

АХМЕТОВ А.А.

**ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
КОНСТРУКЦИИ ХЛОПКОВОДЧЕСКИХ
ПРЕДПОСЕВНЫХ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
МАШИН-ОРУДИЙ**



ТАШКЕНТ

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
АО «Узагротехсаноатхолдинг»
АО «БМКБ-Агромаш»

АХМЕТОВ А.А.

**ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
КОНСТРУКЦИИ ХЛОПКОВОДЧЕСКИХ
ПРЕДПОСЕВНЫХ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
МАШИН-ОРУДИЙ**

ТАШКЕНТ – 2017

УДК 633.51.631.31

ББК 42.16.40.722

А 95

Ахметов Адилбек Агабекович.

Тенденции совершенствования конструкции хлопководческих предпосевных почвообрабатывающих машин-орудий / Ташкент: ILMiy TEXNIKA AXBOROTI - PRESS NASHRIYOTI, 2017 г., 236 с.

ISBN 978-9943-5065-1-9

Дан анализ тенденциям совершенствования предпосевных машин-орудий для возделывания хлопчатника и сопутствующих ему культур, обзор существующих конструкций почвообрабатывающих машин и их рабочих органов и приведены их классификации. Описаны устройство, принцип работы и расчеты некоторых параметров перспективных рабочих органов, имеющих конструктивные особенности и новаций.

Монография рассчитана на широкий круг читателей и может быть полезна разработчикам-конструкторам, научным работникам, младшим и старшим научным сотрудникам-соискателям, самостоятельным соискателям, магистрантам и студентам машиностроительных и сельскохозяйственных ВУЗов, а также специалистам сельскохозяйственного и машиностроительного производства.

Ответственный редактор:

доктор технических наук, профессор *Матчанов Р.Д.*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Маматов Ф.Н.*

доктор технических наук, профессор *Мирзаев Б.С.*

ISBN 978-9943-5065-1-9

© AXMETOV A.A., 2017

© ILMiy TEXNIKA AXBOROTI - PRESS NASHRIYOTI, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Рост технической оснащенности хлопкового региона за последние годы различной сельскохозяйственной техникой и повышение культуры земледелия значительно увеличили число машин применяемых при предпосевной обработке почвы. Все больше внедряется в сельскохозяйственное производство энергонасыщенные трактора и вместе с ним и широкозахватные высокопроизводительные машины-орудия, выполняющие те или иные технологические операции. Но, вместе с тем для удовлетворительной разделки почвы отдельные операции проводят этими машинами-орудиями два, три и более раз, что отрицательно сказывается на агрофизических свойствах почвы и, в конечном счете, уменьшает урожайность [1-8]. Многократная обработка почвы приводит к нерациональному использованию техники в напряженный период времени и, самое главное, затягивает сроки сева хлопчатника.

Обычными одно операционными почвообрабатывающими машинами не всегда удается полностью загрузить используемые в зоне хлопководства скоростные энергонасыщенные трактора, особенно на полях малых и средних размеров. При раздельном выполнении предпосевных технологических операций значительная часть энергии трактора расходуется на многократную транспортировку по полю так называемого "мертвого балласта", т.е. массу трактора, сцепки и сельскохозяйственной машины.

С целью рационального использования энергетических возможностей тракторов увеличивают ширину захвата почвообрабатывающих машин или же рабочие скорости агрегата. Однако эти параметры, из-за агротехнических, конструктивных и эксплуатационных ограничений, не могут возрастать беспредельно. Поэтому в зоне хлопководства используют, в основном почвообрабатывающие машины с шириной захвата четыре (ЧКУ-4А), шесть (МВ-6,5, ЧК-4-6) и восемь (ВП-8А, АБН-8,5, РВН-3/8,5) м. [9-14], так как дальнейшее увеличение ширины захвата усложняет конструкцию этих машин, ухудшает маневренность работы, а также копируемости их рабочих органов рельефа поверхности поля.

Повышение эффективности машинно-тракторного агрегата также не приводит к значимым результатам, поскольку коэффициент использования времени смены уменьшается вследствие роста затрат времени на холостые ходы при поворотах и на технологическое обслуживание.

В связи с этим последние годы научные исследования и конструкторские разработки направлены на разработку и внедрения комбинированных почвообрабатывающих машин, выполняющих несколько операций за один проход агрегата [15]. В перспективе такие машины могут стать основой создания более экологических систем земледелия, обеспечивающих достаточно высокий уровень сельскохозяйственного производства в республике.

В этом вопросе заслуживает внимания работы, проводимые за рубежом, где комбинированные почвообрабатывающие машины получили широкое распространение при выполнении предпосевных операций при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

Мировой опыт показывает, что при всем многообразии конструкций комбинированных машин, у них есть один общий признак - сочетание пассивных рабочих органов с ротационными рабочими органами пассивного или активного действия, т.е. с принудительным вращением или же вращающиеся за счет взаимодействия с почвой. Обработанная ими почва обязательно уплотняется катками различной конструкции.

Работы по созданию комбинированных машин для предпосевной обработки почвы в зоне хлопководства, за исключением некоторых, не увенчались успехом. Основными недостатками разработанных комбинированных машин были то, что в их конструкциях использовались рабочие органы завезенные из европейских стран, параметры которых не всегда соответствуют специфическим требованиям почвенно-климатических условия зоны хлопководства.

Эти рабочие органы обеспечивают сравнительно удовлетворительное качество рыхления только при спелом состоянии почвы, т.е. при влажности 16...18%. А при обработке почвы с меньшей влажностью, что часто имеет место в условиях жаркого климата Средней Азии, она разделяется грубо с образованием

крупных комков и глыб. После такой обработки почва быстро теряет запас продуктивной влаги, необходимой для прорастания семян и развития всходов хлопчатника и, самое главное, на таких фонах нельзя обеспечить равномерную заделку семян и получить ранние, полноценные всходы. Наличие на поверхностном слое почвы крупных почвенных комков и глыб оказывают отрицательное влияние также на проведение последующих операций, таких как посев, культивация междурядий посевов, нарезка поливных борозд и т.д.

Кроме того, почвообрабатывающие машины хлопкового комплекса в подавляющем большинстве случаев однооперационные и применяемые на них рабочие органы, имеют большие энергозатраты, чрезмерно выносят нижние более влажные слои почвы на дневную поверхность поля, конструктивно разнообразны, что требует хозяйствам, содержат на складах большего количества и разновидностей обменного фонда для поддержания работоспособности парка машин.

Все это в целом поставила перед разработчиками задачу поиска новых, почвошадящих, влаго-, энерго- и ресурсосберегающих форм почвообрабатывающих рабочих органов имеющих максимальную унификацию и на их основе создание комбинированных почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы в республике. А это в свою очередь требует изучения тенденции развития конструкции предпосевных почвообрабатывающих машин и их рабочих органов в зависимости от совершенствования применяемых в республике технологии предпосевной обработки почвы и системы машин чему и посвящена данная монография.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Технология предпосевной обработки почвы и основные требования к выполняемым их почвообрабатывающим машинам

В целях повышения производительности труда, минимизации затрат энергии и материальных средств на создание оптимальных условий для всходов, роста и развития растений техника и технология предпосевной обработки почвы постоянно совершенствуются [16-32].

В мировой практике наряду с традиционной технологией обработки почвы [16,17] появились интенсивная, почвозащитная, гребневая, минимальная и нулевая обработка почвы [24-32] и возделывание сельскохозяйственных культур с использованием технологической колеи машинно-тракторного агрегата (МТА) [25].

Существующая технология предпосевной обработки почвы, применяемая у нас в стране, зависит от зональных особенностей, связанных с почвенно-климатическими и мелиоративными условиями, которые условно разделены на следующие три зоны [16, 17]:

первая — предгорные земли, поверхность которых с заметным уклоном, с относительно большим количеством осадков, где можно получить всходы за счет естественной влаги;

вторая — предгорные земли, поверхность которых с незначительным уклоном, с малым количеством осадков, где для получения всходов необходимы предпосевные поливы;

третья — земли с незначительным уклоном и с различной степенью засоленности, где требуется проведение промывных поливов.

Земли каждой зоны хлопководства имеют свои специфические особенности, обусловленные в одном случае бесструктурностью почвы, а в другом — наличием глубоких трещин на их поверхности после промывного полива. Причем в последнем случае во время предпосевной обработки на обрабатываемом поверхностном слое образуется крупные комки и глыбы.

Несмотря на эти различия, основными задачами предпосевной обработки почвы на этих землях являются:

- на такырных землях возможно большее сохранение влаги, накопленной за осенне-зимний и весенний периоды, а на засоленных землях – и предотвращение поднятия вредных солей в верхние слои почвы;

- рыхление, аэрация и крошение переуплотненной почвы в целях придания ей требуемой пористости и присущей ее механическому составу влагоемкости, а также активизации жизнедеятельности почвенной микрофлоры и микрофауны;

- перемешивание нижних слоев почвы без выноса их на поверхность в целях равномерного распределения в ней минеральных веществ и обеспечения растениям возможности усваивать эти вещества из всего пахотного слоя без существенной потери влаги;

- уничтожения сорняков путем их подрезания и прикрытия слоем почвы;

- разрыхлить верхний слой на глубину посева семян хлопчатника, выровнять поверхность поля, обеспечить мелкокомковатое строение посевного слоя, уплотнить ложе на глубине посева семян, создать благоприятные условия для производительной работы сельскохозяйственных машин на посеве, при уходе за посевами и на уборке урожая.

С учетом задачи предпосевной обработки почвы и учитывая особенности посева хлопчатника и сопутствующих ему культур, можно определить следующие основные требования к технологическим процессам, выполняемым предпосевными почвообрабатывающими машинами:

1. Технологические процессы, выполняемые комбинированными машинами, должны быть экологически безвредными;

2. Глубина обработки пассивными рабочими органами должна быть до 20 см. Среднеквадратическое отклонение глубины рыхления почвы не должно превышать ± 2 см;

3. Глубина обработки ротационными рабочими органами должна быть 8-10 см. Высота гребней на дне борозды должна быть не более 2 см;

4. При обработке почвы с оптимальной (16-18 %)

влажностью в слое 0-10 см содержание фракций размером менее 25 мм должно быть не менее 80%, а фракций размером более 100 мм не должно быть;

5. Вынос нижних более влажных слоев почвы на дневную поверхность поля не допускается;

6. Сорные растения должны быть полностью подрезаны и рабочие органы не должны забиваться ими, а их поверхность залипаться почвой;

7. Поверхность поля должна быть мелкокомковатой и выровненной. Среднеквадратическое отклонение поверхностей после прохода машины не должно превышать ± 2 см от плоскости параллельной поверхности поля, как по ширине захвата, так и по ходу движения по длине гона 5 м;

8. Семенное ложе должно быть осевшим. Плотность обработанного слоя почвы на глубине более 5 см должна быть не более 1,1-1,2 г/см³. Твердость по горизонтам 0-5, 5-10 и 10-15 см должна быть соответственно до 0,3; 0,8 и не более 1,3 МПа.

Выполнение вышеперечисленных требований во многом зависит от правильного выбора технологии предпосевной обработки почвы, конструкции машин и типов, форм, параметров и режимов работы их рабочих органов.

Выбор рациональной технологии предпосевной обработки почвы и применяемых при этом машин, а также дальнейшее их совершенствования невозможно без глубокого анализа преимуществ и недостатков ранее известных технологии и машин и исследовании по ним проведенных у нас в республике и сравнительного анализа их с мировой тенденцией совершенствования технологии и конструкции машин.

1.2. Краткий обзор проведенных в республике исследований по технологиям и машинам для предпосевной обработки почвы

Вопросами совершенствования техники и технологии предпосевной обработки почвы в европейской части СНГ занимались В.П. Горячкин [33], В.П. Василенко [34], В.А. Желиговский [35], Г.Н. Синеоков, И.М. Панов [26,36], Н.И. Кленин, В.А. Сакун [37], А.Д. Далин, П.В. Павлов [38], П.Н.

Бурченко [27], О.С. Марченко [25,39], Ф.М. Канарев [40] и др., а в поливном земледелии в Центральной Азии – Г.М. Рудаков [41], Р.И. Байметов [42], В.П. Соколов [43], А.Тухтакузиев [44], А.А.Ахметов [45] и др., результаты исследований которых в значительной степени определили уровень современной почвообрабатывающей техники, а их практическое применение позволили повысить культуру земледелия и снизить затраты труда и средств на обработку почвы.

Одним из первых исследований, посвященных совершенствованию технологии и машин для предпосевной обработки почвы, применяемых в республике была работа Г.М. Рудакова и А.Н. Кабанова [41]. Ими была обоснована технология послойной обработки почвы при чизелевании и параметры чизеля ЧК-3,0. Изучая эффективности этой технологии Х.Б. Бегимовым [46] было установлено, что применение чизеля для послойной обработки почвы значительно улучшает крошение почвы, сокращает кратность обработки и повышает на 1,5-2,0 ц/га урожай хлопка-сырца.

Исследованиями С. Наркулова [47] и Р.Б. Сафарова [48] было установлено, что с повышением скорости движения более 2,3 м/с возрастает тяговое сопротивление рабочих органов и вместе с тем уменьшается глубина обработки, ухудшается качество рыхления почвы.

Исследования Р.И. Байметова [42] показали, что сочетание рабочих органов пассивного и активного действия позволяет при различном состоянии почвы получать высокое качество разделки за один проход машины.

Для снижения энергозатрат А. Тухтакузиевым [44] разработаны механико-математические модели воздействия на почву рабочих органов почвообрабатывающих машин в условиях деблокированного резания.

Для снижения энергозатрат и сокращения число проходов машин-орудий по полю А.А. Ахметовым [45] разработаны механико-математические модели воздействия на почву рабочих органов комбинированных почвообрабатывающих машин в условиях полудеблокированного резания с ротационной обработкой ее с эквидистантным перемещением вершин зоны деформации с последующим выравниванием и уплотнением

обработанного поверхностного слоя почвы.

А. Махаматалиев [49] исследовал факторы, влияющие на эксплуатационно-экономические показатели предпосевного агрегата при чизелевании, и определил их основные параметры.

М. Мирахматовым [50] обоснованы параметры рыхлительных лап чизеля-культиватора для работы на скоростях движения до 3,33 м/с, а М.А. Алланазаровым [51] обоснованы формы и параметры пассивного рабочего органа с асимметричными крыльями лап.

А.А. Насритдиновым [52] исследованы различные схемы размещения на раме чизель-культиватора рабочих органов на упругих стойках, а К.Б. Иманкуловым [53] обоснованы параметры чизеля-рыхлителя производящего обработку почвы без оборота пласта.

В.Н. Соколовым [54] обоснованы параметры малы-выравнивателя МВ-6,0 для предпосевного уплотнения и выравнивания почвы.

На основе исследований, проведенных А.Т. Эгамовым [55] были обоснованы параметры и режимы работы мала-выравнивателя с регулируемым давлением на почву, С. Аминовым [56] – уплотнительного катка к фрезерному культиватору, Мухамедсадыковым К. [57] – предпосевного выравнивателя ВП-8,5, а Э.С. Курбановым [58] – навесного бороновального агрегата.

И.З. Насыров [59] для измельчения почвенных комков предложил прутково-зубчатый тип каточной бороны для чизеля-культиватора, а И.А. Иноятовым [60] обоснованы параметры зубчато-планчатого катка.

В работе У.Н. Абдурахманова [61] были обоснованы параметры орудия для поверхностной обработки почвы к пропашным тракторам.

Ж.К. Узакбергенов [62] для гребневой обработки почвы предложил зубчатый ротор и обосновал его параметры и режим работы.

Р.О. Садыковым [63] были обоснованы режимы работы и параметры ротора ротационной бороны с вертикальной осью вращения, а Б.У. Нурмихамедовым [64] обоснованы формы и параметры кожуха ротора с горизонтальной осью вращения.

В работе Х.К. Атакулова [65] были обоснованы форма,

параметры и режим работы ведущего зубчатого ротора, а в работе Б. Атаханова [66] – ведомого ротора ротационного бесприводного орудия.

Исследования Б.К. Утепбергенова [67] направлены на обоснование параметров выравнивающего рабочего органа рыхлителя-выравнивателя, а М.П. Калимбетова [68] – усовершенствованного малы-выравнивателя.

М.О. Каипов [69] исследуя отрицательные воздействия движителей, для разуплотнения следов пахотных тракторов предложил следорыхлитель.

Исследования А. Тухтакузиева и К. Иманкулова [70] направлены на снижение энергозатрат на обработку почвы за счет применения деблокированного рыхления почвы. Им предложены схема установки рабочих органов чизеля-культиватора, при которой первый ряд работает на условиях блокированного рыхления почвы, а второй ряд в условиях деблокированного рыхления почвы, за счет которого достигается снижения энергозатрат на обработку почвы.

К. Мирзажоновым и У. Тожибаевым [71] убедительно доказано преимущество ротационной обработки, где по сравнению с другими вариантами подготовки почвы получена прибавка урожая хлопка-сырца до 2,4 ц/га.

Анализ исследований, проведенных по предпосевной обработке почвы, показывает, что они в основном направлены на обоснование параметров и режима работы отдельных предпосевных почвообрабатывающих машин-орудий и их рабочих органов, а также на снижение энергозатрат на обработку почвы отдельных машин-орудий. Эти исследования также показали, что по мере совершенствования, как в мировой практике, так и у нас в республике технологии предпосевной обработки почвы и машин-орудий для её осуществления совершенствовались и конструкции рабочих органов этих машин-орудий.

1.3. Обзор мировых достижений в области техники и технологий по предпосевной подготовке почвы

Обзор мировых достижений в области сельскохозяйственной техники и технологий, применяемых для предпосевной

подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур, показывает, что они динамично развивается.

В технологии предпосевной обработки почвы прослеживается тенденция направленные на сокращение численности проходов машинотракторного агрегата (МТА) по полю за счет совмещения предпосевных операций, на энерго- и ресурсосбережение и на повышение производительности труда и надежности машин и их рабочих органов.

Заслуживает внимания работы, проводимые в этом направлении в следующих научных центрах и лабораториях, высших образовательных учреждениях и ведущих машиностроительных компаниях: Agricultural Research Centre, National Soil Dynamics Laboratory, Texas Agricultural and Mechanical University, Harvard University, Oklahoma State University, Cornell University, University of Wisconsin-Madison, Mississippi State University, The company of John Deere (США), University of Manitoba, The company of Bourgault, The company of Morris (Канада), The institute of agricultural engineering, The company of F.W.Mc Connel, Howard Rotavator Co. Ltd (Англия), Australian Cotton Research institute (Австралия), University of Hohenheim, University of Gottingen, Rau Maschinenfabrik Ltd, Lemken Ltd, Eberhardt Ltd, Silo Wolff Ltd, Rumpstadt Ltd (Германия), The company of Kuhn (Франция), University Bologna, Institute for agricultural mechanization, The company of Dondi, The company of Macchine (Италия), Swedish institute of Agricultural and Environmental Engineering (Швеция), The company of Bellota (Испания), Kverneland Ltd (Норвегия), The company of Amac, The company of Struik Wieringermeer B.V. (Нидерланды), Aristotle University of Thessaloniki (Греция), The company of Unia, The company of Famarol (Польша), China Agricultural University, Hunan Agricultural University (Китай), The company of ATESPAR (Турция), Всероссийский институт механизации, Московский государственный агроинженерный университет, Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Казанская государственная сельскохозяйственная академия, ООО «БДМ-Агро», ОАО «Белагромаш-Сервис», ОАО «Дальсельмаш», ОАО «Краснянское СП «Агромаш», ОАО «Красный Аксай», ООО «ЛидерАгроМаш», ОАО «Сальксельмаш», ПКОО

«Сиверское», ФПГ «Сибагромаш», ОАО «Сибсельмаш», ОАО «Алтайсельмаш», ОАО «Грязинский культиваторный завод», НПВП «Наука», ОАО «Орловский машиностроительный завод», ЗАО «Пензагормаш», ООО «Агромеханика» (Российская Федерация), Белорусская национальная академия механизации сельского хозяйства, Белорусский государственный аграрный университет, ОАО «Агропромтехника», ОАО «Белагромаш», ОАО «Бобруйсксельмаш», ОАО «Гидросельмаш», ОАО «Брестский электромеханический завод», РУМП «Кузлитмаш», ОАО «Литмаш», ОАО «Оршаагропромаш», ОАО «Лидсельмаш», ПУРП «Завод Минскагропромаш», ПООО «Техмаш», ООО «СельАгро», ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт» (Республика Беларусь), Харьковский национальный технический университет, Украинский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, ОАО «Хмельниксельмаш», ОАО «Уманьферммаш», ОАО «Одессельмаш», ОАО «Шепетовский завод культиваторов», ОАО «Галещинский машзавод» (Украина), Латвийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (Латвия), Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Ташкентский государственный аграрный университет, АО «БМКБ Агромаш», Ташкентский завод сельскохозяйственной техники (Республика Узбекистан), Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (Казахстан), «Молдагротехника» (Молдова) и мн. др.¹

Для максимально эффективного использования преимуществ и устранения недостатков серийных машин-орудий при их усовершенствовании и создании их новых образцов,

¹ Обзор осуществлялся на основе: Principles of Farm Machinery (USA), Outlooks on Pest Management (USA), Weed Sciences (USA), European journal of agronomy (Italy), RI vista di Agronomic (Italy), Vegetable crops research bulletin (Poland), Soil and tillage (China); <http://www.greatplainsag.civ.ru/354/vertical-tillage-fall>; <https://www.uni-hohenheim.de/institution/institute-fuer-agartechnik>; http://study.com/agriculture_schools.html; http://www.agr.unizg.hr/en/article/337/departement_of_agricultural_engineering; <https://www.tamu.edu/>; <http://english.cau.edu.cn/col/col3408/index.html>; e-mail: celexport@bk.ru; e-mail: agri-tech@ru; e-mail: marketing.agrisolutions@bellota.com; www.bellota.com; e-mail: lemken@lemken.com; <http://www.lemken.com>; E-mail: mail@kraanagromash.vn.ua; <http://www.i-mash.ru>; celexport@bk.ru; en.wikipedia.org/wiki/Cultivator; https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_A%26M_University; <http://cropwatch.unl.edu/tillage/index>; https://www.technology.heartland.edu/faculty/chris/m/mechanical_main_102/chain_bristol_university.pdf; <http://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md/beltsville-agricultural-research-center>; <https://www.ars.ski.eg/researchstations.aspx?lang=en>; <https://an.calstate.edu>; <http://www.unimi.it/eng/university/29514.htm> и др.

подготавливающих почву к посеву с минимальными энерго и ресурсозатратами необходимо всестороннее изучение тенденции развития технологии предпосевной обработки почвы и конструкции применяемых при этом, как у нас, так и за рубежом машин-орудий.

Поэтому в последующих главах данной работы вкратце остановимся на некоторых, наиболее приемлемых к условиям поливного земледелия в Центральной Азии, видах технологии и образцах машин, разработанных вышеупомянутыми институтами, центрами, учреждениями и компаниями, анализируем их преимущества и недостатки.

Таким образом, анализ исследований, проведенных по предпосевной обработке почвы, показывает, что они в основном направлены на обоснование параметров и режима работы отдельных предпосевных почвообрабатывающих машин-орудий и их рабочих органов, а также на снижение энергозатрат на обработку почвы. Эти исследования также показали, что по мере совершенствования, как в мировой практике, так и у нас в республике технологии предпосевной обработки почвы и машин-орудий для её осуществления совершенствовались и конструкции рабочих органов этих машин-орудий.

Для максимально эффективного использования преимуществ и устранения недостатков серийных машин-орудий при их усовершенствовании и создании их новых образцов, подготавливающих почву к посеву с минимальными энерго и ресурсозатратами необходимо всестороннее изучение тенденции развития технологии предпосевной обработки почвы и конструкции, применяемых при этом машин-орудий применительно к условиям зоны хлопководства.

