее	9
– – общее	9
– – подпахотное	9
– эрозия	7, 15, 118, 129, 134
Приспособление к плугу	92, 99–102, 120–127, 130–132
Профиль поверхности	90, 101
Профилирование поперечное	24, 33, 56, 90, 102
Резание блокированное	16, 19, 23, 35, 37; 40, 42, 50

Рыхление периодическое	115, 132
– сплошное	32, 38, 53, 129, 135
Рыхлитель чизельный	95
Севообороты	8, 106, 115, 117, 131
Сопротивление тяговое	33, 35–44, 48–50, 67, 83, 87–89
– удельное	39, 41–47, 50, 88
Сохранение стерни	13, 15, 98, 104
Стружка почвенная	17, 23, 31, 35, 37, 42
Схема чизелевания	11
Технологическая схема обработки	11, 108, 109, 111
Толщина взрыхленного слоя	90, 97
Требования к обработке	14, 128, 134
Угол крошения	22, 25, 28, 49, 79
– резания	80
– раствора	28, 53, 57, 62, 64, 67, 76
Устойчивость противозерозионная	103
Чизелевание глубокое	11, 13, 106, 109, 111, 113–115, 119, 128, 132
– поверхностное	11
– полосное	11
Щелевание	33, 38
Щелерез	32, 36, 40, 41

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Технологические требования, предъявляемые к чизелеванию почвы	7
1.1. Уплотнение почвы и его влияние на рост растений	7
1.2. Основные виды чизелевания почвы и типы чизельных орудий	10
1.3. Особенности чизельной обработки почвы	13
1.4. Требования, предъявляемые к глубокой обработке почвы чизельными плугами	14
Глава 2. Критическая глубина резания почвы чизельными орудиями	16
2.1. Резание почвы (грунтов)	16
2.2. Критическая глубина резания и почвенный нарост	17
2.3. Экспериментально-теоретические предпосылки к определению критической глубины резания почвы и результаты полевых опытов	19
Глава 3. Тяговое сопротивление и удельная энергоемкость орудий	31
3.1. Формулы тягового сопротивления чизеля	33
3.2. Формулы тягового сопротивления щелереза	36
3.3. Энергетические показатели работы чизельных плугов	38
3.4. Обоснование выбора основных параметров рыхлительных лап чизельного плуга	48
Глава 4. Научно-экспериментальные исследования чизельных орудий	51
4.1. Размещение рабочих органов на раме орудий	51
4.2. Заглубление в почву рабочих органов орудий	73
4.3. Чизельные культиваторы	80
Глава 5. Результаты исследований качества работы чизельных орудий	89
5.1. Программа и методика полевых исследований	89
5.2. Условия проведения опытов	91
5.3. Крошение почвы	91
5.4. Высота гребней над дном борозды в обработанном слое почвы	95
5.5. Толщина взрыхленного верхнего слоя почвы	97
5.6. Сохранение стерни на поверхности почвы	98
5.7. Глубина борозд и глыбистость поверхности почвы при работе чизельных орудий	99
Глава 6. Технология возделывания полевых культур с применением чизельной обработки почвы	102
6.1. Влияние чизельных обработок на противозерозионную устойчивость почвы	103
6.2. Влияние чизелевания на засоренность посевов сельскохозяйственных культур	105
6.3. Технология обработки почвы с применением чизельных орудий при возделывании сельскохозяйственных культур	106
6.4. Технологические схемы обработки почвы с применением чизельных орудий и урожайность возделываемых культур	108
6.5. Экономическая эффективность чизельной обработки	117
	139

Глава 7. Устройство чизельных орудий	119
7.1. Плуги чизельные и приспособления к ним	120
7.2. Чизельные культиваторы.	125
7.3. Требования, предъявляемые к чизельной культивации	128
Глава 8. Рекомендации по применению чизельных орудий	129
8.1. Использование чизельных орудий на обработке почвы.	129
8.2. Применение чизельных плугов в системе обработки почвы в севооборотах	131
8.3. Использование чизельных плугов для периодического глубокого рыхления.	132
8.4. Глубокое чизелевание.	133
8.5. Требования к качеству работы	134
8.6. Особенности эксплуатации чизельных орудий	135
Список литературы	136
Предметный указатель	137

883

Труфанов Виктор Васильевич

ГЛУБОКОЕ ЧИЗЕЛОВАНИЕ ПОЧВЫ

Зав. редакцией *Т.А. Тихонова*
 Художник *Л. Ч. Гоцлавский*
 Художественный редактор *С. В. Соколов*
 Технический редактор *И. Г. Гоголевская*
 Корректор *Т. Н. Бобрикова*

ИБ № 6440

Сдано в набор 16.11.88. Подписано в печать 15.02.89. Т-03094. Формат 60 x 88¹/₁₆.
 Бумага кн.-журн. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,82.
 Усл. кр.-отт. 9,06. Уч.-изд. л. 9,16. Изд. № 597. Тираж 4600 экз. Заказ 883
 Цена 1 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6,
 Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомиздата,
 109033, Москва, Волочаевская, 40.

В 1988 ГОДУ
В ВО "АГРОПРОМИЗДАТ"
ВЫШЛА В СВЕТ КНИГА

"РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОТАЦИОННЫХ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН"

АВТОРЫ Ю. И. МАТЯШИН, И. М. ГРИНЧУК,
Г. М. ЕГОРОВ

Приведено технико-экономическое и агротехническое обоснование применения ротационных машин для обработки почвы с внесением жидких минеральных удобрений (ЖМУ). Даны методы расчета и проектирования этих машин.

В 1988 ГОДУ
В ВО "АГРОПРОМИЗДАТ"
ВЫШЛА В СВЕТ

КНИГА Д. Н. СААКЯНА

"СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ
МОБИЛЬНЫХ МАШИН"

Скорректированы оценочные показатели. Изложена методика их расчета. Рассмотрено новое направление науки о качестве — квалиметрия, используемая в оценке работы сельскохозяйственных агрегатов.

**В 1989 ГОДУ
В ВО "АГРОПРОМИЗДАТ"
ВЫЙДЕТ В СВЕТ**

**КНИГА В. М. КРЯЖКОВА
"НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ"**

На основе комплекса теоретических и экспериментальных данных определены основные направления в разработке вопросов повышения надежности, эффективности и качества сельскохозяйственной техники при ее производстве, эксплуатации и ремонте. Рассмотрены перспективные методы ремонта машин и современные способы восстановления деталей. Предложены методы оценки надежности и качества отремонтированных агрегатов, сборочных единиц и деталей машин. Приведены рекомендации по совершенствованию организации служб надежности, технического контроля и управления качеством продукции на ремонтных предприятиях.