ГЛАВА 2. ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУКЦИИ МАШИН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

2.1. Тенденция развития технологии предпосевной обработки почвы

Анализ современного состояния в республике механизации предпосевной обработки почвы показал необходимости повышения ее эффективности. Технология работ местами нарушается по способам и срокам обработки, качеству их осуществления, режимам использования техники и другим показателям. Объясняется это, прежде всего конструктивными недостатками рабочих органов и несовершенством выполняемых ими технологических процессов.

Характерными тенденциями в области рационализации предпосевной обработки почвы являются повышение производительности труда, минимизация затрат энергии и материальных средств на создание оптимальных условий для всходов, роста и развития растений.

В последние годы, как за рубежом, так и у нас в республике предпочтение отдается к минимальной и нулевой обработке почвы. Совершенствование конструкции машин также направлено на сохранение и повышение плодородия почвы за счет внедрения почвозащитной технологии, включая чизельную, минимальную и нулевую обработку почвы [27].

С точки зрения сохранения экологического мониторинга путем снижения вредных воздействий химических препаратов и механических приемов на почву, минимальная обработка почвы имеет ряд преимуществ перед нулевой и традиционной обработкой почвы. Поэтому в мировой практике традиционные почвообрабатывающие машины все больше и больше заменяются машинами производящими минимальную обработку почвы.

Минимизация обработки почвы предусматривает, прежде всего, внедрению прогрессивных почвозащитных и влагосберегающих приемов в зависимости от возделываемой культуры и почвенно-климатических условий. Одним из таких почвозащитных приемов является технология безотвальной

обработки почвы. При этой технологии традиционные почвообрабатывающие рабочие органы заменяются новыми типами, такими как «Pаgаrlo» [72] или же плоскорезными [7, 8], а процесс рыхления почвы происходит без перемешивания слоев, с максимальным сохранением влаги.

Для минимизации предпосевной обработки почвы, наряду с безотвальной применяют и технологию ротационной обработки почвы. В отличие от обычных, ротационная обработка почвы обеспечивает высокую степень измельчения обрабатываемого пласта, что достигается подбором требуемого сочетания поступательной скорости агрегата, угловой скорости вращения и числа ножей ротора. Эта особенность ротационной обработки почвы позволяет использовать ее для подготовки к посеву за один проход различных почв. Кроме того при ротационной обработке почвы энергия передается, в основном, не через тягу, а через ВОМ трактора, что исключает разрушение структуры почвы двигателем трактора.

Другое направление в совершенствовании системы обработки почвы – совмещения предпосевных технологических операций за счет применения комбинированных машин, что существенно снижает влияния ходовых систем (двигателей) МТА на почву.

Вопросы исследования влияний ходовых систем МТА на почву и на урожайность сельскохозяйственных культур были предметом изучения многих авторов [2-8]. Эти исследования показали, что при традиционной технологии обработки почвы движение МТА по месту семенного ложа может оказывать неблагоприятное влияние на его урожайность.

Сравнительно новой в совершенствовании системы обработки почвы и альтернативной к традиционной технологии является технология возделывания сельскохозяйственных культур с использованием технологической колеи МТА [25]. При этой технологии движение МТА происходит по заранее заложенной технологической колее, следовательно, площадь участков поля, находящихся за пределами технологической колеи, не подвергается воздействию двигателей МТА. За счет этого она обеспечивает: лучшее проникновение корней в почву; исключение движения МТА по месту семенного ложа;

сокращение затрат на обработку; возможность прямого посева без какого-либо уплотнения почвы; равномерный полив посевов и получение более равномерного урожая. Эта технология дает положительные результаты при 12-, 24-, 32-, 48-, 64-рядной системе возделывания сельскохозяйственных культур и на картах с большими размерами и длинным гоном. Между тем на небольших картах, что имеет место в поливном земледелии республики (густонаселенных регионах, например, в Ферганской долине), большая часть сменного времени уходит на разворот и переналадку агрегата на следующий заход в очередной загон.

Таким образом, тенденция изменения технологии предпосевной обработки почвы идет по трем основным направлениям: минимизации обработки почвы, совмещение технологических операций, использование технологической колеи для МТА.

Анализ преимуществ и недостатков появившиеся в мировой практике различных технологии показывает, что на современном уровне развития и оснащенности энергетическими средствами, а также при нынешней структурной особенности аграрного сектора республики (небольшие размеры карт, возделывание различных видов культуры, многоукладность формы собственности и т.д.) среди перечисленных технологий для зоны хлопководства наиболее приемлема технология минимальной обработки почвы, производимой комбинированной машиной, снабженной влаго-, энерго- и ресурсосберегающими рабочими органами.

Проведенный обзор и сравнительный анализ показывают, что, независимо от вида технологии предпосевной обработки почвы и разнообразия, применяемых при этом машин, у них есть общий признак – это наличие в технологии таких операций, как глубокое рыхление, мелкокомковатая поверхностная обработка, выравнивание поверхности обработанной почвы и ее уплотнение.

Таким образом, анализируя тенденцию развития технологий предпосевной обработки почвы можно отметить, что:

1. Тенденция изменения технологии предпосевной обработки почвы идет по трем основным направлениям: минимизации обработки почвы (вплоть до нулевой обработки), совмещение технологических операций, использование технологической колеи для МТА.

2. На современном уровне развития и оснащенности энергетическими средствами, а также при нынешней структурной особенности аграрного сектора республики более приемлемым для зоны хлопководства является технология минимальной обработки почвы основанной на совмещении технологических операций за счет применение комбинированных предпосевных почвообрабатывающих машин сочетающих в себе активные и пассивные рабочие органы и уплотнительного катка.

2.2. Машины для предпосевной обработки почвы и тенденция совершенствования их конструкции

2.2.1. Общие сведения

Продолжительно долгое время основными техническими средствами для предпосевной обработки почвы в зоне хлопководства оставались бороны, чизели-культиваторы и мала. В дальнейшем их конструкции претерпели ряд изменений и к их ряду прибавились мотыги, выравниватели-рыхлители, дисковые и ротационные бороны, а также комбинированные машины.

2.2.2. Бороны

В зоне хлопководстве для поверхностного рыхления (на глубину 3-5 см) и выравнивания почвы в основном используются б о р о н ы . Они, являясь одним из древнейших предпосевных орудий, по мере их использования постоянно совершенствовались и наряду зубowymi в мировой практике появились и ножевые, лапчатые, сетчатые, пружинные, дисковые, ротационные, шарнирные и шлейф-бороны [37, 73-76].

Зубовые бороны (ЗБЗТУ-1,0, ЗБЗС-1,0) применяются для поверхностного рыхления и выравнивание почвы, вычесывания сорняков, заделки семян и удобрений, разрушения образовавшейся корки и уничтожения проростков сорных растений (рис.2.1 и 2.2). Звенья зубowych борон в зависимости от формы и расположения планок выполняются в двух видах. В одном случае все планки имеют одинаковую форму, и они закрепляются друг другом зубьями в ромбовидном положении (см. рис.2.2), а в другом поперечные планки имеют

прямолинейную, а продольные – зигзагообразную форму и они также закрепляются друг другом зубьями (см. рис.2.1).

Зубовые бороны в зависимости от типа и формы зуба бывают тяжелыми, средними и легкими зубовыми боронами, ножевыми и лапчатыми боронами.

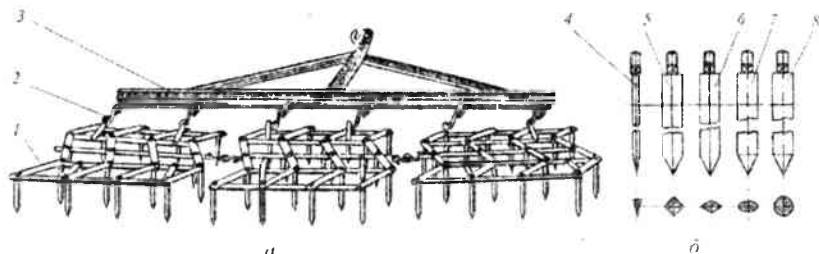


Рис.2.1. Зубовая борона (а) и формы (б) ее зубьев:

1 – звено зубовых борон; 2 – цепочка; 3 – сценка; 4, 5, 6, 7, 8 – зубья борон треугольной, квадратной, ромбовидной, овальной и круглой формы

Тяжелые, средние и легкие типы зубовых борон отличаются между собой удельным давлением на зуб и формой поперечного сечения самых зубьев. Если у тяжелых зубовых борон удельное давление на зуб составляет 2 кг, то у среднего и легкого соответственно – 1,5 и 0,7 кг на зуб. При этом бороны тяжелого и среднего типа имеют зубья квадратного сечения, а бороны легкого типа – круглого сечения.

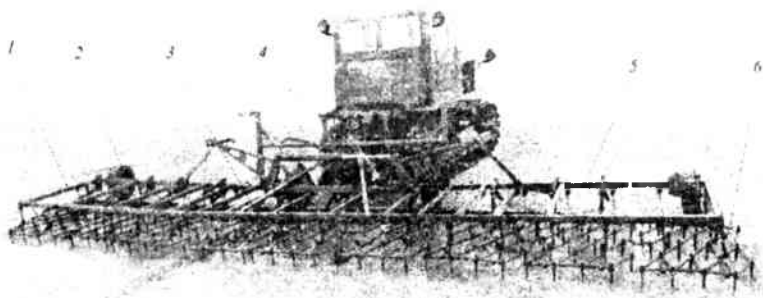


Рис.2.2. Агрегат бороновальный навесной АБН-8,5:

1,5 – боковые секции; 2 – опорное колесо; 3 – центральная секция; 4 – навесное устройство; 6 – зубовые бороны

Не зависимо от типа зубовые бороны используются и в отдельности в виде бороновального орудия, т.е. борон прицепленной к сцепкам СП-16 (рис.2.1) или в виде самостоятельного навесного бороновального агрегата АБН-8,5 (рис.2.2) или же в составе выравнивателя-рыхлителя (ВП-8) или чизеля-культиватора (ЧКУ-4А) [10-13].

Для боронования посевов применяются *сетчатые бороны* (БС-2,0). Благодаря шарнирности зубовых звеньев сетчатые бороны (рис.2.3.) хорошо приспособляются к неровностям и поэтому их часто применяют для боронования гребнистых посевов.

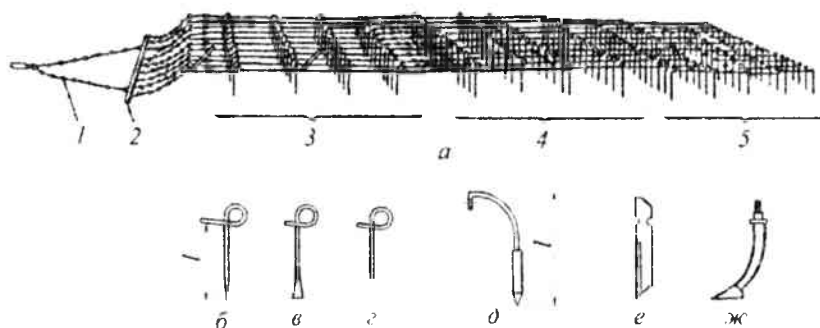


Рис.2.3. Сетчатая борона (а) и формы зубьев сетчатой (б, в, г), пропеллочной (д) ножевой (е) и лапчатой (ж) бороны:
1 – сцепка; 2 – поперечная тяга; 3, 4, 5 – секции

Пружинные бороны (БП-9, БП-12) в основном предназначены для рыхления почвы и уничтожения сорняков на каменистых и засоренных корневишными сорняками почвах. Благодаря упругости пружинных зубьев они (рис.2.4) не ломаются, из-за вибрации во время работы легко выдергивают сорняки и не забиваются ими.

Однако эти бороны по простоте обслуживания, ремонтпригодности, транспортабельности уступает зубовым боронам и поэтому они в зоне хлопководства не нашли широкого применения.

Ножевые бороны (БЗН-1,0) снабжаются вместо зубьев

ножами (см. рис. 2.3, *е*), и они применяются для поверхностной обработки лугов и пастбищ, а также для разделки пласта, комьев и глыб.

Лапчатые бороны (БЗЛ-1,0) снабжаются вместо зубьев лапками (см. рис. 2.3, *ж*), и они применяются для рыхления почвы, заделки семян и удобрений, подрезания и вычесывания сорняков. Длина лапчатых зубьев составляет 140 мм, ширина лапы зуба – 75 мм.

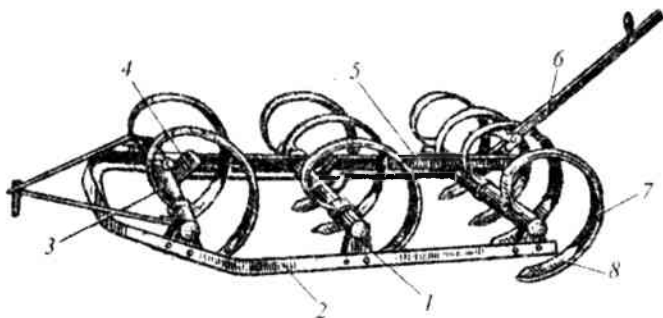


Рис.2.4. Пружинная борона:

1 – подшипник; 2 – контурная рамка; 3 – поперечная труба; 4 – рычаг поперечной трубы; 5 – продольная планка; 6 – рычаг; 7 – пружинный зуб; 8 – рыхлительная лапа пружинного зуба

Шлейф-бороны (ШБ-2,5) применяются в основном для выравнивания поверхности почвы (рис.2.5).

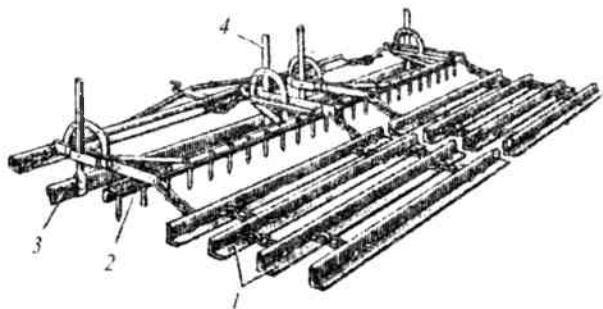


Рис.2.5. Шлейф-борона:

1 – стальные брусья; 2 – зубчатый брус; 3 – ножевой брус; 4 – рычаг

Отличительной особенностью шлейф-бороны от других является то, что она состоит из ряда последовательно расположенных брусьев, соединенных друг другом цепями. Первый брус несет на себе ножевую полосу, а на втором брусце закрепляются в один ряд зубья диаметром до 10 мм, остальные последующие расположенные брусья не имеют зубьев или других рабочих элементов.

Таким образом, среди перечисленных борон в зоне хлопководства применялись но, редко шлейф-бороны и зубовые бороны легкого типа (ЗБП-0,6), а наибольшие распространение получили бороны зубовые тяжелого БЗТХ-1,0 и среднего БЗС-1,0 типа.

Остальные виды борон: сетчатые, ножевые, лапчатые и пружинные в зоне хлопководства практического применения не нашли. Поэтому дальнейшее совершенствование конструкции борон в республике ведутся в основном по зубовым боронам.

Совершенствование зубовых борон проводятся как у нас, так и за рубежом в направлении повышения эффективности их работы, надежности конструкции и в направлении их унификации.

Например, для повышения эффективности работы зубовой бороны в НамМПИ разработана конструкция шарнирно-зубчатой бороны (рис.2.6), состоящей из рамы с навесным устройством и рабочих звеньев, шарнирно соединенных между собой соединительными кольцами [77].

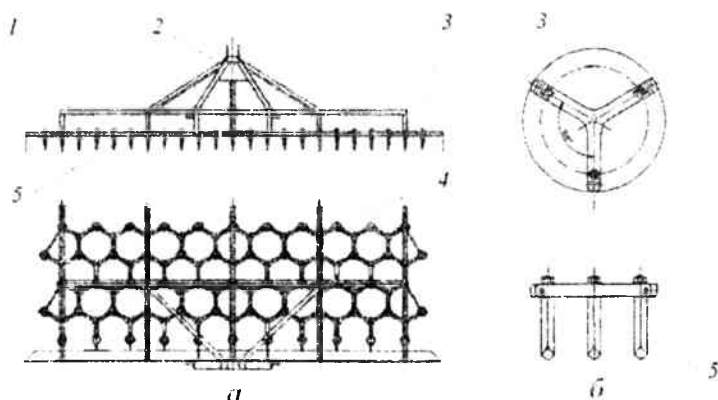


Рис.2.6. Шарнирно-зубчатая борона (а) и ее рабочее звено (б):
 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – рабочее звено; 4 – соединительное кольцо; 5 – зубья

Рабочее звено выполнено в виде лития имеющей форму трехконечной звезды. В каждом конце выполнено две отверстий один, из которых расположен вертикально, а другой горизонтально. В каждое вертикально расположенное отверстие вставляется и закрепляется зубья бороны, а в горизонтальное отверстие свободно вставляется кольцо, шарнирно соединяющее данное рабочее звено с двумя другими смежными звеньями.

При таком шарнирном креплении рабочих звеньев между собой зубья бороны имеет возможности свободного перемещения в трех плоскостях, что способствует обеспечению хорошей копируемости боронкой микрорельефа поверхности обрабатываемой почвы.

В отличие от предыдущего в Нукусском филиале ТашГАН совместно с КХМЭИ разработана зубовая борона с активной рабочей секцией, предназначенная для измельчения почвенных комков после плужной пахоты при подготовке поля к посеву [73].

Рабочая секция этой бороны (рис.2.7) состоит из рядов зубьев, закрепленных к общей сетчатой раме. Сама рабочая секция присоединена к раме бороны с помощью натянутых цилиндрических пружин с передней и задней стороны ее рамки.

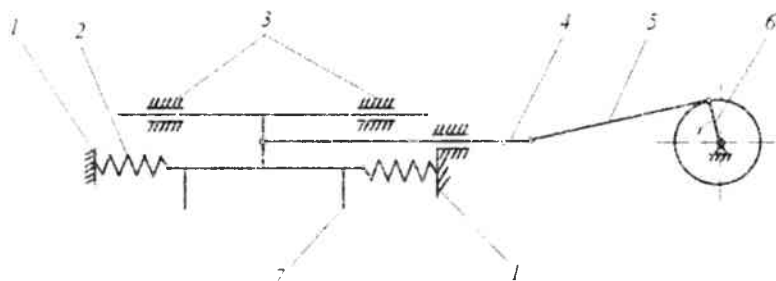


Рис.2.7. Зубовая борона с активной рабочей секцией:

1 – рама бороны, 2 – пружины, 3 – направляющие втулки, 4 – толкатель рабочей секции, 5 – шатун, 6 – кривошип, 7 – рабочая секция

Ведутся также работы в направлении совершенствования формы зубьев и повышении их износостойкости.

В отдельных случаях, например, на засоленных землях,

после промывных поливов, из-за сильного уплотнения пахотного слоя боронование не достаточно эффективно, так как зубовые бороны не обеспечивают получению необходимой глубины и крошения почвы. На таких землях вместо боронования лучше проводить дискование почвы *дисковой бороной*. Однако из-за сравнительно меньшего объема площади таких почв дисковые бороны в зоне хлопководства применяются редко, в основном, для обработки тяжелых, глыбистых почв. Но, несмотря на это их конструкции перетерпели несколько усовершенствований.

В зоне хлопководства вплоть до 80-х годов использовались тяжелая прицепная дисковая борона БДТ-2,2 (рис.2.8) [74]. В последующем их конструкции усовершенствовались и до 90-х годов вместе них стали применяться полунавесная тяжелая дисковая борона БДТ-3,0 (рис.2.9), а с 90-х годов стали применяться еще более усовершенствованные тяжелые дисковые бороны ТДБ-3/5 (рис.2.10).

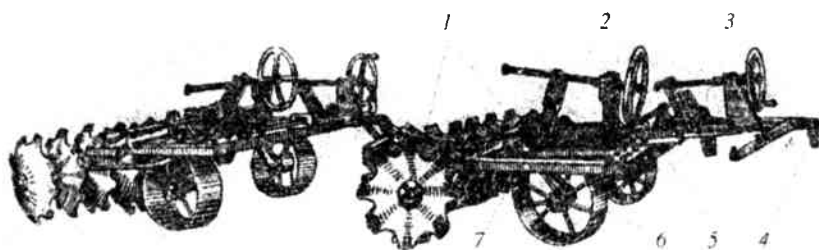


Рис.2.8. Тяжелая полунавесная дисковая борона БДТ-2,2:

- 1 – правая и левая батарея дисков, 2 – винтовой механизм подъема;
 3 – винтовой механизм регулирования угла атаки дисков; 4 – прицеп;
 5 – рама; 6 – колесо; 7 – коленчатая ось

Хотя сферические диски в этих дисковых боропах не претерпели существенного изменения, но общая их конструкция существенно отличаются друг от друга.

Рабочими органами дисковых борон являются вогнутые сферические диски с острыми заточенными краями. Первые дисковые бороны снабжались сферическими дисками. Такие диски из-за сплошного лезвия трудно врезались в почву, и

защемление ими крупных комков и глыб происходило не достаточно эффективно. Для устранения этих недостатков в последующем конструкции сплошных дисков усовершенствовались и их заменили вырезными.

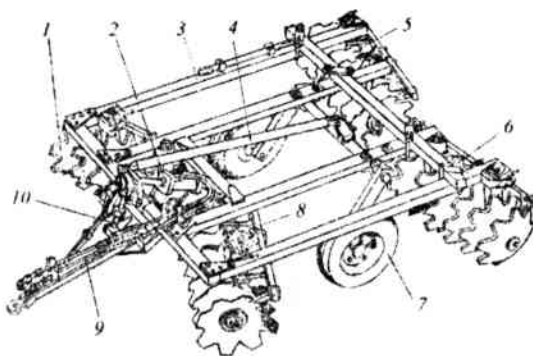


Рис.2.9. Тяжелая полунавесная дисковая борона БДТ-3,0:

- 1 – диск; 2 – гидроцилиндр; 3 – рама; 4 – механизм выравнивания рамы;
 5 – батарея задняя правая; 6 – батарея задняя левая; 7 – колесо;
 8 – батарея передняя левая; 9 – прицеп; 10 – распорка

Наличие вырезов на дисках облегчает их заглубление в почву, поскольку удельное давление на лезвие по сравнению со сплошными дисками увеличивается. Кроме того вырезные диски лучше крошат почву и обеспечить хорошее защемление крупных комков и глыб.



Рис.2.10. Тяжелая полунавесная дисковая борона ТДБ-3/5

Дисковые бороны БДТ-3,0 и ТДБ-3/5 конструктивно похожи, отличаются шириной захвата и тем, что у ТДБ-3/5 в отличие от БДТ-3,0 имеются две боковые секции, складывающиеся при транспортном положении.

В последние годы стали снабжать дисковые бороны для выравнивания и уплотнения почвы катками. Например, дисковая борона Rubin 9/250 U (рис.2.11), поставляемая по линии СП ООО «Lemken Chirchig» снабжена двумя последовательно расположенными трубчатыми и планчатыми катками [18].

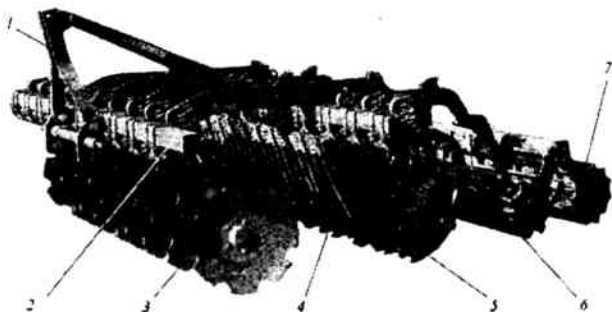


Рис.2.11. Дисковая борона Rubin 9/250 U:

1 – навесное устройство; 2 – рама; 3 – батарея передняя; 4 – решетка; 5 – батарея задняя; 6 – трубчатый каток; 7 – планчатый каток

СП ООО «Lemken Chirchig» для разрушения комков, выравнивания и уплотнения почвы стали поставляет отдельно почвоуплотнителя «Variopack 110 DP 70» (рис.2.12), содержащий двухрядно расположенных на общей раме кольцообразных уплотняющих элементов [18].

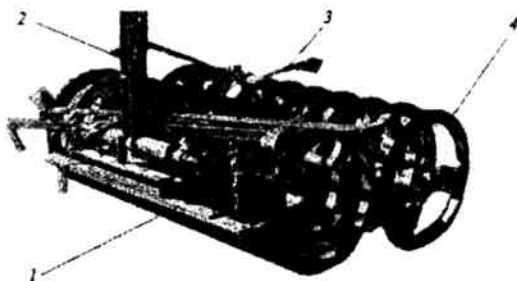


Рис.2.12. Почвоуплотнитель «Variopack 110 DP 70»: *1 – рама;*

2 – навесное оборудование; 3 – чистик; 4 – уплотняющие элементы

Для предпосевной обработки сильно засоленных земель, значительно уплотненных после многократных промывных поливов, а также для разделки комьев и глыб, образовавшихся при вспашке, применяется ротационные бороны Zirkon-7/250 (рис.2.13) с вертикальной осью вращения ротора [75].

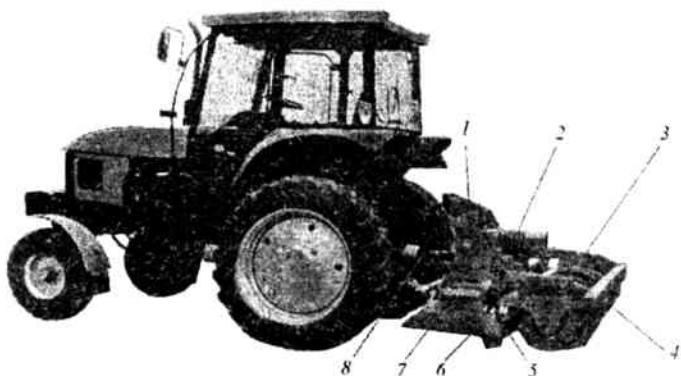


Рис.2.13. Ротационная борона Zirkon-7/250:

*1 – навесное оборудование; 2 – редуктор; 3 – каток; 4 – чистик;
5 – выравниватель; 6 – нож; 7 – корпус; 8 – карданный вал*

Несмотря на интенсивные перемешивание почвы ротационные бороны Zirkon-7/250 из-за вертикального расположения ножей предотвращает выноса ее нижних влажных слоев на дневную поверхность почвы. Они весьма эффективны при обработке глыбистых почв.

Из проведенного обзора видно, что в зоне хлопководства для поверхностного рыхления и выравнивания почвы применяется в основном бороны и их конструкции по мере возрастания требования к качеству обработки и к снижению энергозатрат усовершенствовались. Причем наибольшее распространение получили бороны зубовые тяжелого (БЗТХ-1,0) и среднего (БЗС-1,0) типа, а менее – дисковые (ТДБ-3/5) и ротационные (Zirkon-7/250) бороны.

В мировой практике тенденция совершенствования конструкции борон направлено на повышение надежности их рабочих органов, на энерго- и ресурсосбережение.

Заслуживает внимание работы, проводимые в этом направлении в Англии (Howard), Германии (Dutzi, Lemken, Rau), Франции (Kuhn), Голландии (Amac) и др.

Примером направления повышение надежности конструкции борон является тяжелые зубовые бороны серии HV (рис.2.14), предложенные фирмой «Quivogne» [76].

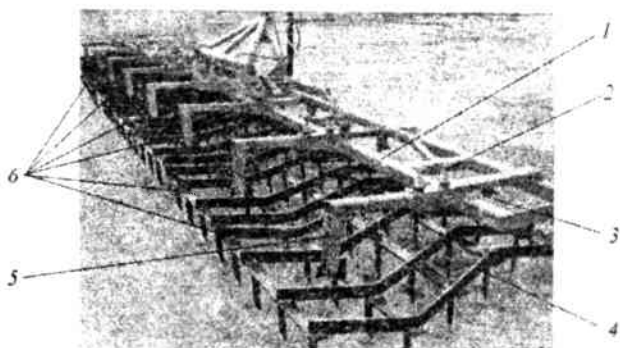


Рис.2.14. Тяжелые зубовые бороны фирмы «Quivogne»:

1 – рама; 2 – пружина; 3 – цепь; 4 – зигзагообразная ребро жесткости; 5 – навесно-нажимное устройство для звеньев борон; 6 – звенья борон

Отличительной особенностью этой бороны от ранее известных является то, что у него поперечные прямолинейные и продольные зигзагообразные планки не закреплены зубьями, а приварены между собой. В результате они представляют собой монолитную решетку, что значительно повышает надежности работы бороны. При этом зигзагообразные планки расположены широкой стороной вертикально и представляют собой ребро жесткости. Зубья борон закрепляются к поперечным планкам резьбовым соединением. Кроме того данная борона снабжена навесно-нажимным устройством, обеспечивающим передачу силы тяжести рамы к звеньям борон.

Если в зоне хлопководство дисковые бороны применяются редко, то за рубежом, как показывает литературно-патентный обзор, они нашли широкое применение и в последние годы на их базе стали выпускать дискаторов (рис.2.15) [76].

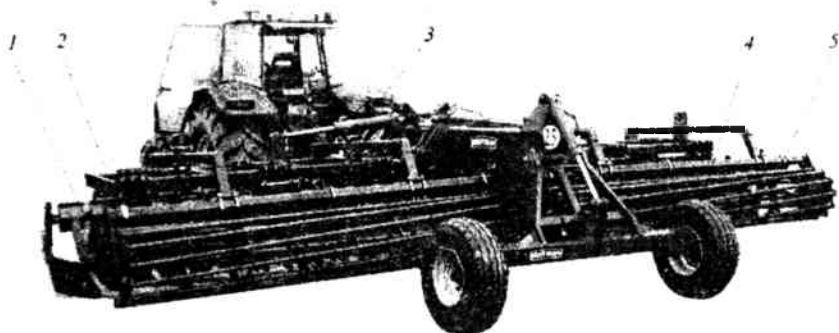


Рис.2.15. Дискатор фирмы «Qulvogne»:

1 – секция дисковых батарей; 2 – остов-рама; 3 – навесное оборудование; 4 – опорные колеса; 5 – трубчатый каток

Однако при работе, как дисковые бороны, так и дискаторы интенсивно перемешивают нижние более влажные слои с верхним иссушенным слоем почвы, способствуя тем самым интенсивному испарению почвенной влаги, что нежелательно для зоны хлопководства. По этой причине они не нашли широкого применения в зоне хлопководства.

2.2.3. Чизель-культиваторы

С целью создания рыхлого слоя, необходимого для прорастания семян, нормального развития проростков и уничтожения всходов сорных растений технология предпосевной обработки почвы для посева сельскохозяйственных культур в зоне хлопководства включает в себе предпосевного рыхления почвы на глубину заделки семян, выполняемой чизель-культиваторами.

За последние 50 лет конструкции чизелей-культиваторов претерпели ряд конструктивных усовершенствований. Если чизели-культиваторы УКП и УКП-Г (рис.2.16) снабжались сменными рыхлительными или плоскорежущими лапами с жестко закрепленными к раме стойками и подъемными механизмами для перевода их с рабочего в транспортное состояние или обратно, и они были прицепными [74], то пришедший к ним на смену чизель-культиватор ЧК-3,0 (рис.2.17)

Заслуживает внимание работы, проводимые в этом направлении в Англии (Howard), Германии (Dutzi, Lemken, Rau), Франции (Kuhn), Голландии (Amas) и др.

Примером направления повышение надежности конструкции борон является тяжелые зубовые бороны серии HV (рис.2.14), предложенные фирмой «Qulvogne» [76].

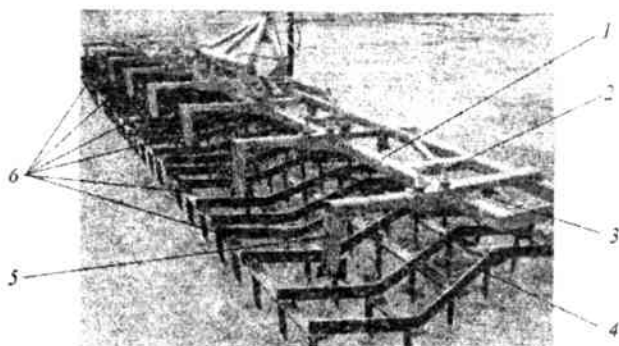


Рис.2.14. Тяжелые зубовые бороны фирмы «Qulvogne»:

1 – рама; 2 – пружина; 3 – цепь; 4 – зигзагообразная ребро жесткости; 5 – навесно-нажимное устройство для звеньев борон; 6 – звенья борон

Отличительной особенностью этой бороны от ранее известных является то, что у него поперечные прямолинейные и продольные зигзагообразные планки не закреплены зубьями, а приварены между собой. В результате они представляют собой монолитную решетку, что значительно повышает надежности работы бороны. При этом зигзагообразные планки расположены широкой стороной вертикально и представляют собой ребру жесткости. Зубья борон закрепляются к поперечным планкам резьбовым соединением. Кроме того данная борона снабжена навесно-нажимным устройством, обеспечивающим передачу силы тяжести рамы к звеньям борон.

Если в зоне хлопководство дисковые бороны применяются редко, то за рубежом, как показывает литературно-патентный обзор, они нашли широкое применение и в последние годы на их базе стали выпускать дискаторов (рис.2.15) [76].

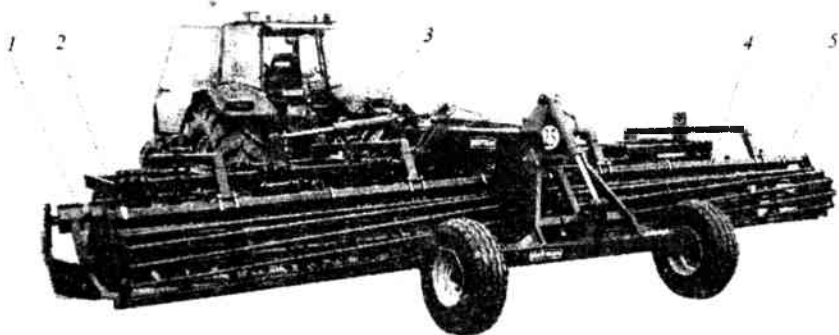


Рис.2.15. Дискатор фирмы «Quivogne»:

1 – секция дисковых батарей; 2 – осто́в-рама; 3 – навесное оборудование; 4 – опорные колеса; 5 – пружинный каток

Однако при работе, как дисковые бороны, так и дискаторы интенсивно перемешивают нижние более влажные слои с верхним иссушенным слоем почвы, способствуя тем самым интенсивному испарению почвенной влаги, что нежелательно для зоны хлопководства. По этой причине они не нашли широкого применения в зоне хлопководства.

2.2.3. Чизель-культиваторы

С целью создания рыхлого слоя, необходимого для прорастания семян, нормального развития проростков и уничтожения всходов сорных растений технология предпосевной обработки почвы для посева сельскохозяйственных культур в зоне хлопководства включает в себе предпосевного рыхления почвы на глубину заделки семян, выполняемой *чизель-культиваторами*.

За последние 50 лет конструкции чизелей-культиваторов претерпели ряд конструктивных усовершенствований. Если чизели-культиваторы УКП и УКП-Г (рис.2.16) снабжались сменными рыхлительными или плоскорезными лапами с жестко закрепленными к раме стойками и подъемными механизмами для перевода их с рабочего в транспортное состояние или обратно, и они были прицепными [74], то пришедший к ним на смену чизель-культиватор ЧК-3,0 (рис.2.17)

был навесным со съемными стойками лап. Следует также отметить в отличие от УКП и УКП-Г рабочие органы чизель-культиватора ЧК-3,0 расположены в три ряда, и они производят рыхлению почвы послойно на различную глубину.

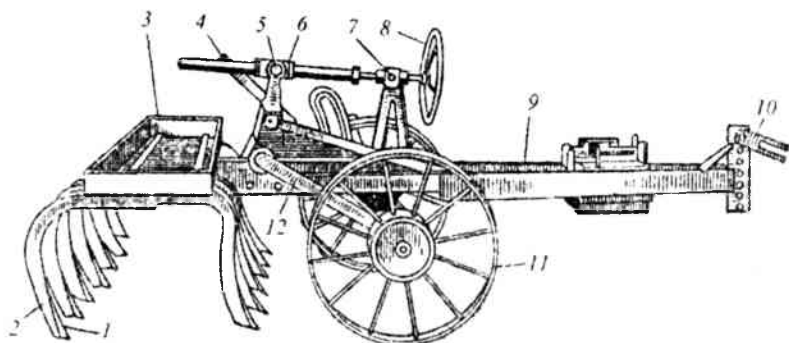


Рис.2.16. Чизель-культиватор УКП-Г:

1 – лапа; 2 – грядиль; 3 – рама; 4 – рычаг автомата; 5 – рычаг коленчатой оси; 6 – гайка винта; 7 – кронштейн; 8 – штурвал; 9 – силовая; 10 – серьга; 11 – колесо; 12 – коленчатая ось

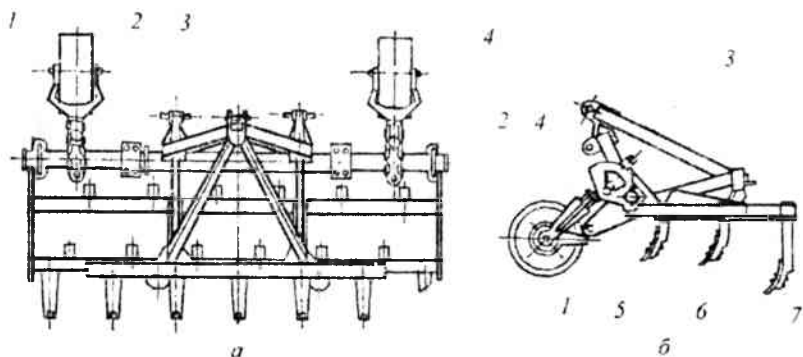


Рис. 2.17. Чизель-культиватор ЧК-3, установленный на раме КЗУ-0,3:

а – вид сверху; б – вид сбоку: 1 – рама; 2 – опорное колесо; 3 – навесное устройство; 4 – устройство для регулировки глубины хода рабочих органов; 5, 6, 7 – рабочие органы первого, второго и третьего ряда

Перевод ЧК-3,0 с рабочего в транспортное состояние или обратно осуществлялся навесной системой трактора, а глубина обработки регулировался за счет винтового механизма вмонтированного на опорном колесе, тогда как у УКП-Г она достигалась поворотом специальной коленчатой оси колеса.

Из-за размещения на чизель-культиваторе ЧК-3,0 рабочих органов в три ряда, междуследие смежных лап составляет не 200 мм, а всего 133 мм при сохранении расстояния между лапами в ряду 400 мм [41].

Кроме того, ряды лап установлены не в одной горизонтальной плоскости, а ступенчато – второй ряд ниже первого, а третий ряд ниже второго. Разница в глубине хода двух последних рядов – 30 мм. Способ обработки почвы этим чизель-культиватором получил название послонного.

В дальнейшем конструкции чизель-культиватора усовершенствовались в направлении совмещения рыхления почвы с выравниванием и мелкокомковатой поверхностной обработкой, а также с внесением минеральных удобрений. Примером такого чизеля-культиватора является ЧКУ-4 [10], который выпускался в двух вариантах: в варианте рыхлителя ЧКУ-4А (рис.2.18) и в варианте рыхлителя-удобрителя ЧКУ-4Б (рис.2.19).

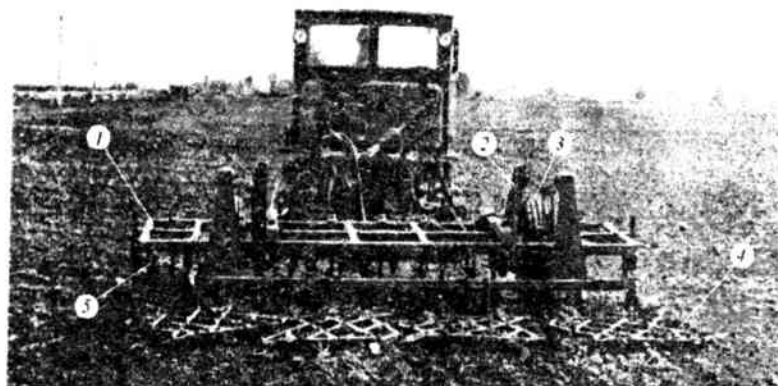


Рис.2.18. Чизель-культиватор ЧКУ-4А в работе:

1 – рама; 2 – устройство для подъема и опускания рамы; 3 – опорное колесо; 4 – зубовые бороны; 5 – пассивные рабочие органы

В отличие от ЧК-3 чизель-культиватор ЧКУ-4 является прицепным. Рабочие органы ЧКУ-4 установлены по такой же схеме, как и у чизеля-культиватора ЧК-3,0, в три ряда ступенчато. При необходимости все рабочие органы могут быть установлены на одинаковую глубину.

Отличительной особенностью чизель-культиватора ЧКУ-4 от предыдущих также является то, что у него колесо пневматическое, и он снабжен туковысевающими аппаратами. Сзади к раме на двух шарнирных тягах укреплен уплотнитель-заравниватель и к раме также шарнирно подвешена рамка, служащая для присоединения четырех звеньев зубовой борона и перевода их в транспортное положение. В последующих конструкциях чизель-культиватора ЧКУ-4 рамки для присоединения звеньев зубовой борона были заменены со штангой.

Дальнейшее совершенствование конструкции чизеля-культиватора были проведены в направлении увеличения ширины захвата и применении в рабочих органах вместо жесткой стойки упругой. Рабочие органы на упругих стойках обеспечивает снижение энергоемкости обработки почвы и повышение качества ее рыхления.

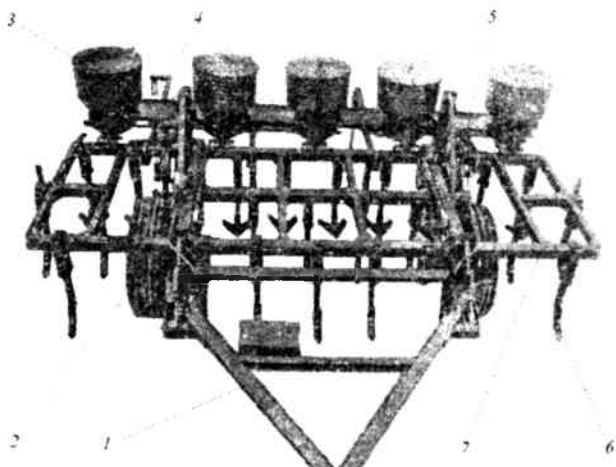


Рис.2.19. Чизель-культиватор ЧКУ-4Б с удобрителем:

1 – дышло; 2 – опорное колесо; 3 – удобритель; 4 – навеска для зубовых борон; 5 – устройство для подъема и опускания рамы; 6 – пассивные рабочие органы; 7 – рама

Почвенным условиям зоны хлопкосеяния наиболее приемлемы рабочие органы со спиральной упругой стойкой. Однако по конструктивным параметрам и по характеру воздействия на почву они существенно отличаются от рабочих органов с жесткими стойками, установленными на чизеле-культиваторе ЧКУ-4А, и по размерам зоны деформации не вписывается в схему размещения. Поэтому в АО «БМКБ-Агромаш» совместно с КХМЭИ были разработаны и произведены в АО «Чирчиксельмаш» более усовершенствованный модель чизеля-культиватора под маркой ЧК-4-6 (рис.2.20).

Конструкция чизеля-культиватора ЧК-4-6 [11] позволяет использовать его как в четырех, так и в шести метровых вариантах. На раме чизеля-культиватора ЧК-4-6 установлены три ряда пассивных рабочих органов с упругими стойками. Первые два ряда с рыхлительными лапами, а последний ряд со стрельчатыми лапами.

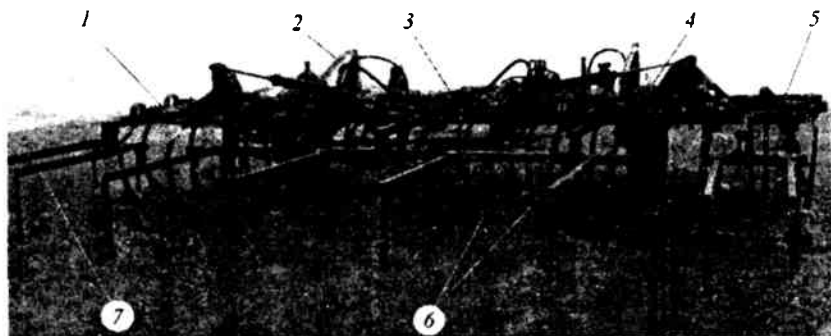


Рис.2.20. Чизель-культиватор ЧК-4-6 в шести метровом варианте:

*1,5 – боковые секции; 2 – устройство для подъема и опускания рамы;
3 – рама с дышлом; 4 – опорное колесо, 6 – пружинные пассивные рабочие органы; 7 – навеска для зубовых борон*

В зависимости от ширины захвата чизель-культиватор ЧК-4-6 снабжается четырьмя или шестью зубowymi боронами, повешенными на специальных навесках.

При необходимости одновременного внесения минеральных удобрений во время чизелевания последний ряд пассивных рабочих органов снабжаются сошниками, а на реме чизеля-

культиватора устанавливаются туковысевающие аппараты с тукопроводом (рис.2.21). Туковысевающие аппараты во время работы получают привод от опорных колес чизеля-культиватора.

В дальнейшем для сокращения длины агрегата и повышения эффективности работы бороны были попытки [59] по разработке чизеля-культиватора ЧК-4-6 снабженного борончатым катком (рис. 2.22).

Чизель-культиватор ЧК-4-6 агрегируется тракторами класса 4 и 5, оснащенными гидрофицированной раздельно-агрегатной навесной системой и используется средними и крупными хозяйствами. Для дехканских и других небольших хозяйств на базе чизеля-культиватора ЧК-4-6 был разработан чизель-культиватор с катком НО-3.0.

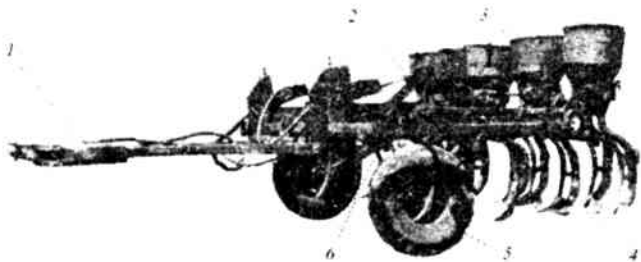


Рис.2.21. Чизель-культиватор ЧК-4-6 снабженный удобрителями в четырех метровом варианте: 1 – дышло с серьгой; 2 – устройство для подъема и опускания рамы; 3 – туковысевающий аппарат; 4 – пружинные пассивные рабочие органы с сошниками; 5 – опорное колесо; 6 – рама

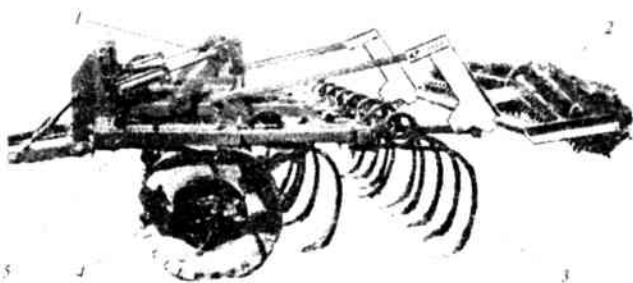


Рис.2.22. Чизель-культиватор ЧК-4-6 снабженный борончатым катком в четырех метровом варианте: 1 – устройство для подъема и опускания рамы; 2 – борончатый каток; 3 – пружинные пассивные рабочие органы; 4 – опорное колесо; 5 – рама с дышлом

Чизель-культиватор с катком НО-3.0 (рис.2.23) агрегируется с тракторами класса 0,6, например, ТТЗ-30, ТТЗ-60 и др., оснащенными гидрофицированной раздельно-агрегатной навесной системой [78].

НО-3.0 состоит из рамы с замком автосцепки, пассивных рабочих органов с упругими стойками, зубчато-планчатого катка, закрепленного посредством опорных стоек и замков к тяге.

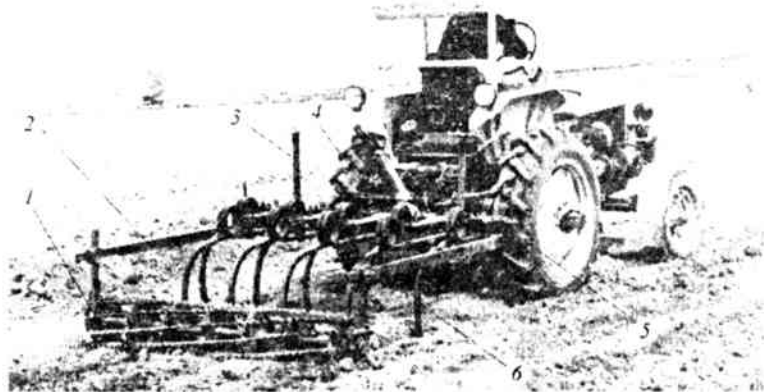


Рис. 2.23. Чизель-культиватор с катком НО-3.0 в работе:

1 – зубчато-планчатый каток; 2 – грядиль; 3 – подставка; 4 – навесное устройство; 5 – рама; 6 – пассивные рабочие органы на упругих стойках

Отличительной особенностью чизеля-культиватора с катком НО-3.0 от предыдущих чизелей-культиваторов является то, что у него отсутствуют опорные колеса и механизм регулировки глубины хода рабочих органов. Глубина хода рабочих органов регулируется положением зубчато-планчатого катка по высоте относительно носка пассивного рабочего органа и горизонтальностью рамы чизеля-культиватора.

Основным недостатком чизеля-культиватора НО-3.0 является то, что у него большой вылет пассивного рабочего органа из-за чего при малейшем колебании происходит значительное отклонение носка лапы, следовательно, отклонение лапы, как по глубине обработки, так и по междуследьям будет существенным.

Из всех имеющихся чизелей-культиваторов из-за простоты конструкции и надежности работы наибольшее распространение получил чизель-культиватор ChK-3 (рис.2.24), который установлен на раме кановокопателя-заравнивателя КЗУ-0,3.

В настоящее время в соответствии с системой машин, принятой на 2011-2016 г. для рыхления почвы весной перед посевом предусмотрено применение серийно выпускаемых чизелей-культиваторов ЧКУ-4А, ChK-3, ЧК-4-6.

Но вместе с тем научно-исследовательскими и конструкторскими организациями республики ведутся работы по дальнейшему совершенствованию конструкции чизелей-культиваторов в направлении энерго- и ресурсосбережении.



Рис.2.24. Чизель-культиватор ChK-3

В мировой практике давно ведутся работы по созданию энерго- и ресурсосберегающих чизель-культиваторов. При этом основной упор делается на применение в чизель-культиваторах рабочих органов работающих в деблокированных или же полудеблокированных условиях рыхления почвы (рис.2.25 и 2.26).

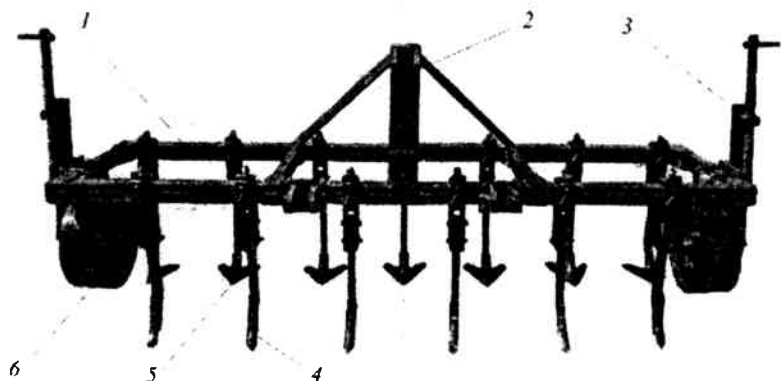


Рис. 2.25. Энерго- и ресурсосберегающий чизель-культиватор КХМЭИ: 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – устройство для регулировки глубины хода рабочих органов; 4, 5 – пассивные рабочие органы с рыхлительной и стрельчатой лапой; 6 – опорное колесо

Многочисленными исследованиями доказано, что работа в условиях деблокированного или же полудеблокированного рыхления почвы значительно снижает тяговое сопротивление рабочих органов. Поэтому приоритетным направлением в создания энерго- и ресурсосберегающих чизелей-культиваторов считается применения в их конструкциях рабочих органов работающих в условиях деблокированного или же полудеблокированного рыхления почвы.

Некоторые работы в этом направлении ведутся и у нас в республике в КХМЭИ. Примером, которого служит энерго- и ресурсосберегающий чизель-культиватор (рис.2.25), содержащий два ряда рабочих органов. Первый ряд работают в блокированной среде, а второй – в деблокированной среде [70].

Сравнительные испытания энерго- и ресурсосберегающего чизеля-культиватора с чизелем-культиватором ЧК-3 показал, что у него тяговое сопротивление меньше чем у ЧК-3 на 7,4-8,9 кН.

Другим примером служит чизель-культиватор ЧКО-4Н (рис. 2.26) рабочие органы которого производят полудеблокированное рыхление почвы [79].

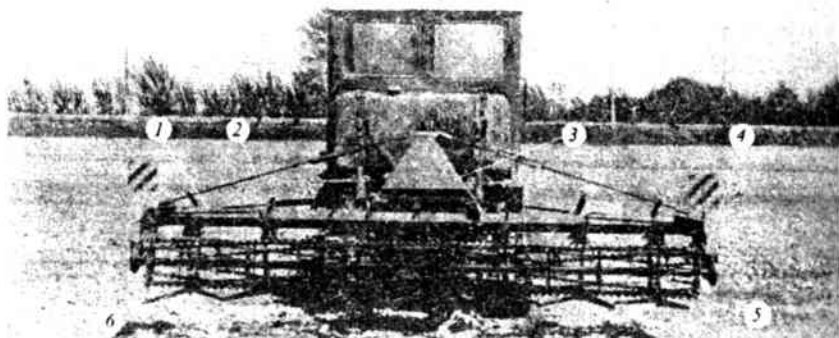


Рис.2.26. Чизель-культиватор ЧКО-4Н:

*1 – рама с боковинами; 2 – стяжка; 3 – навесное устройство;
4 – устройства для регулировки глубины хода пассивных рабочих органов;
5 – зубчато-планчатый каток; 6 – пассивные рабочие органы*

Чизель-культиватор ЧКО-4Н агрегатируется с тракторами класса 2-4, например, МТЗ-142, ВТ-150, ВТ-200, Т-4М, Ахос-340, TL-100, TL-100А, TS-130, МХ-135, МХМ-140 и др., оснащенными гидрофицированной раздельно-агрегатной навесной системой.

ЧКО-4Н состоит из рамы, двух боковин, навесного устройства, стяжек, пассивных рабочих органов с асимметричными лапами и зубчато-планчатого катка, присоединенного к боковинам посредством тяги и специального устройства, регулирующих глубину хода пассивных рабочих органов.

Аналогичную конструкцию чизеля-культиватора снабженного планчатым и зубчато-планчатым катками начали выпускать АО «Чирчикский завод сельскохозяйственной техники» и СП ООО «Lemken Chirchiq».

Особенностью конструкции чизель-культиватора КЗЕ-15 (рис.2.27), выпускаемый АО «Чирчикский завод сельскохозяйственной техники» заключается в конструкции рабочих органов, снабженных узкими рыхлительными лапами [18]. При массе 810 кг ширина захвата культиватора составляет 3 м, а глубина обработки почвы до 18 см. Производительность при этом достигает до 1,65 га/ч.

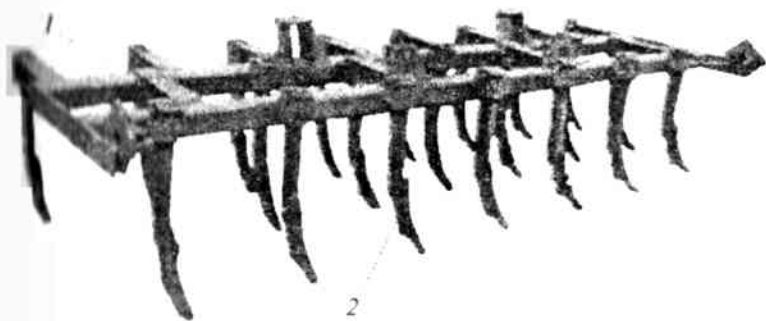


Рис.2.27. Чизель-культиватор КЗЕ-15:
1 – рама; 2 – узкие рыхлительные латы

Другим чизель-культиватором выпускаемый этим же предприятием является чизель-рыхлитель ChYu-3,6 (рис.2.28), который осуществляет обработку без оборота пласта и состоит из рамы и установленных на ней опорных колес, рыхлителей, выравнивателя и планчатого катка-малы. Его можно использовать в двух вариантах: без выравнивателя и планчатого катка-малы или вместе с ними [18]. При работе поверхность обработанной рыхлителями почвы выравнивается и дополнительно измельчается выравнивателем и планчатым катком-малой.

В отличие от предыдущих на интенсивном культиваторе «KARAT 9/300» (рис.2.29) установлены две последовательно расположенные трубчатый и планчатый катки [18]. Этот культиватор предназначен для предпосевного сплошного рыхления почвы и подрезания сорной растительности, пожнивных остатков и равномерного распределения органической массы по всей глубине обработки с последующим уплотнением её.

Интенсивный культиватор «KARAT 9/300» состоит из рамы, выполненной из профилей прямоугольного сечения, закрепленных между собой и по краям планками с помощью сварки. На поперечинах рамы болтом закрепляется тяга, на

которой при помощи качающейся планки и специальной плиты устанавливаются продольные тяги рамы дисковых рабочих органов и катков для регулировки глубины обработки.

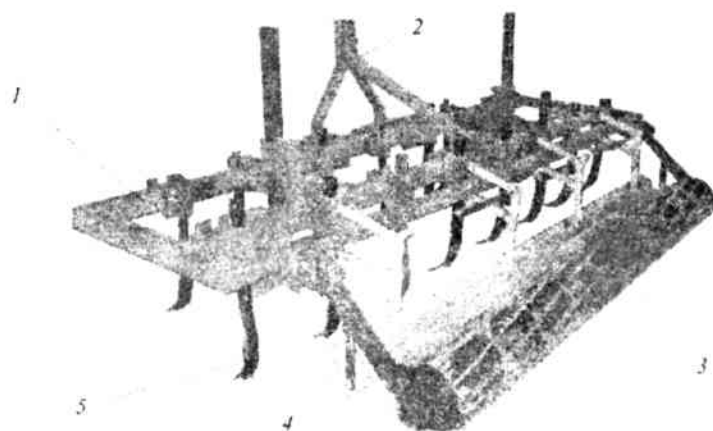


Рис.2.28. Чизель-рыхлитель ЧYu-3,6:

*1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – зубчато-планчатый каток;
4 – выравниватель; 5 – пассивные рабочие органы*

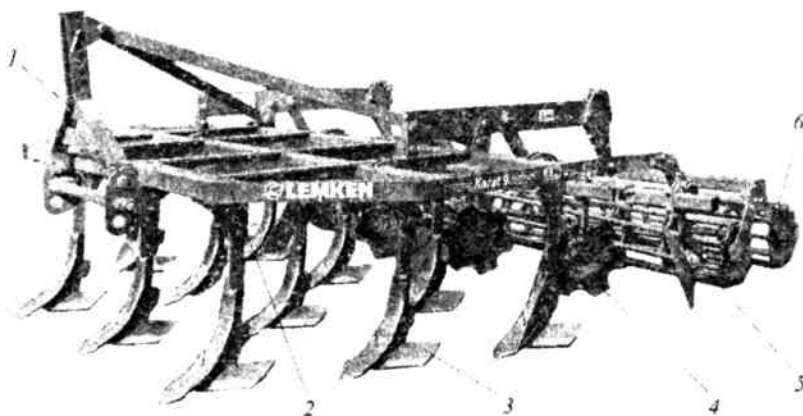


Рис.2.29. Интенсивный культиватор «KARAT 9/300»:

*1 – навесное устройство; 2 – рама; 3 – пассивные рабочие органы;
4 – диски; 5 – трубчатый и 6 – планчатый катки*

На ИП «Daiichi agro machine» начали производить культиватора предпосевного чизельного моделей М.08.01, М.08.02 и М.08.03 [18]. Этот культиватор (рис.2.30) предназначен для предпосевного послойного рыхления почвы при выполнении сельскохозяйственных работ: бороновании, маловании почвы и подрезании корней сорной растительности, используется также для обработки почвы на богаре для посева зерновых.

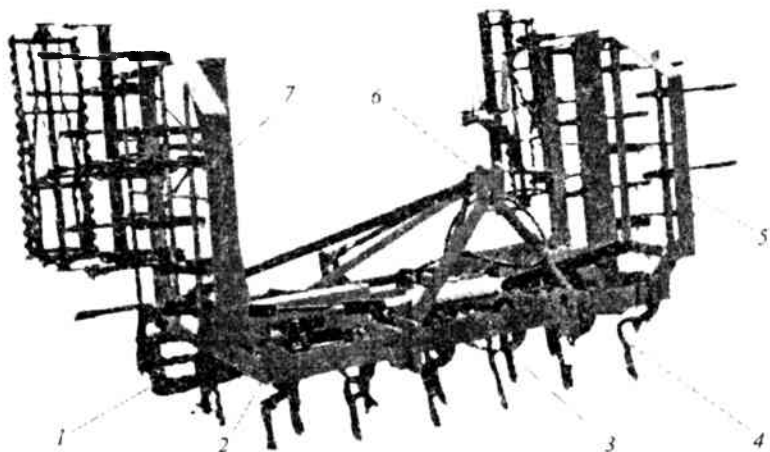


Рис.2.30. Культиватор предпосевный чизельный М.08.01:

*1 – зубчато-планчатые катки; 2 – центральная и 5, 7 – боковые секции;
3 – гидроцилиндр; 4 – пружинные пассивные рабочие органы;
6 – навесное устройство*

Этот культиватор состоит из трех секции: центральной и двух боковых. Он снабжен рыхлительными лапами на пружинных стойках и зубчато-планчатым катком. В транспортном положении боковые секции приводится в транспортное положение и фиксируется специальным приспособлением.

Дальнейшие совершенствования конструкции чизелей-культиваторов направлено на унификацию и универсализацию их рабочих органов, на энерго- и ресурсосбережение и на поиски новых технологических приемов обработки почвы.

2.2.4. Выравниватели и рыхлители-выравниватели

Хотя чизели-культиваторы ЧКУ-4А, ЧК-3, ЧК-4-6 одновременно с рыхлением почвы производит частичное выравнивание поверхности поля, но этого не достаточно для получения выровненной поверхности для посева сельскохозяйственных культур. Для этой цели применяются *выравниватели и рыхлители-выравниватели*.

Группа машин-орудий для предпосевного выравнивания и уплотнения полей отличаются большим разнообразием. По характеру воздействия на почву они подразделяются на выравнивающие, выравнивающие-рыхляющие, уплотняющие и выравнивающие-уплотняющие машины-орудия.

Для почв требующих одновременно с выравниванием поверхности поля и ее рыхлении применяются рыхлители-выравниватели.

Наиболее многочисленны и разнообразны по конструкции планировщики рамочно-ножевого типа. Обычно это металлическая сварная рамка с некоторым количеством режущих ножей, поставленных под различными углами к направлению движения. Большинство из них снабжаются рыхлительными рабочими органами, выполненными в виде зубьев или лап. Одним из таких планировщиков рамочно-ножевого типа снабженного рыхлительной лапой является планировщик-выравниватель П-4 (рис.2.31) [80].

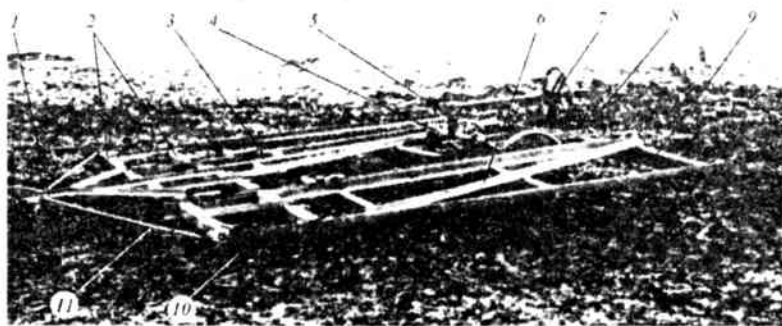


Рис. 2.31. Планировщик-выравниватель П-4: 1 – прицепное устройство; 2 – опорные брусья; 3 – брус; 4 – колесчатая ось колесного хода; 5 – кронштейн; 6 – уголок; 7 – механизм подъема; 8 – рамка колесного хода; 9 – рабочие органы; 10 – рыхлящие лапы; 11 – распорка

Планировщик-выравниватель П-4 представляют собой волокушу, выполненную в виде металлической рамы, состоящей из трех секций: средней и двух крайних. Рыхлящие лапы, расположенные в шахматном порядке на переднем и заднем брусках разрыхляет, а ножи, поставленные под прямым углом к линии тяги планировщика-выравнивателя, срезает небольшие возвышенности почвы.

Планировщик-выравниватель П-4, а также его более усовершенствованная модель ПР-5 [81] из-за низкой производительности и из-за недостаточной равномерности распределения почвы со срезанных возвышений по поверхности поля не нашли широкого применения в зоне хлопководства.

В дальнейшем для устранения недостатков планировщика-выравнивателя П-4 был разработан планировщик-выравниватель ПВ-7,3 (рис.2.32) [82].



Рис. 2.32. Планировщик-выравниватель ПВ-7,3: 1 – ножи-угольники; 2 – опорные колодки; 3 – связки; 4 – сцепное устройство

Технологический процесс, выполняемый планировщиком-выравнивателем ПВ-7,3 заключается в срезании небольших возвышенностей на поверхности обрабатываемого поля, при подготовке поля к посеву и перемещения срезанных неровностей в углубления. Это достигается ножами-уголками, поставленными под углом к направлению движения планировщика-выравнивателя ПВ-7,3.

Однако при довольно большой ширине захвата из-за низкой рабочей скорости как у П-4 равной 1,1-1,4 м/с так и ПВ-7,3 имеет низкую производительность. Кроме того при транспортировке планировщик-выравниватель опирался на нижние опорные

колодки, что затруднял его перевод с одного участка на другой.

В отличие от предыдущих образцов выравниватель почвы навесной ВПН-5,6 (рис.2.33) был навесным орудием [83].

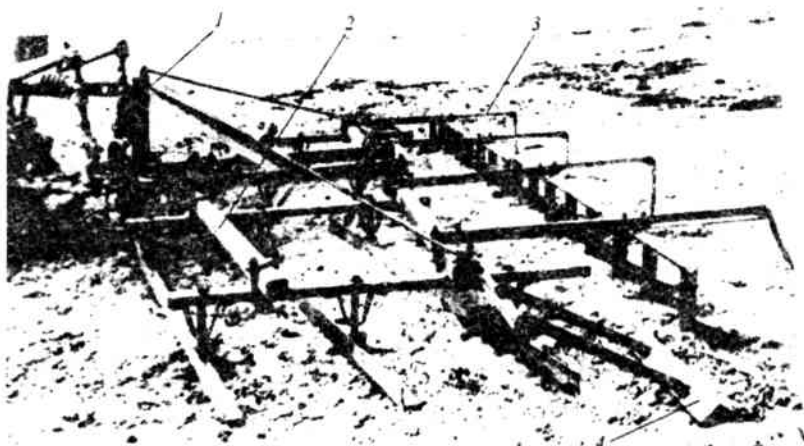


Рис. 2.33. Выравниватель почвы навесной ВПН-5,6:

1 – навесное устройство; 2 – рама; 3 – устройство для присоединения зубовых борон; 4 – рабочие органы уголкового профиля

При движении агрегата, под собственным весом выравнивателя происходит углубления рабочих органов уголкового профиля. Рабочие органы передней полкой срезают неровности поверхности почвы, часть земли переваливается через них и заполняет углубления в почве и, тем самым, выравнивает поверхности почвы.

Несмотря на некоторое повышение рабочей скорости (до 1,66 м/с) производительность у ВПН-5,6 оставался невысоким.

Планировщик-разравниватель ПР-5В (рис.2.34) представляет собой прицепное орудие [84]. Во время движения диагонально расположенные уголки, встречая на своем пути неровности в виде бугров и выступов, срезают их. При этом образуются валики земли, которые перемещаются вдоль диагональных звеньев и заполняют ямы.

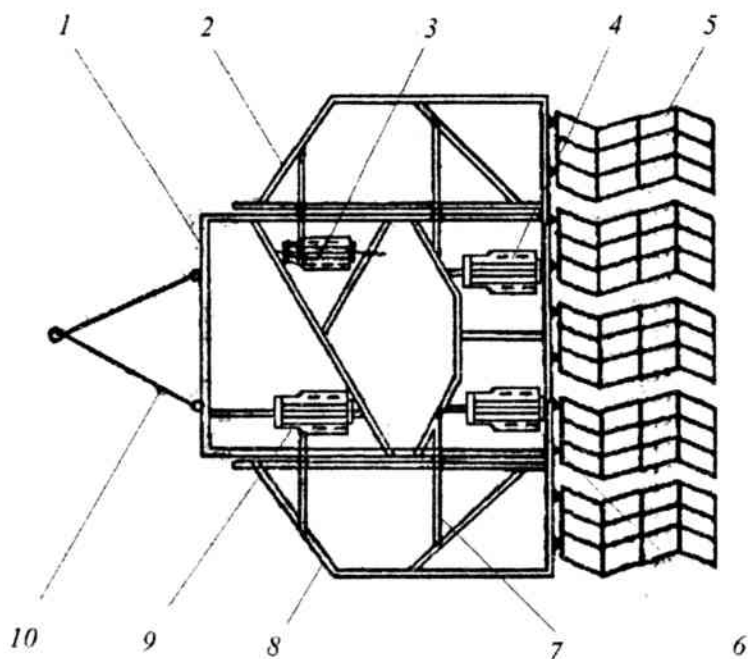


Рис.2.34. Схема планировщика-разравнивателя ПР-5В:

1, 2, 8 – разравнивающие секции; 3, 4, 6, 9 – механизм подъема; 5 – звенья зубовых борон; 7 – замки; 10 – прицепное устройство

Хотя машина по конструкции очень простая и удобная в эксплуатации, но расположение рабочих звеньев его центральной секции таково, что при работе происходит сгуживание почвы в задней части этой секции и переуглубление планировщика при работе вдоль пахоты на легких по механическому составу почвах. Кроме того из-за малой ширины захвата ПР-5В имеет низкую производительность.

В дальнейшем в целях увеличения производительности, повышения маневренности и транспортабельности, а также для проведения сплошного предпосевного выравнивания поверхности поля с боронованием или без него была разработана выравниватель предпосевной ВП-8 [85].

Выравниватель предпосевной ВП-8 и выпускавшийся до

2001 г. его модификация (рис.2.35) выравниватель предпосевной ВП-8А [12], перемещая почву, в основном, в горизонтальном направлении, выравнивает поверхность поля без существенного уплотнения почвы.

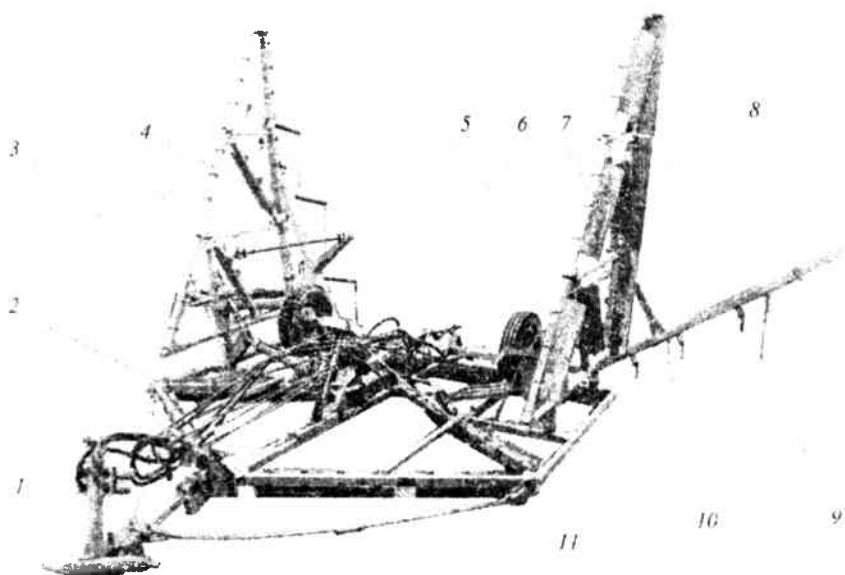


Рис.2.35. Выравниватель предпосевной ВП-8А:

1 – прицепное устройство; 2, 4, 8, 11 – ножи; 3, 7 – разравнивающие секции; 6 – механизм подъема и опускания секции; 9 – навески для зубовых борон; 10 – центральная секция

Как планировщик-разравниватель ПР-5В, так и выравниватель предпосевной ВП-8А были прицепными и имели внушительные габаритные размеры, что сказались на их маневренности. Для устранения этого недостатка в последующем были разработаны разрыхляющие и выравнивающие почву навесные рыхлители-выравниватели. Разработаны несколько разновидностей рыхлителей-выравнивателей, такие как ТЕА-10 (рис.2.36), ТЕА-7, РВН-3/8,5 (рис.2.37) и МЕ-4,2. Они отличаются друг от друга конструкцией и шириной захвата [14, 18, 86].

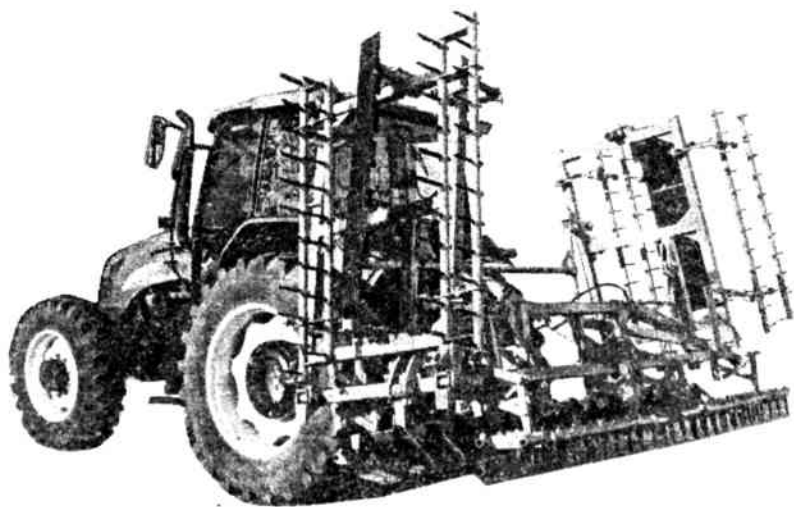


Рис.2.36. Выравниватель предпосевной ТЕА-7

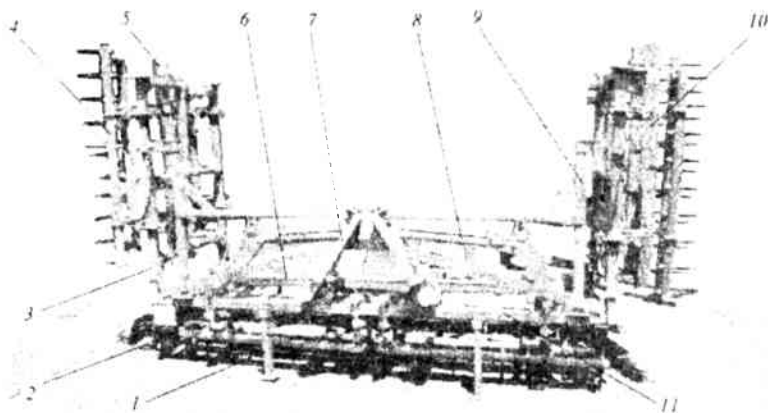


Рис.2.37. Рыхлители-выравниватели RVN-3/8,5:

1 – стойка; 2 – параллелограммный механизм; 3,10 – боковые секции; 4 – зубчатый рыхлитель; 5 – выравниватель; 6 – брус; 7 – навесное устройство; 8 – гидроцилиндр; 9 – опора; 11 – центральная секция

В отличие от выравнивателя предпосевного ВП-8А рыхлители-выравниватели RVN-3/8,5 и выравниватель

предпосевной ТЕА-7 и ТЕА-10 одновременно с выравниванием микрорельефа поверхности производит рыхлению почвы на глубину до 4-8 см. Тогда как у выравнивателя предпосевного ВП-8А для этой цели дополнительно навешивали зубовые бороны. Это привело к увеличению его длины, следовательно, к ухудшению маневренности составленного на его базе агрегата.

2.2.5. Мала-выравниватели

В зоне незасоленных земель с недостаточным количеством осадков, где обязательно проводят предпосевные (влагозарядковые) поливы и в зоне засоленных земель, где для промывки солей проводят промывные поливы, почва под действием этих поливов сильно уплотняются. Во время предпосевной подготовки эти почвы подвергаются чизелеванию в результате чего они становятся рыхлым не осевшим, следовательно, не пригодным для посева сельскохозяйственных культур.

Недостаточная уплотненность почвы после прохода даже предпосевных выравнивателей на этих землях требует проведения дополнительных операций малования или прикатывания почвы.

Таким образом, на этих землях перед посевом одновременно с планировкой для подтягивания из нижних горизонтов почвенной влаги к семенной ложе ее уплотняют малой-выравнивателем.

Мала одна из древнейших почвообрабатывающих машин, т.е. прототип всех выравнивателей, катков и волокуш. Наиболее долгое время были в эксплуатации деревянная мала, мала-планировщик и мала-выравниватель.

Все малы вплоть до 1939 г. были деревянными и самодельной конструкции. Хотя была деревянной, но первой малой выпущенной на промышленной основе в зоне хлопководства была мала ЦСМАХ (рис.2.38). Она была легкая и не имела существенных преимуществ перед самодельной, и у нее не было возможности регулирования удельного давления на почву. Деревянный брус быстро изнашивался, и из-за малого веса требовалось большое количество проходов.

Невозможность регулирования удельного давления малы на почву, вынуждала создавать легкие, средние и тяжелые малы.

Некоторые мала-планировщики снабжались устройством регулирующим угол малования с места работы оператора. Например, такое устройство было у мала-планировщика ПМ (рис.2.39) [87]. Кроме того ПМ была первой металлической малой-планировщиком. Брус его трапецеидального сечения с углом в основании $\beta = 70^\circ$. Угол малования регулируется от 0 до 25° с кабины машинистом-оператором. У мала-планировщика ПМ также регулируется угол между брусом и линией тягой на 90, 70, 60 и 50° .

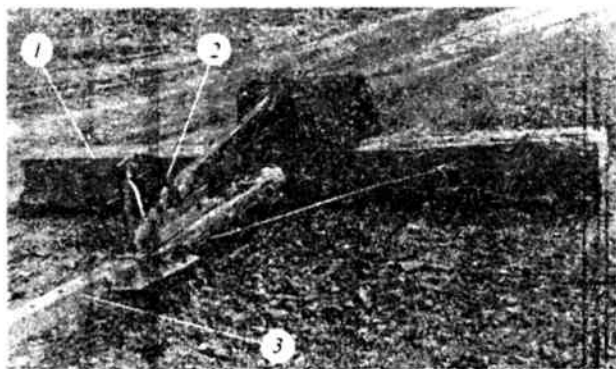


Рис.2.38. Деревянная мала ЦСМАХ: 1 – *деревянный брус*; 2 – *механизм регулировки угла малования*; 3 – *прицепное устройство*

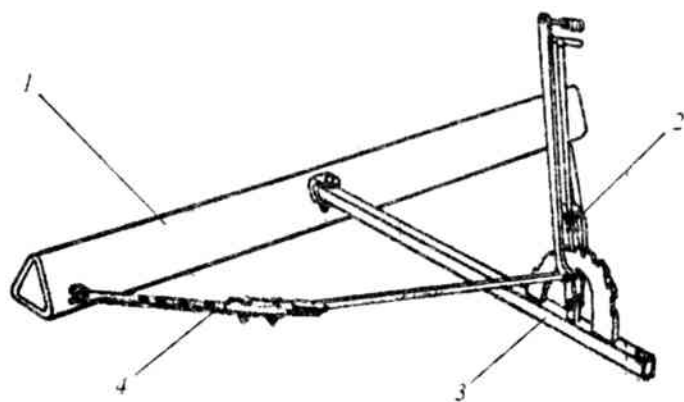


Рис.2.39. Мала-планировщик ПМ: 1 – *металлический брус*; 2 – *механизм регулировки угла малования*; 3 – *прицепное устройство*; 4 – *тяга для регулировки угла между брусом и линией тягой*

Основным недостатком этой малы-планировщика была ее малая масса. Даже при полном заполнении землей карманов бруса давление малы-планировщика на почву было меньше, чем у деревянной малы. При углах отличных от 90^0 малы-планировщика заносило в сторону и ширина захвата ее значительно сокращалось.

Недостаточное удельное давление на почву малы-планировщиков привели к утяжелению их массы дополнительными грузами-балластами: деревянными балками (МПТ-5) или почвой, заполненной в специальные ящики-коробки (МВ-6,5) [88].

Мала-планировщик МПТ-5 (рис.2.40) состоит из двух параллельных брусьев, подшитых снизу металлическими плитами. Задние плиты плоские, передние – снабжены зубьями длиной 72 мм, которые вычесывают и сгребают корневищ и стебли сорняков. Она может работать только на пересохших полях с тяжелой почвой. При работе на средних и легких почвах или тяжелых влажных почвах при своей малой высоте (100 мм) и большой ширине (750 мм) она принимает на себя большую массу земли и зарывается в почву.

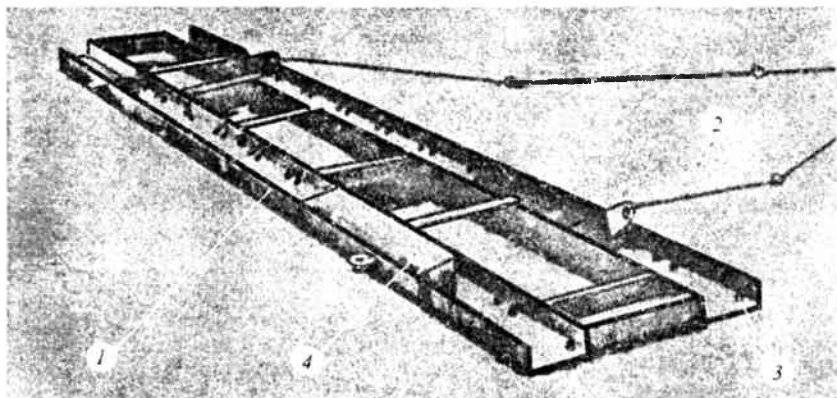


Рис.2.40. Мала-планировщик МПТ-5: 1 – металлический брус;
2 – прицепное устройство; 3 – зубья; 4 – деревянный брус

Конструкции малы-выравнивателей были усовершенствованы и в направлении улучшения их динамических показателей, обеспечивающие продольную динамическую устойчивость агрегата для выравнивания и уплотнения почвы.

Несмотря на разнообразие конструкции малы-выравнивателей, разработанных различными исследователями и конструкторами, наиболее распространенными и серийно выпускавшимися их моделями были МВ-6 (рис.2.41) и МВ-6,5 [88, 89].

Мала-выравниватель МВ-6 прицепное орудие, работает в агрегате с тракторами класса 3 и 4 и предназначено для выполнения малования, разрушения глыб и выравнивания микрорельефа почвы перед севом. МВ-6 имеет гидравлическое управление для изменения угла малования, которое осуществляется машинистом-оператором из кабины трактора.

В последствии конструкции малы-выравнивателя МВ-6 была усовершенствована в направлении увеличения ширины захвата и регулирования удельного давления на почву.

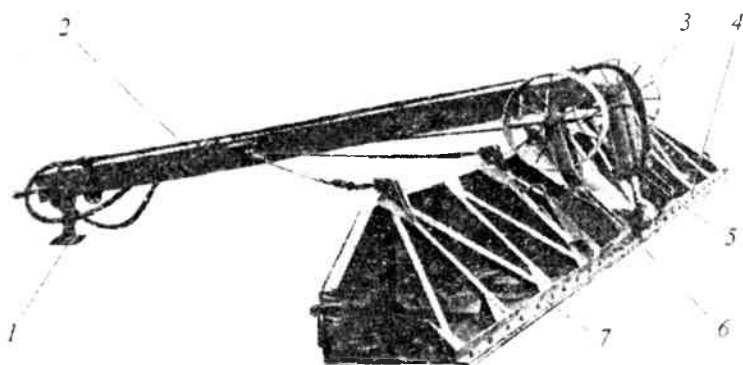


Рис.2.41. Мала-выравниватель МВ-6:

1 – подставка; 2 – тяговая балка; 3 – опорные колеса; 4, 7 – правый и левый корпуса; 5 – выносной гидрсцилиндр; 6 – средний корпус

Простым примером регулирования удельного давления на почву служит мала-выравниватель МВ-6,5. Удельное давление малы на почву регулируется путем изменения массы за счет загрузки или выгрузки балласта (почвы). В отличие от МВ-6 мала-выравниватель МВ-6,5 имеет балластовые ящики, представляющие собой металлические коробки с удвоенным дном. Второе дно наклонено относительно рабочего под углом 22° , чтобы облегчить разгрузку балласта (почвы).

В дальнейшем конструкции малы-выравнивателей усовершенствовались в направлении универсализации. Одним из

таких малой-выравнивателем была разработанная в КХМЭИ мала с регулируемым удельным давлением на почву [90].

Рабочий орган малы с регулируемым удельным давлением на почву (рис.2.42) имеет форму неравнобоковой призмы, смежные грани которой соединены криволинейной поверхностью. Степень уплотнения почвы регулируется изменением давления малы за счет поворота рабочего органа относительно рамы и установкой его в ту или иную грань с соответствующей площадью.

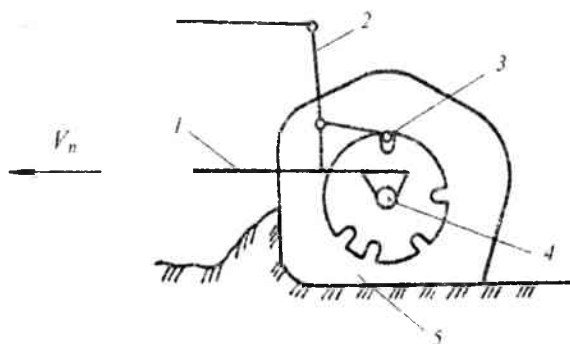


Рис.2.42. Мала с регулируемым удельным давлением на почву:
1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – фиксатор; 4 – ось; 5 – рабочий орган

Таким образом, на протяжении последних несколько десятилетий конструкции малы-выравнивателей постоянно совершенствовались в направлении регулирования удельного давления малы на почву, регулировки угла малования, универсализации и улучшения их динамических показателей.

2.2.6. Катки

Если в зоне хлопководства малование применяется почти повсеместно, то прикатывание почвы весьма редко. Это объясняется, во-первых, отсутствием зональных катков, во-вторых, сложностью изготовления их в хозяйственных условиях. Тогда как в европейских странах прикатывание почвы является одним

из основных приемов обработки почвы. Но, несмотря на это кратко остановимся на их конструкциях.

Обзор литературно - патентных источников показывает, что имея различную конструкцию (рис.2.43), *прикатывающий каток* играет важную роль в работе многих почвообрабатывающих машин-орудий предпосевного назначения: он измельчает, прикатывает и несет «на себе» тяжесть агрегата.

Главным критерием прикатывающих катков является то, насколько надежно он работает не только в обычных условиях, но и по влажной и тяжелой почве. При этом он должен быть универсальным. Важно, чтобы такой каток хорошо работал как на песчаной, так и на глинистой почве в сочетании с различными почвообрабатывающими рабочими органами в составе как простых, так и комбинированных машин-орудий.

Проведенный обзор прикатывающих катков показывает, что в мировой практике фирмы-производители предлагают широкий выбор различных катков для своих агрегатов – и поэтому сориентироваться в этом многообразии не просто [91].

Несмотря на многообразие катков их по конструктивно-технологическим признакам можно систематизировать и составить их структурную схему классификации.

При составлении классификации катков (рис.2.44) за основу были приняты тип, вид и форма катка, типы рабочих элементов, наличие дополнительной нагрузки, способы соединения катка с рамой почвообрабатывающей машины и способы их агрегатирования.

При всем многообразии катков ведущие зарубежные фирмы в зависимости от назначения применяют открытые или закрытые катки с различными диаметрами и шириной захвата.

Мировой практике наибольшее распространение нашли катки закрытого типа. Например, ведущие европейские фирмы-производители катков, такие как Amazone, Guettler, Rau, Kuhn, Kverneland, Lemken, Sulky, Niemeyer, Poettinger, Vogel & Noot в основном выпускают катков закрытого типа [91]. Тогда как катки открытого типа встречаются реже, и они производятся фирмами Eck-Sigma, Lemken и др.

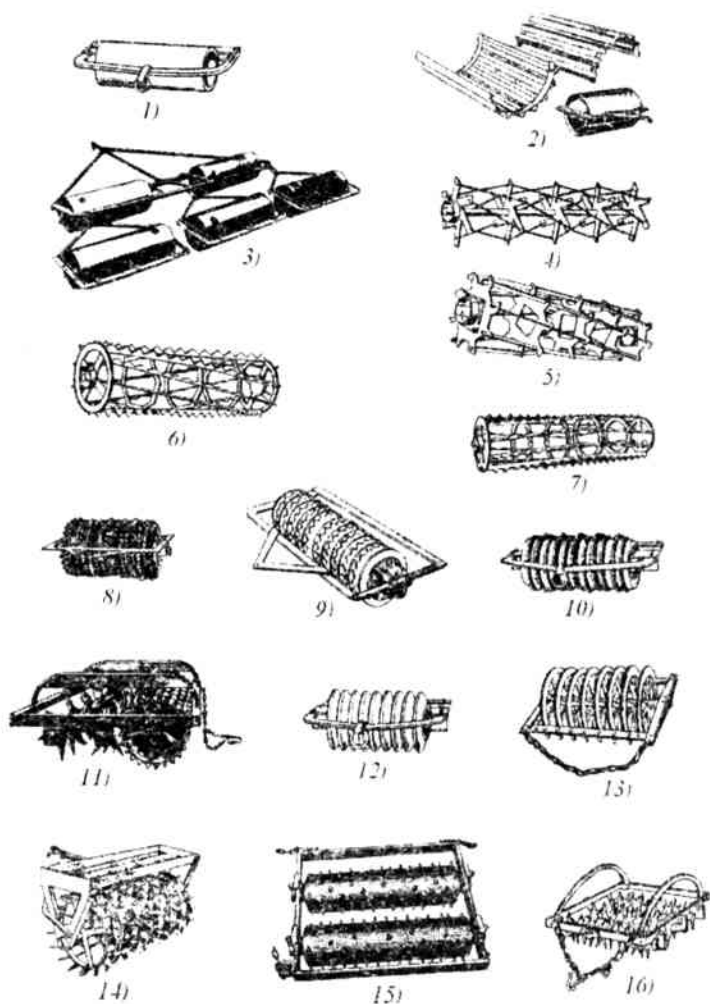


Рис.2.43. Разновидности почвоуплотняющих катков:

1 – гладко-цилиндрический; 2 – рубчатый; 3 – водоналивной; 4 – прутковый;
 5 – ребристо-планчатый; 6 – винтообразно-зубчато-планчатый;
 7 – шевронно-зубчато-планчатый; 8 – кроскиль-каток; 9 – кольчато-
 клинчато-зубчатый; 10 – кольчато-зубчатый; 11 – каток глыбодробитель-
 рыхлитель; 12 – коническо-кольчатый; 13 – каток Кемпбелла (для
 уплотнения подпахотного слоя почвы); 14 – кольчато-шпоровый;
 15 – игольчатый; 16 – звездчатый.

При выборе той или иной конструкции катка исходят из его главной функции – прикатывание почвы, которое обеспечивает контакт семян с водоносным слоем почвы, особенно это важно в засушливый период. Но в то же время, поверхность почвы не должна быть слишком измельченной или же спрессованной, т.е. почва должна хорошо впитывать влагу и обеспечить газообмен необходимый для корней растений.

Независимо от различия конструкции при выборе типа катка исходят из общего правила: на рыхлой и легкой почве несущая способность закрытых катков лучше, чем открытых.

Среди многообразия катков наибольшее распространение получили катки гладкие цилиндрические, борончатые, кольчатые [59, 60, 91]. Тогда как дисковые, спиральные, звездчатые и игольчатые катки применяют сравнительно реже. Еще реже применяют для разрушения глыб катки глыбодробители-рыхлители, а для уплотнения подпахотного слоя почвы катки Кемпбелла.

Гладкие цилиндрические катки бывают рубчатыми, игольчатыми, зубчатыми рабочими элементами, а для создания дополнительной нагрузки катка на почву – водоналивными.

Встречаются и катки с приваренными гребнями, отклоняющимися попеременно вправо и влево. Например, такие катки выпускает фирма Poettinger.

Другой фирмой Eck-Sigma выпускается открытый каток, состоящий из волнистых дисков с толстыми стальными стенками. При этом диски имеют слева направо попеременно клиновидную форму. Иногда этих катков называют катками с “Axonwalze”, и они дают хорошие результаты при обработке тяжелых почв.

Ярким примером игольчатых катков является катки фирмы Niemeyer, а зубчатых катков – каток “Packer PK-2” фирмы Kuhn.

Борончатые катки по типу рабочих элементов бывают прутковым, трубчатым и планчатым.

Трубчатые рабочие элементы бывают гладко-трубчатым, ребристо-трубчатым и зубчато-трубчатым. Зарубежным аналогом трубчатых катков служит трубчатые катки выпускаемые фирмой Niemeyer, которые из-за ограниченной несущей способности применяются только на легких и среднетяжелых почвах.

Планчатые рабочие элементы бывают ребристо-планчатым и зубчато-планчатым. По расположению относительно образующей поверхности барабана планки бывают прямолинейным, винтовым, шевронным и зигзагообразным.

Многочисленные разновидности рабочих элементов встречаются у кольчатых катков, и они бывают кольчатощпоровым, кольчато-зубчатым, кольчато-клинчатым, кольчато-клинчато-зубчатым и коническо-кольчатым.

Причем по форме поперечного сечения кольца и ее покрытия кольчатые катки бывают с резиновыми клинообразными кольцами (например, катки фирмы Amazone, Sulky, Vogel & Noot), резиновыми трапециевидными кольцами (например, катки фирмы Kuhn, Kverneland, Rau) или же чугунными трапециевидными кольцами (например, катки фирмы Lemken).

Для создания дополнительной нагрузки на почву катки снабжаются балластом или пружинно-поводковым механизмом.

По способу соединения с рамой почвообрабатывающей машины или сцепкой, катки бывают с шарнирно соединенной тягой или жестко фиксированной тягой, а по способу агрегатирования прицепным, навесным и полунавесным.

подавляющее большинство зарубежных фирм и машиностроительных предприятий, выпускающие комбинированные почвообрабатывающие машины, в основном используют борончатые катки с прутковыми и планчатыми рабочими элементами различной конструкции.

2.2.7. Мотыги

Весенние предпосевные работы и посев сельскохозяйственных культур в зоне хлопководства часто сопровождается атмосферными осадками. В результате после таких атмосферных осадков на поверхностном слое почвы образуются корки. Для разрушения почвенной корки перед посевом и после появления всходов хлопчатника применяются *мотыги* [18, 74].

Серийно выпущенными мотыгами были вращающаяся навесная мотыга MBH-2,8 (рис.2.45) и вращающейся секционной мотыга MBX-5,4 (рис.2.46).

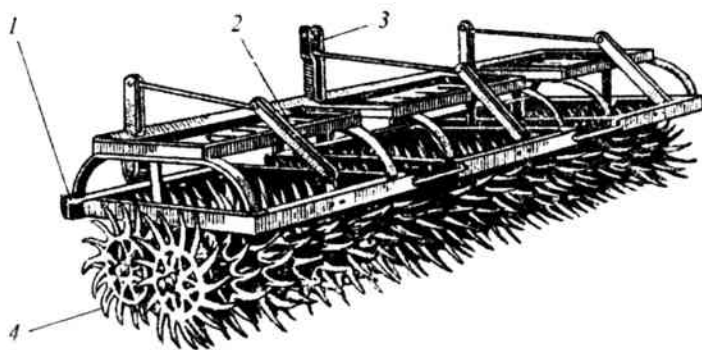


Рис.2.45. Вращающаяся навесная мотыга MBH-2,8:

*1 – рама; 2 – площадка для балласта; 3 – стойка навесного устройства;
4 – игольчатый диск*



Рис.2.46. Вращающаяся секционная мотыга MBX-5,4:

1 – присоединительный кронштейн автосцепки; 2 – рама; 3 – игольчатый диск; 4 – секция

Рабочие органы мотыги – специальные игольчатые диски, вращающиеся за счет сцепления зубьев с почвой. У каждого диска шестнадцать конических заостренных зубьев загнутых по ходу мотыги, которые перекатываясь по полю, обеспечивают около 150 уколов на каждом квадратном метре обрабатываемой площади. При этом зубья игольчатых дисков, из-за своеобразного конструктивного исполнения, погружаясь в почву и выходя из

нее, деформирует верхний слой почвы без заметного перемещения и перемешивания частиц почвы, что и обеспечивает ее превосходства перед бороной.

Вращающаяся навесная мотыга MBH-2,8 производила сплошную обработку почвы, что не всего было целесообразным. Например, на посевах хлопчатника междурядья обрабатывались набором рабочих органов производящих рыхлению почвы с подрезанием сорняков, но они не разрушали почвенную корку образовавшихся непосредственно вокруг растений, что требовало разработку отличного от MBH-2,8 мотыгу. Поэтому в дальнейшем для разрушения почвенной корки на посевах хлопчатника была разработана конструкция вращающейся секционной мотыги MBX-5,4 [74].

В отличие от вращающейся навесной мотыги MBH-2,8, состоящей трех секционной рамы с шестью батареями игольчатых дисков, производящих сплошную обработку почвы MBX-5,4 состоит из шести секций с игольчатыми дисками, и производят обработку почвы непосредственно по грядкам посева. Четыре секции крепятся в основную раму, а остальные две секции на боковых откидных наставках. В каждой секции диски установлены на двух осях по три на каждой с общим междуследием 8 мм.

2.2.8. Комбинированные машины

Как известно на полях, получающих предпосевные (влагозарядные) и промывные поливы, подготовка почвы под посев хлопчатника состоит из 2-3-х кратного чизелевания с боронованием и малования с боронованием. Многократная обработка приводит к ухудшению физико-механических свойств почвы, потере влаги, уменьшению производительности труда и повышению энергетических и материальных затрат. Также, применяемые в настоящее время при проведении предпосевной обработки почвы чизель-культиваторы ЧКУ-4А, ЧхК-3, зубовые бороны БЗСС-1,0, БЗТС-1,0 и БЗТХ-1,0, малы-выравниватели MB-6,0 и MB-6,5, выпускаются длительное время без существенной модернизации, морально устарели и не отвечают современным требованиям по минимизации обработки почвы и энерго-ресурсосбережению. Такая предпосевная обработка,

базирующаяся в основном на однооперационной технологии, в конечном счете, уменьшает производительности труда и повышает себестоимости возделываемой культуры. В связи с этим в целях энерго- и ресурсосбережения, повышения производительности труда и снижения себестоимости хлопка-сырца необходимо внедрение *комбинированных машин-орудий* и агрегатов, выполняющих несколько технологических операций за один проход агрегата.

Исследованиями установлено, что применение комбинированного агрегата и машин-орудий в 1,2-1,3 раза снижает затраты труда и средств, до 1,5 раза повышает производительность труда [45].

Учитывая технико-экономической эффективности совмещения нескольких технологических операций за один проход, в протяжении последних нескольких десятилетий был ряд попыток в республике по созданию комбинированных почвообрабатывающих машин-орудий, подготавливающих почву к посеву за один проход агрегата.

Первоначально совмещение предпосевных технологических операций осуществлялось комбинированным агрегатом, составленным из различных одно операционных машин-орудий путем простого последовательного их соединения.

Хотя преимущество таких агрегатов, с агротехнической точки зрения очевидно, но они в практическом плане находят весьма редкое применение. Так как не удовлетворяют большинство эксплуатационно-экономических и технологических требований, например таких, как удобство переездов, поворотов, технического и технологического обслуживания и т.д. Поэтому конструкторские мысли все больше и больше сосредотачиваются на новом подходе, т.е. на создании конструктивно простых, компактных, надежных и высокопроизводительных комбинированных машин и орудий [92]. Комбинированные машины и орудий такого типа являются весьма перспективными. Они позволяют значительно снизить номенклатуру сельскохозяйственных машин в хозяйстве и сэкономить топлива и металл, а также загрузить энергонасыщенные трактора и проводить посев сельскохозяйственных культур в кратчайшие агротехнические сроки.

В 1960-1970-ые годы были созданы первые образцы таких комбинированных машин-орудий, предназначенных для одновременного выполнения нескольких технологических операций по подготовке почвы под посев хлопчатника и других сельскохозяйственных культур (рис.41-45).

Одним из таких комбинированных машин является рыхлитель предпосевной РП-2,1 (см. рис.2.47) – комбинированное орудие для обработки засоленной почвы после промывных поливов и для разбивки крупных комьев и глыб на поверхности пашни [93].

У промышленного образца ротационного рыхлителя ротационный рабочий орган снабжался Г-образными ножами. Хотя рыхлитель предпосевной РП-2,1 по сравнению базовым комплексом имеет сравнительно лучшие показатели по качеству крошения почвы, но поверхность обработанного участка остается глыбистой и не выравненной, что требует дополнительной обработки – выравнивания поверхности. Попытки по замене Г-образных ножей молотковыми рабочими органами, из-за их недостаточной эффективности рыхления поверхностного слоя почвы и из-за большой шумности работы ротора, не нашли применения.

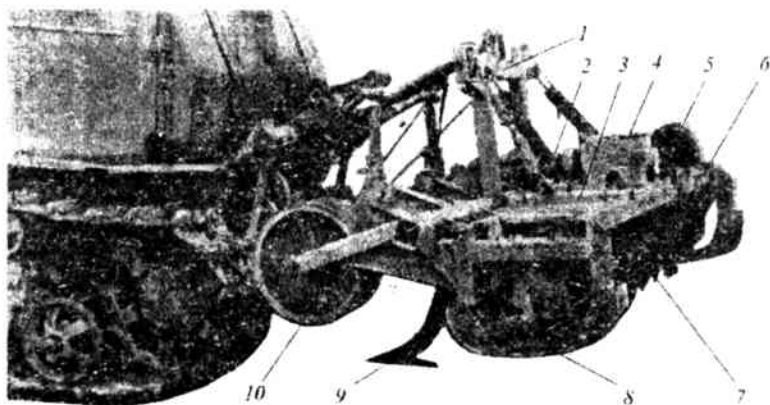


Рис.2.47. Ротационный рыхлитель РП-2,1:

- 1 – навесное устройство; 2 – карданный вал; 3 – кожух; 4 – редуктор;
5 – редуктор боковой; 6 – рама; 7 – ротационный рабочий орган;
8 – лыжа; 9 – пассивный рабочий орган; 10 – опорное колесо*

Недостатки рыхлителя предпосевного РП-2,1 в какой-то мере отсутствуют в конструкции агрегата для предпосевной обработки тяжелых поливных почв КА-2,0 (см. рис. 2.48), который за один проход агрегата выполняет рыхление почвы без оборота пласта, крошение крупных комков и глыб до требуемой величины и дополнительно планировку поверхности поля [94].

Агрегат для предпосевной обработки тяжелых поливных почв КА-2,0 состоит из двух самостоятельных блоков: чизель-культиватора навешанного спереди трактора и сзади его двухсекционного орудия и он работает в режиме "Push-pull".

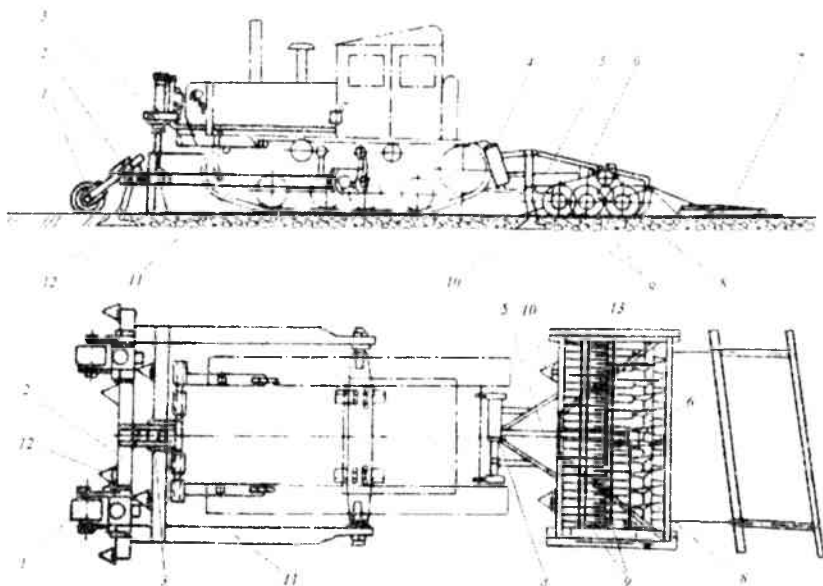


Рис.2.48. Агрегат для предпосевной обработки тяжелых поливных почв КА-2,0: 1 – опорные колеса; 2 – чизельная рама; 3, 4 – механизмы навески; 5 – карданный вал; 6 – редуктор; 7 – планировщик-мала; 8 – активный шнек; 9 – активные ножи; 10, 12 – пассивные рабочие органы; 11 – толкающая балка; 13 – рама двухсекционного орудия

Однако, как показали результаты государственных испытаний агрегата, он имеет сложную конструкцию, большую энергоемкость и металлоемкость, недостаточную маневренность.

Вследствие указанных недостатков КА-2,0 не получил применения в хлопководства.

В начале 80-х годов в зону хлопководства было завезено фрезерный культиватор КФГ-3,6 (рис.2.49) для предпосевной обработки почвы на засоленных землях, получившие промывные поливы и на землях, получившие предпосевные поливы [74].

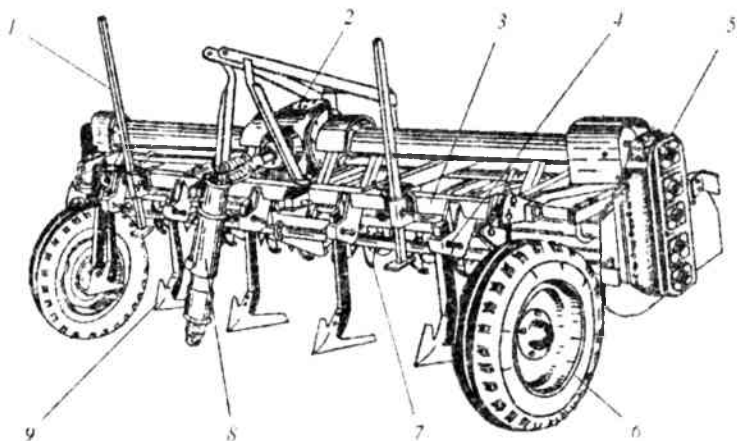


Рис.2.49. Фрезерный культиватор КФГ-3,6:

- 1 – подставка; 2 – редуктор; 3 – рама; 4 – замок со стопорным болтом;
5 – боковой редуктор; 6 – опорное колесо; 7 – нож; 8 – карданный вал;
9 – стрелчатая лапа

Фрезерный культиватор КФГ-3,6 состоит из сварной рамы с навесным устройством, опорных колес, центрального редуктора с карданным валом, бокового редуктора с промежуточным валом и предохранительной муфтой, пассивного рабочего органа, ротора и фартука-выравнивателя. За один проход фрезерный культиватор КФГ-3,6 осуществлял три операции: рыхление почвы стрелчатыми лапами на глубину до 18 см, измельчение верхнего слоя почвы на глубину до 8 см и выравнивания поверхности поля фартуком-выравнивателем.

После обработки почвы фрезерным культиватором КФГ-3,6 она, хотя получается мелкокомковатым и выровненным, но из-за недостаточности уплотняющей способности фартука-

выравнивателя становится рыхлим. В результате чего для подтягивания к семенной ложе из нижних горизонтов влаги требуется дополнительное ее уплотнение. Кроме того, несмотря на достаточно эффективное качество обработки почвы они из-за большой массы и расхода мощности не нашли в зоне хлопководства широкого применения.

Для устранения недостатков фрезерного культиватора КФГ-3,6 в дальнейшем было разработано универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-2,2 (см. рис. 2.50). Оно состоит из сварной рамы с навесным устройством, опорных колес, центрального редуктора с карданным валом, бокового редуктора с промежуточным валом и предохранительной муфтой, пассивного рабочего органа, ротора, фартука-выравнивателя и уплотняющего катка [95].

Универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-2,2 в отличие от фрезерного культиватора КФГ-3,6 за один проход выполняет четыре операции: разрыхляет почву пассивными рабочими органами на глубину до 18 см, измельчает и разрыхляет верхний слой почвы ротором до 10 см, выравнивает поверхность фартуком-выравнивателем и уплотняет ее катком.

Несмотря на то, что универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-2,2, агрегатируется с энергонсыщенными тракторами класса 4-5, например, тракторами МХ-255, Arion-630с, МХМ-140, МХ-135, TS-135, ВТ-150, ВТ-200, Т-4М и др., но он имеет небольшую производительность, всего около 1,0 га/ч, а энергонсыщенные трактора работают незагруженными.

В целях повышения производительности агрегата и максимальной загрузки энергонсыщенных тракторов были попытки в направлении увеличения ширины захвата орудия и совмещении с подготовкой почвы за один проход и внесении минеральных удобрений. Кроме того с учетом мировой тенденции развития конструкции предпосевных машин, где в последние годы превалирует применение комбинированных машин работающих в режиме "Push-pull" в хлопководстве была повторная попытка в создании комбинированной машины работающей по этому режиму.

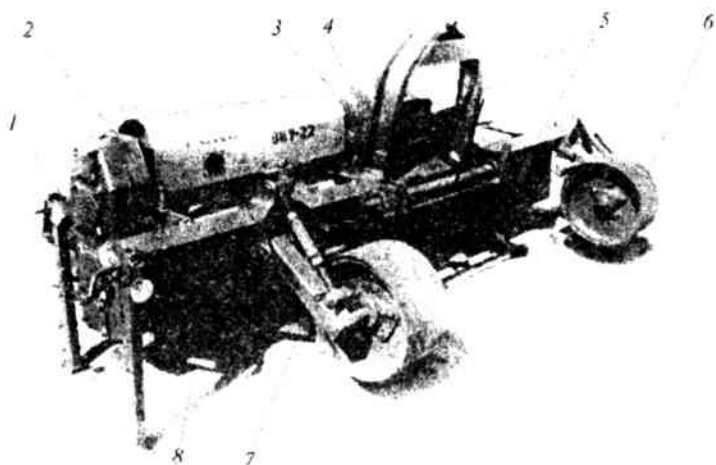


Рис.2.50. Универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-2.2:

1 – уплотнительный каток; 2, 4 – боковой и центральный редукторы; 3 – промежуточный вал с предохранительной муфтой; 5 – рама с навесным устройством; 6 – опорные колеса; 7 – пассивный рабочий орган; 8 – ротор

Такой, но более современной комбинированной машиной, работающей в режиме “Push-pull”, и подготавливающей почву к посеву за один проход с внесением минеральных удобрений, было универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-4 (см. рис. 2.51) [96].

Универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-4 состоит из передней и задней секций, снабженных активными и пассивными рабочими органами. Передняя секция навешивается на смонтированную спереди трактора навесную систему и выполняет функцию чизеля-культиватора-удобрителя, а задняя навешивается на заднюю навесную систему трактора и выполняет функцию фрезы-рыхлителя. ОПУ-4 агрегатируется с тракторами класса 4-5, например, МХ-255, Arion-630с, ВТ-200 и др.

Практика применения универсального почвообрабатывающего орудия ОПУ-4, работающего в режиме “Push-pull” показала, что как равномерность, так и длина пути заглубления рабочих органов зависит от схемы навески его передней секции. Причем

если путь заглабления рабочего органа у радиальной навески была лучше, чем у четырехзвенной, то равномерность глубины обработки у него, наоборот, была хуже, чем у четырехзвенной [97,98]. Кроме того, как показала практика, при этих схемах навески во время перевода из транспортного в рабочее положение силу тяжести орудия воспринимает в основном лапы, что приводит к их частым поломкам у хвостовой части [99].



Рис.2.51. Универсальное почвообрабатывающее орудие ОПУ-4:

1, 5 – подставка; 2 – бункер с туковысевающим аппаратом; 3 – редуктор; 4 – рама фрезы-рыхлителя с навесным устройством; 6 – уплотнительный каток; 7 – ротор; 8, 12 – опорные колеса; 9 – карданный вал; 10 – рама чизель-культиватора с навесным устройством; 11 – пассивный рабочий орган с сошником;

Для устранения перечисленных недостатков передних навесных устройств в КХМЭИ было разработано специальное шарнирное устройство [100], монтируемое вместо них (рис.2.52).

Почвообрабатывающее орудие [101], снабженное таким специальным устройством, состоит из рамы 1, опорного колеса 2 с механизмом 3 регулировки глубины обработки почвы, рабочего органа 4, навесного устройства 5 для навески орудия на переднюю навесную систему трактора, упоров 6 - 9.

Опорное колесо с рамой соединено посредством колена 10, шарнира 11 и механизма регулировки глубины обработки почвы. Навесное устройство соединено с рамой посредством горизонтальных шарниров 12 и снабжено фиксатором 13 транспортного положения. Упоры 6 и 9 на раме и 7 и 8 на навесном устройстве

взаимно установлены так, что рама имеет возможность поворота относительно навесного устройства на угол α_n .

При такой схеме навески во время переводе из транспортного в рабочее положение рама отклоняется относительно навесного устройства на угол α_n и орудие ударяется о поверхность почвы сначала колесом, а затем рабочим органом. Это уменьшает ударную нагрузку на рабочий орган. При этом ввиду наклона рабочего органа вперед он ударяется о почву не хвостом 14, а носком 15 лапы 16. Это предохраняет лапы от поломок и обеспечивает хорошее ее заглубление в почву.

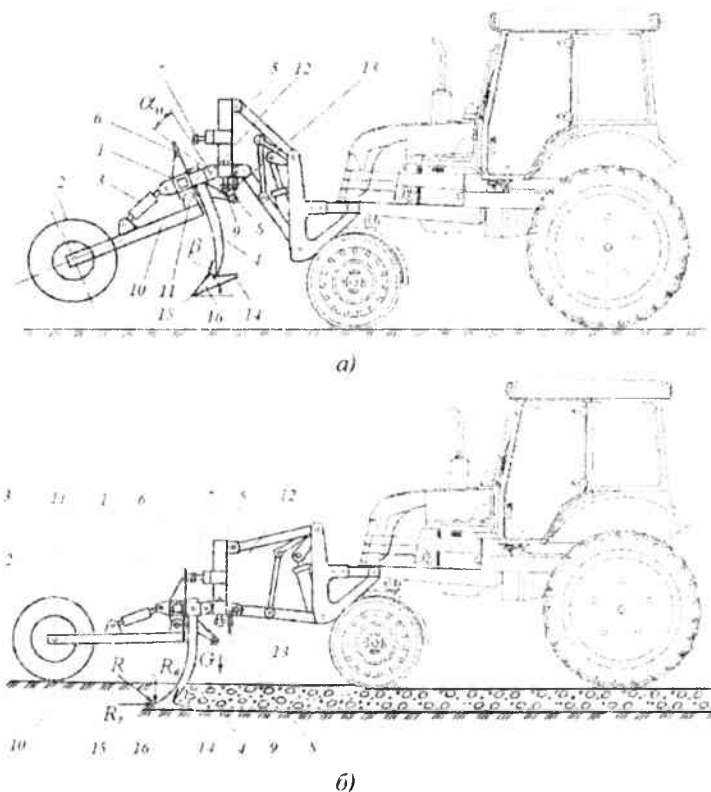


Рис.2.52. Почвообрабатывающее орудие, снабженное устройством для навески на переднюю навесную систему трактора: а) в транспортном положении, б) в рабочем положении

За счет наклонного расположения рабочего органа относительно горизонта, угол вхождения β лапы в почву в начальный момент работы орудия имеет максимальное значение, что способствует быстрому заглублению рабочего органа под действием силы тяжести G орудия и вертикальной составляющей силы реакции почвы R_v , тем самым уменьшая путь его заглубления. Заглубление рабочего органа в почву продолжается до тех пор, пока упоры 6 и 7 не упрутся один в другой или же рабочий орган не отклоняется назад от вертикального положения. Когда упоры 6 и 7 упрутся один в другой, рабочий орган заглубляется на заданную глубину, т.е. на рабочую глубину, и постоянно поддерживается опорным колесом.

Во время перевода орудия из рабочего в транспортное положение, сначала поднимается рабочий орган, а затем, когда упоры 8 и 9 упрутся один в другой, поднимается колесо. Такая последовательность подъема орудия разгружает гидросистему трактора, так как во время выглубления рабочего органа из почвы, колесо воспринимает часть нагрузки от силы сопротивления вертикальной составляющей силы реакции почвы. В дальнейшем, когда рабочий орган полностью выглубляется из почвы, гидросистема трактора поднимает уже только само орудие без преодоления сопротивления вертикальной составляющей силы реакции почвы.

Применение данного технического решения устраняет поломки лап и сокращает путь заглубления и выглубления рабочих органов комбинированных машин-орудий работающих в режиме "Push-pull".

Одновременно с разработкой универсального почвообрабатывающего орудия ОПУ-4 и ОПУ-2,2 были попытки в создании для дехканско-фермерских и личных хозяйств компактных и малогабаритных машин, подготавливающих почву к посеву за один проход. Одним из таких машин была почвенная фреза НО-3.1 (рис.2.53) [102], которая агрегатируется с тракторами класса 0,6-0,9, например, ТТЗ-30, ТТЗ-60 и др.

НО-3.1 состоит из рамы с навесным устройством, центрального редуктора, промежуточного вала с предохранительной муфтой, боковой цепной передачи, ротора, кожуха, фартука-выравнивателя и уплотнительного катка.

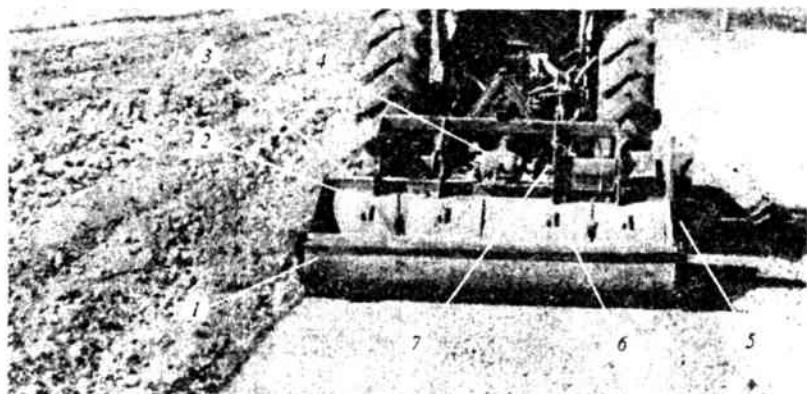


Рис.2.53. Почвенная фреза НО-3.1:

1 – уплотнительный каток с чистиком; 2 – кожух; 3 – рама с навесным устройством; 4 – центральный редуктор; 5 – боковая цепная передача; 6 – фартук-выравниватель; 7 – промежуточный вал с предохранительной муфтой

Однако из-за несовершенства формы и имеющихся недостатков серийные пассивные рабочие органы у ОПУ-2,2 и Г-образные ножи роторов как у ОПУ-2,2 так и у НО-3,1 работают не достаточно эффективно, что отражается на качестве обработки почвы.

Эти недостатки были учтены при разработке усовершенствованной комбинированной почвообрабатывающей машины КМР-2,2 (рис. 2.54).

Комбинированная почвообрабатывающая машина КМР-2,2 [103] снабжена активными и пассивными рабочими органами, агрегатируется тракторами класса 2-4, например, Агiон-630с, МХМ-140, МХ-135, ТS-135, МТЗ-142, ВТ-150, ВТ-200, Т-4М и др.

КМР-2,2 состоит из сварной рамы с навесным устройством, опорных колес, центрального редуктора с карданным валом, бокового редуктора с промежуточным валом и предохранительной муфтой, кожуха, ротора, фартука-выравнивателя и уплотнительного катка.

При разработке комбинированных машин для предпосевной обработки почвы в связи сложностью передачи крутящего момента от ВОМ трактора к ротору наряду приводными были по-

пытки по разработке и бесприводных комбинированных машин.

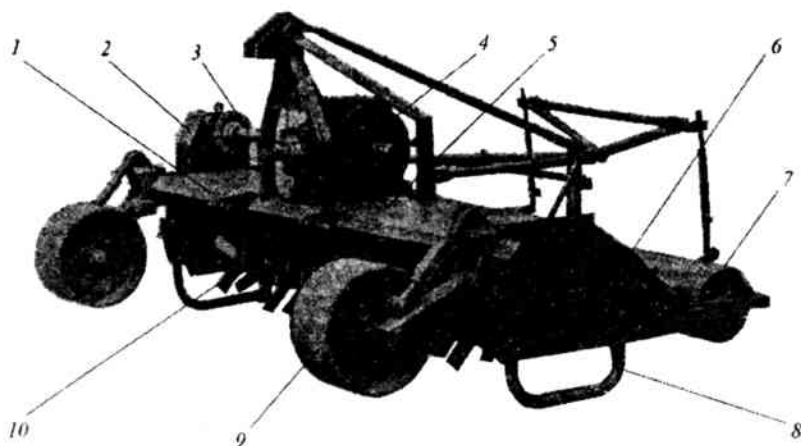


Рис.2.54. Комбинированная почвообрабатывающая машина КМР-2,2:

1 – рама с навесным устройством; 2 – боковой редуктор; 3 – промежуточный вал с предохранительной муфтой, 4 – центральный редуктор; 5 – кожух; 6 – фартук-выравниватель; 7 – уплотнительный каток; 8 – подставка; 9 – опорные колеса; 10 – ротор

Были разработаны различные комбинированные почвообрабатывающие машины и рыхлители без принудительного привода ротора, снабженные лаповыми и ротационными рабочими органами.

Применительно к условиям зоны хлопководства с точки зрения сохранения энергии наибольший интерес представляет ротационный бесприводной рыхлитель РБР-4М (рис.2.55), выпущенный экспериментальным заводом ВИСХОМ [104].

РБР-4М за один проход пассивным рабочим органом разрыхляет почву на глубину до 18 см, зубчатыми роторами производит мелкокомковатую поверхностную обработку на глубину до 8 см и планчатым катком выравнивает и уплотняет поверхность обработанной почвы.

Практика применения РБР-4М в условиях поливного земледелия Центральной Азии показала наряду с неоспоримыми преимуществами и ряд его недостатков. Главные из них состоят в

следующем: расположенные сзади зубчатого ротора пассивные рабочие органы выворачивают крупные комки на поверхность почвы, после чего ведомый зубчатый ротор их неэффективно разрушает, а ребристые планки катка недостаточно их измельчают. Для устранения перечисленных недостатков ротационного бесприводного рыхлителя РБР-4М в КХМЭИ были проведены исследования по созданию модернизированного ротационного бесприводного орудия.

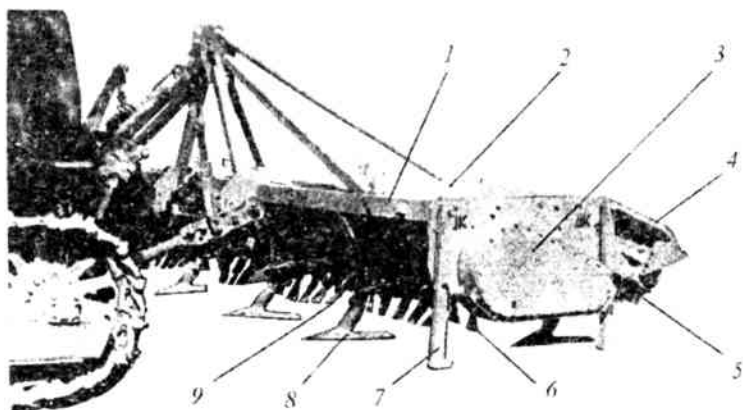


Рис.2.55. Ротационный бесприводной рыхлитель РБР-4М:

1 – рама с навесным устройством; 2 – кожух ротора; 3 – цепной редуктор; 4 – щит-отражатель; 5 – зубчато-планчатый каток; 6 – ведомый зубчатый ротор; 7 – подставка; 8 – пассивный рабочий орган; 9 – ведущий зубчатый ротор

В отличие от ротационного бесприводного рыхлителя РБР-4М на модернизированном ротационном бесприводном орудии (рис.2.56) на ведомом роторе вместо Г-образных ножей установлены ножи с эквидистантной траекторией движения, а пассивные рабочие органы снабжены асимметричной лапой, и они были расположены между ведущим и ведомым ротором в один ряд [78].

На заводе «Наманганагроماش» была выпущена опытная «партия ротационного бесприводного модернизированного орудия с измененной конструкцией под маркой УРМ-4 [91].



Рис.2.56. Орудие ротационное бесприводное модернизированное УРМ-4:

1 – зубчато-планчатый каток; 2 – кожух ротора; 3 – опорное колесо; 4 – механизм для подъема и опускания рамы; 5 – рама; 6 – дышло с серьгой; 7 – ведущий зубчатый ротор; 8 – цепной редуктор

Орудие ротационное бесприводное модернизированное УРМ-4 прицепное, агрегируется с тракторами класса 2-4.

Орудие состоит из рамы с опорными колесами, прицепного устройства, переднего ведущего и заднего ведомого роторов, пассивных рабочих органов и зубчато-планчатого катка. Прицепное устройство снабжено механизмом регулировки горизонтальности рамы орудия.

Внесенные в конструкцию модернизированного ротационного бесприводного орудия изменения устраняя недостатки РБР-4М, существенно повысил качество обработки почвы. Однако из-за большой массы это орудие не нашло широкого применения.

В КХМЭИ совместно с БМКБ «Агроماش» был также разработан облегченный вариант комбинированной машины для предпосевной обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений КМ-3,0 (рис.2.57) [105].

Комбинированная машина, по способу агрегатирования, навесная к тракторам класса 2-3 имеет два варианта исполнения: без удобрения и с удобрителем.

Комбинированная машина КМ-3,0 за один проход агрегата выполняет глубокое рыхление почвы с одновременным внесением минеральных удобрений, выравнивает поверхности

обработанной почвы и с одновременным поверхностным рыхлением уплотняет ее зубчато-планчатым катком.

На комбинированной машине КМ-3 применены стандартные рыхлительные и стрельчатые лапы шириной захвата 50 и 250 мм соответственно. Зубчато-планчатый каток имеет диаметр 300-350 мм, а зубчатые планки (8-12 шт.) поперечного сечения 10х30 мм расположенные по спирали с углом 30° между касательной к спирали и осью вращения катка.

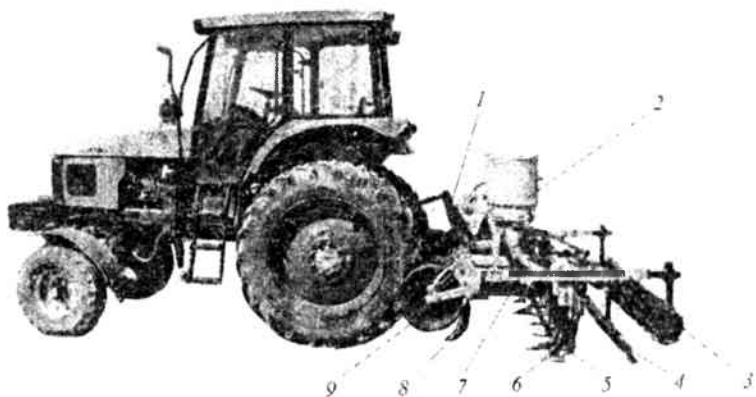


Рис.2.57. Комбинированная машина КМ-3,0:

1 – навесное устройство; 2 – туковывсевающие аппараты; 3 – зубчато-планчатый каток; 4 – выравниватель; 5 – сошник; 6, 8 – пассивные рабочие органы с рыхлительной и стрельчатой лапой; 7 – рама; 9 – опорное колесо

В мировой практике тенденция совершенствования конструкции комбинированных машин направлено на применение энерго- и ресурсосберегающих рабочих органов, осуществляющие новые технологические приемы обработки почвы.

Проведенный обзор показывает, что тенденция совершенствования конструкции комбинированных машин направлено на применение энерго- и ресурсосберегающих рабочих органов, осуществляющие новые технологические приемы обработки почвы. При этом конструкции большинства комбинированных машин похожи друг другу. Отличаются

разновидностью рабочих органов и наличием или отсутствием принудительного привода рабочих органов. Если не считать разновидности рабочих органов их можно разделить на две группы: приводные и бесприводные комбинированные машины.

Среди приводных, применительно к условиям Центральной Азии наибольший интерес представляют комбинированные машины зарубежных фирм Howard, Dutzi, Amac [106-108]. Например, комбинированная машина KR-4000 фирмы Dutzi (рис.2.58) за один проход подготавливает почву к повторному посеву после уборки зерновых. При наличии сеялки, смонтированной на KR-4000, рыхление почвы и засев осуществляются одновременно за один проход [107].

Основным недостатком этих машин является то, что их ротационные рабочие органы в одном случае (когда снабжены зубовидными рабочими элементами) на дне борозды оставляют гребни высотой более 3 см, а в другом (когда снабжены Г-образными ножами) чрезмерно выносят нижние более влажные слои почвы на дневную поверхность поля.

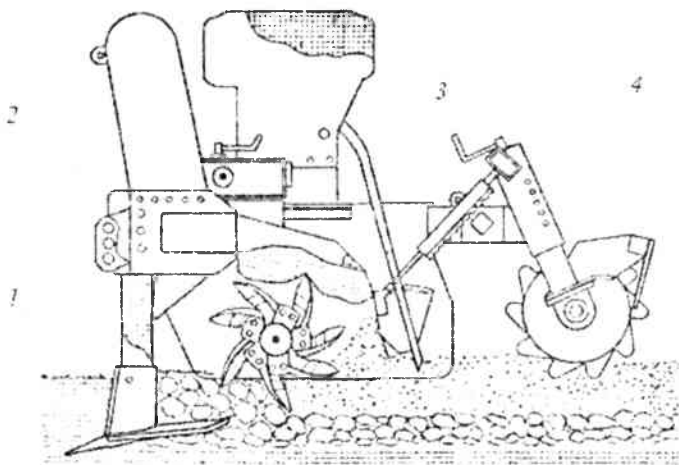


Рис. 2.58. Комбинированная машина KR-4000 фирмы Dutzi:
1 – пассивный рабочий орган; 2 – ротор с зубовидными рабочими элементами; 3 – нож-выравниватель; 4 – каток

Среди бесприводных применительно к почвенно-климатическим условиям республики наиболее приемлемой для

подготовки почвы после уборки урожая зерновых под повторные посевы являются агрегаты почвообрабатывающие комбинированные АПК-3 и АПК-6 [15] (рис.2.59).

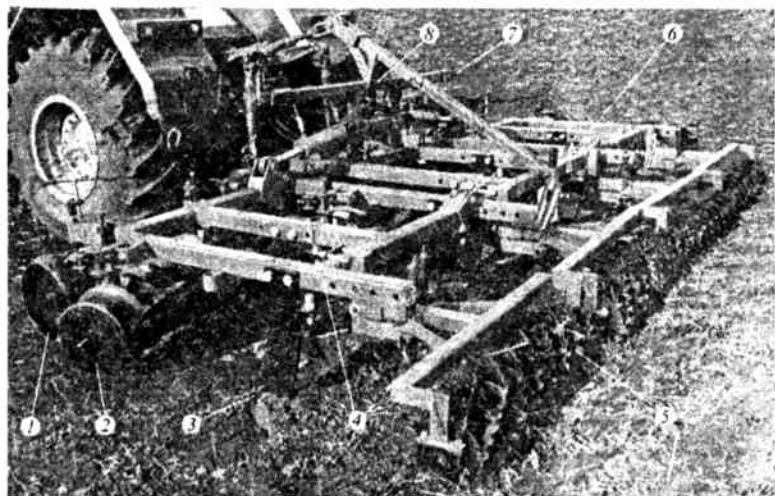


Рис.2.59. Агрегат почвообрабатывающий комбинированный АПК-6:

*1 – опорное колесо; 2 – дисковая батарея; 3 – пассивный рабочий орган;
4 – боковые секции; 5 – зубчато-планчатый каток; 6 – центральная
секция; 7 – опора; 8 – навесное устройство*

При работе агрегата дисковые секции измельчают ложнивные остатки и крошат верхний слой почвы. Лапы подрезают сорную растительность и рыхлят нижележащий слой почвы. Выравниватель разравнивает гребень, образованный дисковыми секциями по оси гона. Катки завершают процесс выравнивания и крошения обрабатываемого слоя и уплотняют его. При установке глубокорыхлящих органов они разрушают плужную подошву, улучшают водопроницаемость пласта, что предотвращает потери влаги и эрозию почвы при ливневых осадках и снеготаянии.

Основным недостатком этих машин является то, что их дисковые бороны чрезмерно выносят нижние более влажные слои почвы на дневную поверхность поля. Несмотря на эти недостатки, комбинированные машины такого типа, являются перспективными. Они позволяют значительно снизить

номенклатуру предпосевных почвообрабатывающих машин в хозяйстве и сэкономить топлива и металла, а также загрузить энергонасыщенные тракторы и проводить посев сельскохозяйственных культур в кратчайшие агротехнические сроки.

Например, комбинированный агрегат АК-4,4 (рис. 2.60) более компактный и за один проход по выровненной зяби или весенней вспашке подготавливает почву под посев зерновых и технических культур [109].

Агрегат АК-4,4 за один проход выполняет следующие операции:

- измельчение ротационными рабочими органами поверхностного слоя почвы с дополнительным перемешиванием его и выравниванием;

- обработку почвы стрелчатыми лапами и подготовку предпосевной основы на заданную глубину;

- повторное измельчение поверхностного слоя почвы с дополнительным перемешиванием ее и выравниванием;

- уплотнение почвы кольчатыми катками.

Основной недостаток этого агрегата заключается в том, что у него глубина обработки доходит всего до 8,0 см и из-за отсутствия привода ротационные рабочие органы неэффективно разрушают почвенные комки.

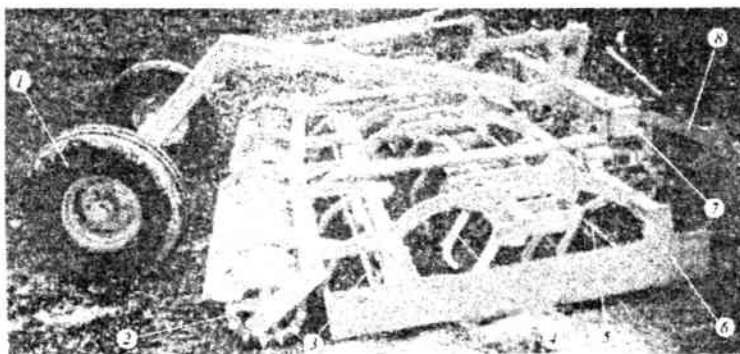


Рис.2.60. Комбинированный агрегат АК-4,4: 1 – опорное колесо; 2 – кольчатый каток; 3, 5 – ротационные рабочие органы; 4 – пассивный рабочий орган; 6 – рама; 7 – несущий брус; 8 – прицепное устройство

При создании комбинированных агрегатов в зависимости от требуемого вида обработки возможны различные сочетания

пассивных рабочих органов с ротационными, вращающимися за счет взаимодействия с почвой (РБР-4М, РБВК-3,6 и др.), либо принудительным приводом от энергоносителя (ротационные машины фирм Howard, Dutzi, Kuhn, Lemken, Rau, Amas, Reekie и др.). Причем в зависимости от месторасположения того или иного вида рабочего органа в общей технологической цепочке можно добиться требуемого качества обработки почвы.

Так, например, у агрегата АКШ-5,6 (рис.2.61) плоскорезные лапы подрезают и разрыхляют пласт почвы на глубину до 20 см, вилующие диски раздвигают и измельчают почву на глубину до 8 см, а гибкая, вращающаяся самоочистная борона распушивает, выравнивает, планирует почву, уничтожает и выбрасывает на поверхность сорняки, закрывает влагу [110].

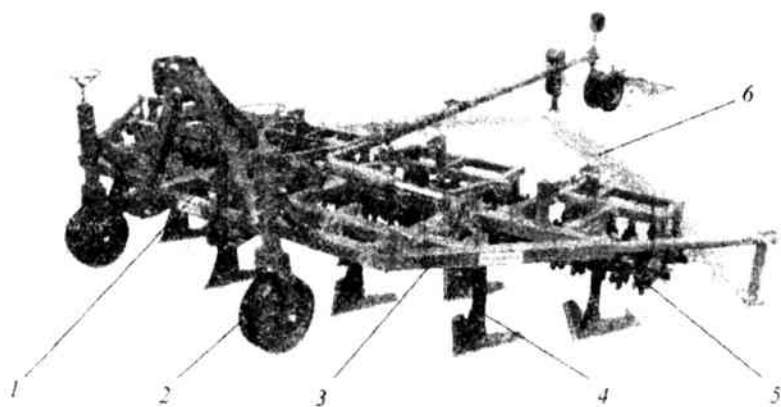


Рис. 2.61. Агрегат комбинированный скоростной АКШ-5,6:

1 – навесное устройство; 2 – опорное колесо; 3 – рама; 4 – пассивный рабочий орган с плоскорезной лапой; 5 – вилующие диски, 6 – вращающаяся самоочистная борона

Комбинированная почвообрабатывающая машина фирмы Kverneland марки «Комбинатор II» (рис. 2.62) выравнивателем выравнивает поверхность обрабатываемой почвы, трубчатыми катками раздавливает крупные комки, расположенные на поверхности обрабатываемой почвы, пассивными рабочими органами, установленными на пружинной стойке, разрыхляет почву, а зубчато-планчатыми катками измельчает крупные комки и выравнивает поверхность обработанной почвы [111].

Применение АКШ-5,6 дает хорошие результаты в условиях стран, расположенных в европейской части СНГ, а «Комбинатор II», в основном, рассчитан для западноевропейских стран, т.е. для зон, где преобладает влажный климат. Их применение в условиях жаркого климата Центральной Азии не эффективно, так как ротационные рабочие органы из-за отсутствия привода неэффективно разрушают крупные комки и не рассчитаны для работы на почвах с низкой влажностью.

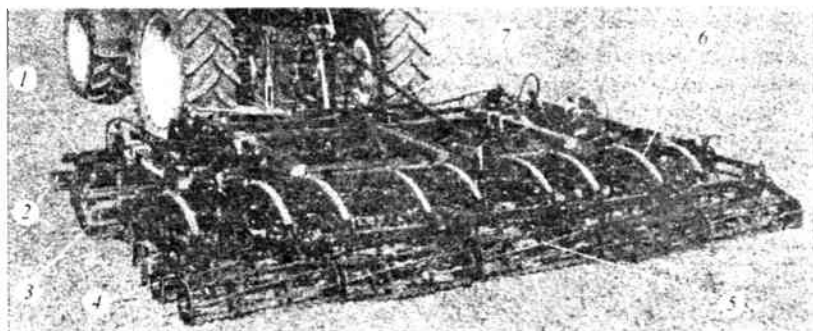


Рис. 2.62. Комбинированная почвообрабатывающая машина «Комбинатор II» фирмы Kvernelad: 1 – рама; 2 – выравниватель; 3 – трубчатый каток; 4, 5 – зубчато-планчатые катки; 6 – пассивный рабочий орган; 7 – навесное устройство

Другим многоцелевым орудием для предпосевной подготовки почвы является «Компактор» фирмы Lemken который за один проход производит выравнивание, крошение и прикатывание почвы (рис. 2.63), т.е. мелко комковатую поверхностную обработку почвы (до 8-10 см) на глубину заделки семян без глубокого рыхления ее нижележащих слоев [112].

В зависимости от привода ротора комбинированные машины бывают с принудительным приводом ротора – он приводится во вращательное движение от энергетического средства либо без принудительного привода ротора – ведомый ротор приводится во вращательное движение ведущим ротором, вращающимся за счет взаимодействия с почвой.

Комбинированные машины большинства ведущих фирм (Howard, Dutzi, Kuhn, Lemken, Rau, Amac, Reekie и др.) выполнены с принудительным приводом ротора.

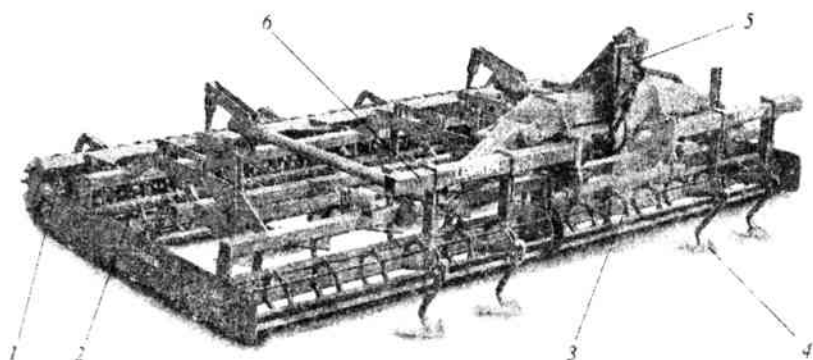


Рис. 2.63. Многоцелевое орудие для предпосевной подготовки почвы «Компактор» фирмы Lemken: 1 – кольчатый каток; 2, 3 – планчатые катки; 4 – пассивный рабочий орган; 5 – навесное устройство; 6 – рама

Основным недостатком этих машин является то, что их ротационные рабочие органы в одном случае (когда снабжены зубовидными рабочими элементами) на дне борозды оставляют гребни высотой более 3 см, а в другом (когда снабжены Г-образными ножами) чрезмерно выносят нижние более влажные слои почвы на дневную поверхность поля.

При всем многообразии конструкций известных комбинированных машин и агрегатов в них есть один общий признак – это сочетание пассивных рабочих органов с ротационными и завершение технологической цепочки расположения рабочих органов уплотнительным катком. При этом характерен также принцип независимости установки пассивных, ротационных рабочих органов и катков. Каждый рабочий орган имеет самостоятельную быстросъемную связь с рамой машины, что дает возможность при необходимости использовать любой вид рабочих органов независимо друг от друга или исключить его из общей технологической цепочки расположения рабочих органов.

Итак, независимо от вида технологии предпосевной обработки почвы и разнообразия, применяемых для ее осуществления машин-орудий во всех случаях наблюдается

следующее: глубокое рыхление почвы (на глубину 14-20 см) производится пассивными рабочими органами: мелко комковатая поверхностная обработка (на глубину до 8-10 см) осуществляется зубьями, дисками или ротором, а для выравнивания и уплотнения поверхности почвы применяются выравнивающие и уплотняющие рабочие органы различной конструкции и от их эффективности, в основном, зависит качество работы комбинированной машины. Поэтому для создания комбинированных машин, обеспечивающих сбережение материально-технических ресурсов, необходимы обзор и изучение преимуществ и недостатков как пассивных, так и ротационных, и выравнивающих-уплотняющих рабочих органов известных почвообрабатывающих машин, а на их основе выбор базовых моделей для разработки влаго-, энерго- и ресурсосберегающих рабочих органов разрабатываемых комбинированных машин.

Таким образом, проведенный обзор показывают, что машины-орудия для предпосевной обработки почвы в зоне хлопководства постоянно совершенствуются как по конструкции самых машин-орудий, так и по конструкции их рабочих органов, совершенствуются также технологические схемы работы и разрабатываются все новые формы и типы рабочих органов этих машин-орудий, осуществляющие новые технологические приемы обработки почвы позволяющие снизить энерго- и ресурсозатраты, сохраняющие почвенной влаги, устраняющие переуплотнение пахотного слоя и минимизирующие воздействия рабочих органов на почву.

Прослеживается тенденция совмещения нескольких технологических операций с целью минимизации проходов машин-орудий по полю и тем самым устранения излишнего уплотнения пахотного слоя почвы. Стержневым направлением при совмещении технологических операций остаются применение комбинированных машин-орудий.

При разработке комбинированных машин основной упор делается на применение ротационных рабочих органов с вертикальной или горизонтальной осью вращения. При этом вместо механического в последние годы начали применять гидравлический привод ротора

Проведенный обзор также показывают, что при всем многообразии конструкций комбинированных машин и агрегатов, выпускаемых различными фирмами мира, в них есть один общий признак. Это – сочетание пассивных рабочих органов с активным и завершение технологической цепочки расположения рабочих органов уплотнительным катком. При этом характерен также принцип независимости установки пассивных, активных рабочих органов и катков. Поэтому в подавляющем большинстве современных комбинированных машин-орудий каждый рабочий орган имеет самостоятельную быстросъемную монтажную связь с рамой машины, что дает возможность при необходимости использовать любой вид рабочих органов независимо друг от друга или исключить любого из них из технологической цепочки расположения рабочих органов.

Учитывая то, что будущее за комбинированными машинами-орудиями, которые, как уже было сказано, снабжаются пассивными и активными рабочими органами, а завершение технологической цепочки расположения рабочих органов заканчивается применением выравнивающих рабочих органов и уплотнительных катков, в следующих разделах монографии рассмотрим тенденцию и перспективных направлении совершенствования конструкции этих рабочих органов.

ГЛАВА 3. ПАССИВНЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ

3.1. Тенденция совершенствования конструкции пассивных рабочих органов

Анализ тенденции совершенствования конструкции пассивных рабочих органов, применяемых для предпосевной обработки почвы в хлопководстве, показывает, что основная доля всех проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ были направлены в основном на изыскание новых форм пассивных рабочих органов, позволяющих повышать качество крошения почвы, снизить энергозатраты и устранить завивание их растительными остатками.

В результате этих работ были созданы целые семейства пассивных рабочих органов, снабженных различными формами лап и стоек [113-120]. Причем конструкции, как лапы, так и стойки последовательно совершенствовались, и простые их формы заменялись усовершенствованным. В зависимости от форм рабочих органов и назначения были обоснованы их высота H , радиус кривизны R , толщина a и ширина b стойки, а также длина вылета носка лап L .

Особенно четко прослеживается тенденция замены жесткой конструкции стойки (рис.3.1) упругой (рис.3.2). Причем, сначала конструкторские мысли были направлены на снабжение жестких стоек различными предохранительными устройствами: от простых штифтов до специальных сложных устройств, снабженных различными пружинными механизмами [113]. Эти устройства наряду с предохранением пассивных рабочих органов от поломок и деформации, в какой-то мере повышали качество крошения почвы и способствовали им самоочищаться от растительных остатков.

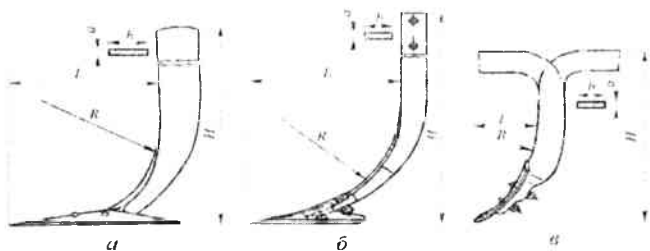


Рис. 3.1. Пассивные рабочие органы на жестких стойках, снабженные различными формами лап: а – стрельчатая; б – универсальная; в – обратная рыхлительная

Дальнейшее развитие этой мысли привело уже к созданию упругих стоек, имеющих спиральную, L , S или C образную форму. Причем некоторые S и C образные упругие стойки (см. рис.3.2 б и в) для большей упругости и обеспечения поддержании более устойчивого колебательного режима были снабжены подрессорником.

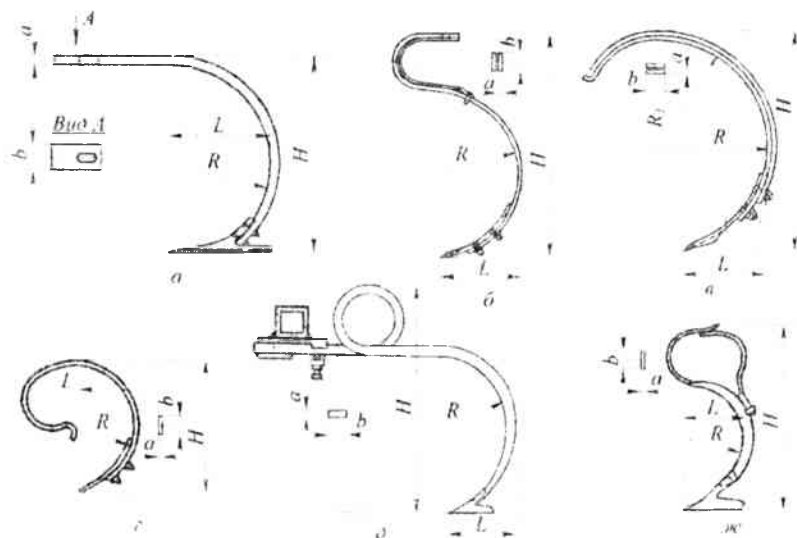


Рис.3.2. Пассивные рабочие органы на упругих стойках, снабженные различными формами стоек, имеющих форму: а, б, в, г – L , S или C образную, д – спиральную; ж – сложной конфигурации

Большинство упругие стойки изготовлены из листовой стали. Но вместе с тем некоторые производители для упрощения технологии изготовления их делают квадратным (см. рис.3.2 д) или круглым сечением. Однако стойки квадратного и круглого сечения в сравнении со стойками прямоугольного сечения имеют недостаточные упругие свойства. Поэтому для повышения упругости и эластичности их изготавливают одним или двумя спиральными витками. Основным недостатком рабочих органов снабженных такими стойками является неуравновешенные боковые усилия, возникающие в процессе работы. Для устранения этих усилий стойки изготавливают таким образом, чтобы части стойки находящиеся по обе стороны от витков

размещались в одной плоскости. Примером таких упругих стоек служит упругие стойки рабочих органов, установленных на чизеле-культиваторе ЧК-4-6 [11].

В зависимости от форм рабочих органов и назначения были обоснованы их высота H , радиус кривизны R , толщина a и ширина b стойки, а также длина вылета носка лап L .

В отличие от жесткой стойки они характеризуются пониженным тяговым сопротивлением, высокой надежностью, не залипают почвой и не забиваются растительными остатками, хорошо копируют микрорельеф поля. Однако из-за непостоянства пространственных координат расположения относительно ротационных рабочих органов они в комбинированных машинах с принудительным приводом не используются или же используются очень редко.

Подвергались к изменению и формы лобовой поверхности стоек рабочих органов. Были разработаны и исследованы гамма разновидностей таких стоек (рис.3.3), имеющих в поперечном сечении клинообразно-симметричный, клинообразно-асимметричный, прямоугольный, полукруглый или комбинированный профиль [121]. В последние годы в целях самоочищения от растительных остатков начали использовать стоек с клинообразно-асимметричной или же комбинированной профилю.



Рис.3.3. Формы лобовой поверхности стоек пассивных рабочих органов: *а – клинообразно-симметричный; б – клинообразно-асимметричный; в – прямоугольный; г – полукруглый; д – комбинированный*

Рыхлительные лапы за последнее десятилетие претерпели несколько усовершенствований. Их конструкции от простых долот, а затем оборотных изменялись до отвальных (рис.3.4). Подвергались также изменению и конструкции полых лап. Были разработаны стрельчатые, универсальные, плоскорежущие,

односторонние, асимметричные, шарнирно-сочлененные и другие формы полых лап [122,123].

Среди перечисленных разработка шарнирно-сочлененных лап считается сравнительно новым направлением, и она мало изучена. Тогда как остальные формы полых лап изучены многими исследователями. Ими исследованы и обоснованы высота H , радиус кривизны R , угол раствора 2γ , угол крошения β , угол входа α , радиус изгиба r_2 , толщина s и ширина b лапы, а также длина вылета носка лап L , радиус закругления хвостовика r_1 и другие a, A, m, ω (см. рис.3.4 а, б) параметры полых лап.

У шарнирно-сочлененных лап особый научный интерес представляет принцип работы и факторы, влияющие на показатели их работы. Поэтому эти вопросы будут рассмотрены вкратце в последующем подразделе.

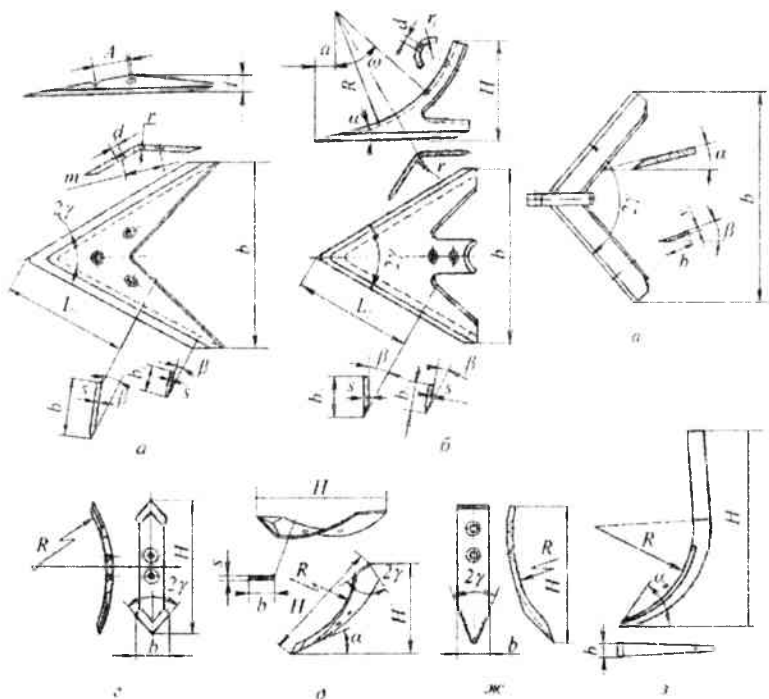


Рис.3.4. Рыхлительные и полые лапы: а – стрельчатая; б – универсальная; в – плоскорежущая; г – оборотная; д – отвальная; ж – асимметричная; з – долота, односторонняя

В конструктивных усовершенствованиях полольных лап прослеживается тенденция совершенствования выполняемых ими технологических процессов: от простого рыхления почвы и подрезания растительности до почво- и влагозащитных приемов.

Совмещение предпосевных операций и появление вместе с ним комбинированных машин-орудий вызвало необходимость в создании комбинированных рабочих органов и в увеличении функциональной возможности пассивных рабочих органов. В этом направлении прослеживается тенденция совмещения в одном пассивном рабочем органе двух технологических приемов: рыхления почвы и внесения удобрений и совершенствования конструкции пассивных рабочих органов за счет поиска их новых форм и типов, включая комбинированных рабочих органов.

Разработка комбинированных рабочих органов проводится по двум направлениям: путем простого совмещения двух видов рабочих органов или же путем разработки специальных комбинированных рабочих органов.

Примером первого направления является комбинированный рабочий орган (рис.3.5), разработанный НПО «ВИСХОМ» [124]. Он разрыхляет почву, разрушает плужную подошву, частично заделывает растительные остатки, создавая при этом на поверхности поля мульчирующий слой для защиты почвы от эрозии. При этом гребнистый профиль дна борозды способствует накоплению влаги в осенне-зимний период, а не сплошное рыхление дна борозды способствует снижению энергоемкости процесса обработки почвы.



Рис.3.5. Отвальные (а), комбинированные (б) и универсальные (в) лапы пассивных рабочих органов

Другим направлением совершенствования конструкции является создание конструкции комбинированных рабочих органов совмещающих рыхление почвы с внесением в нее минеральных удобрений.

У большинства почвообрабатывающих машин отечественного и зарубежного производства вместо специально предназначенных для внесения минеральных удобрений анкерных, килевидных, полозовидных, трубчатых, одно и двухдисковых сошников уже успешно применяются пассивные рабочие органы-сошники различной конструкции, в том числе одновременно с рыхлением почвы вносящих в нее минеральные удобрения.

Формы и параметры пассивных рабочих органов-сошников изучены многими исследователями. В зависимости от форм рабочих органов снабженных сошниками и их назначения ими были обоснованы: высота H , радиус кривизны R , толщина a и ширина b стойки, а также длина вылета носка лап L . Исследованы оптимальные глубины внесения удобрений в одну или в две глубины a_{p1} , a_{p2} (рис.3.6).

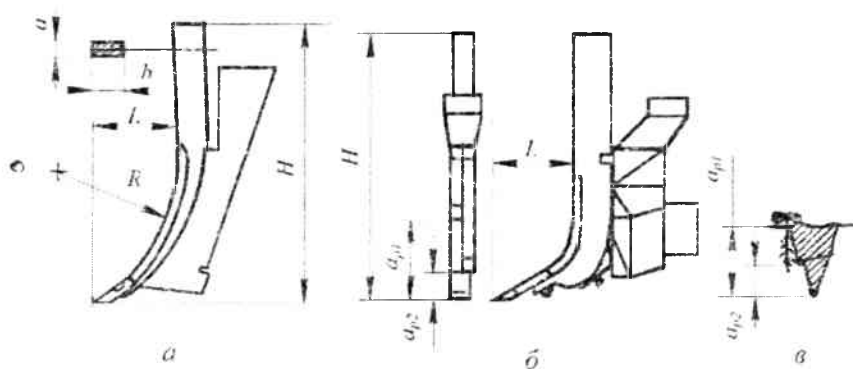


Рис.3.6. Пассивные рабочие органы-сошники, вносящие удобрения на одну (а) и на две (б) глубины и схема (в) внесения удобрений

Ведутся работы в направлении применения на предпосевной обработке почвы пассивных рабочих органов-сошников вносящих минеральные удобрения на различные глубины [125], а также рабочих органов, снабженных устройствами (рис.3.7) для внутрпочвенного внесения жидких минеральных удобрений [126].

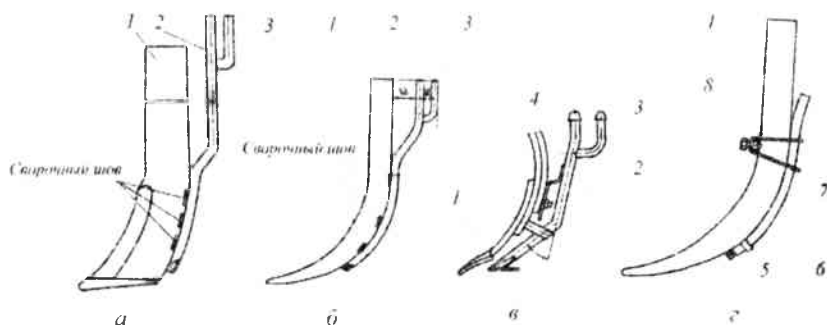


Рис.3.7. Рабочие органы, снабженные устройствами для внесения жидких минеральных удобрений: *а* – для охлажденного аммиака; *б* – к культиватору КРН; *в* – к комбинированному агрегату РВК; *г* – для жидкого аммиака. 1 – долото; 2 и 3 – подкормочные трубки; 4 – упор; 5 – жиклер; 6 – кольцо; 7 – трубка; 8 – хомут

Совершенству подвергались и сошники в этих пассивных рабочих органах. Они снабжались специальными устройствами равномерно распределяющими, пневматическим или механическим способом, минеральных удобрений по всей ширине полосы внесения [127, 128].

Различают рабочие органы для внутривспашечного и поверхностного внесения жидких минеральных удобрений. Если к рабочим органам для поверхностного внесения жидких удобрений относятся всевозможные штанги с распылителями и форсунками то, к рабочим органам для внутривспашечного внесения жидких минеральных удобрений относятся рабочие органы режущего и рыхлящего типа.

Для внесения жидкого и водного аммиака рабочие органы комплектуются одной трубкой, а охлажденного – двумя или комбинированной подкормочной трубкой.

Следующим направлением совершенствования пассивных рабочих органов является повышения их износостойкости. Для этого лезвий лап наплавляют различными износостойкими твердосплавными материалами. В результате стойкость лезвий лап к износу возрастает. Например, срок службы пассивного рабочего органа комбинированного агрегата АКШ-3,6, с лезвием,

наплавленным твердосплавным материалом, изготовленным по технологии института им Е. Патона (рис.3.8) доходит до 300-600 га [127].



Рис.3.8. Пассивный рабочий орган комбинированного агрегата АКШ-3.6, изготовленный по технологии института имени Е. Патона:

1 – твердосплавная наплавка; 2 – грудь; 3 – хвостовик; 4 – лезвия

Таким образом, конструкторские мысли по созданию пассивных рабочих органов не стоит на месте, а динамически развиваются со временем в зависимости от поставленных задач. Они направлены на повышение качество обработки почвы, на снижение энерго- и металлоемкости, на совмещение нескольких технологических операций в одну, а также на совершенствование технологических приемов обработки почвы.

3.2. Классификация пассивных рабочих органов

Классификации конструкции пассивных рабочих органов посвящены ряд работ. Однако в них пассивные рабочие органы систематизируются по-разному, т.е. в одних случаях по типу лап, в других по технологическому принципу работы, в третьих по конструктивным элементам. Все это создает трудности в описании характеристики охватывающего всю гамму конструктивно-технологических особенностей конкретно взятого пассивного рабочего органа.

Для устранения этого пробела классификация пассивных

рабочих органов автором проведена, на основе обзора литературно-патентных источников с учетом тенденции развития, по их конструктивно-технологическим признакам (рис.3.9). При этом характерными элементами классификации приняты: тип стойки; профили стойки, как по рабочей поверхности, так и по поперечному сечению; способ и глубина внесения удобрений тип рассеивателя минеральных удобрений; расположения крыльев лап; способ крепления как стойки к раме, так и лапы к стойке [37, 129].

По типу стойки пассивные рабочие органы различаются на рабочие органы с жесткой, подпружиненной и упругой стойкой. Причем для предотвращения поломок и деформаций жесткие стойки этих рабочих органов выполняют штифтовым или же без штифтовым, но со специальными предохранительными устройствами [113].

По форме профили рабочей поверхности исключительно все упругие стойки выполняются криволинейными – спиральной, *S* или *S*-образной форме. Тогда как жесткие и подпружиненные стойки выполняются не только криволинейными, но и ступенчатым или прямолинейным. Причем относительно направления движения они могут быть установлены вертикально, наклоном вперед, назад или в бок или же в комбинированном положении. Встречаются также стойки для поярусного расположения лап.

По профилю поперечного сечения стойки пассивных рабочих органов бывают симметричными или асимметричными. Как первый, так и второй вид поперечного сечения стойки имеют в свою очередь различную конфигурацию.

Например, симметричные поперечные сечения стоек пассивных рабочих органов бывают прямоугольным, клинообразным, полукруглым. А асимметричные поперечные сечения стоек – полусегментообразным, клинообразно-асимметричным или же в виде сложной конструкции.

По способу крепления стоек к раме орудия пассивные рабочие органы подразделяются на разъемные и неразъемные.

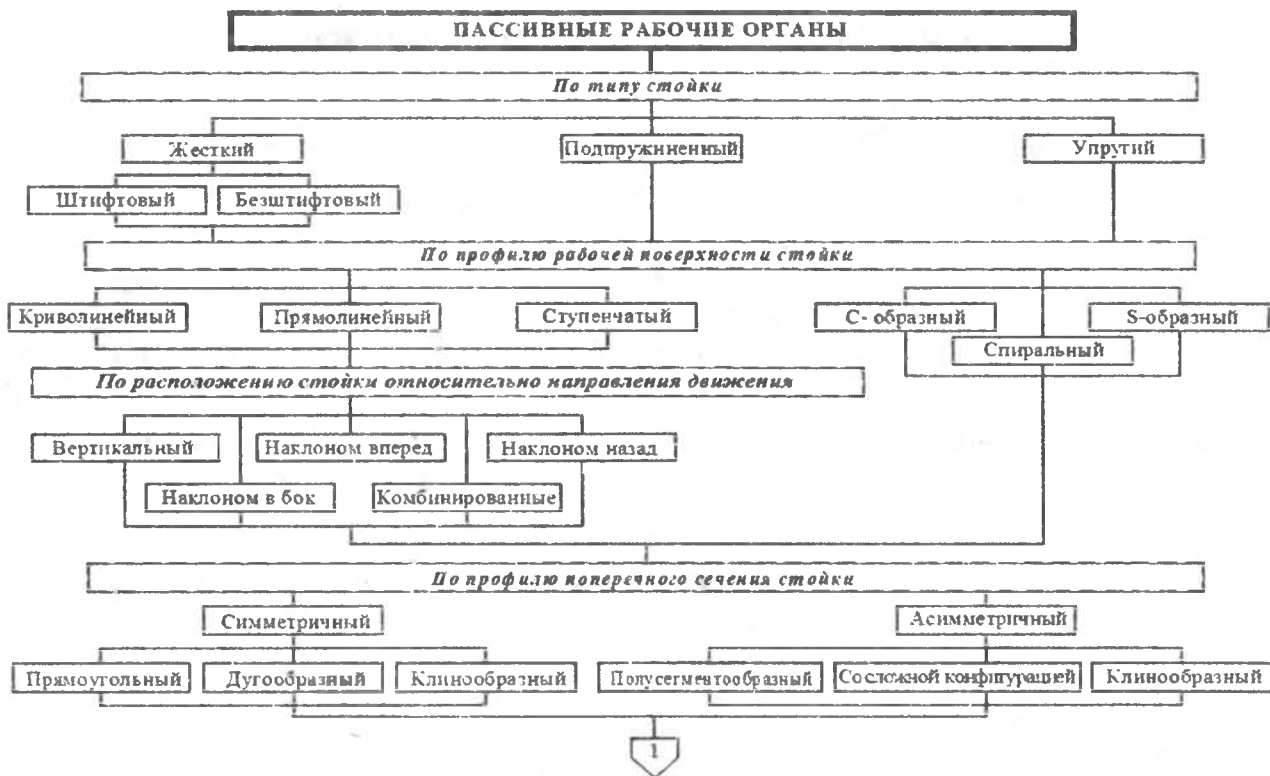
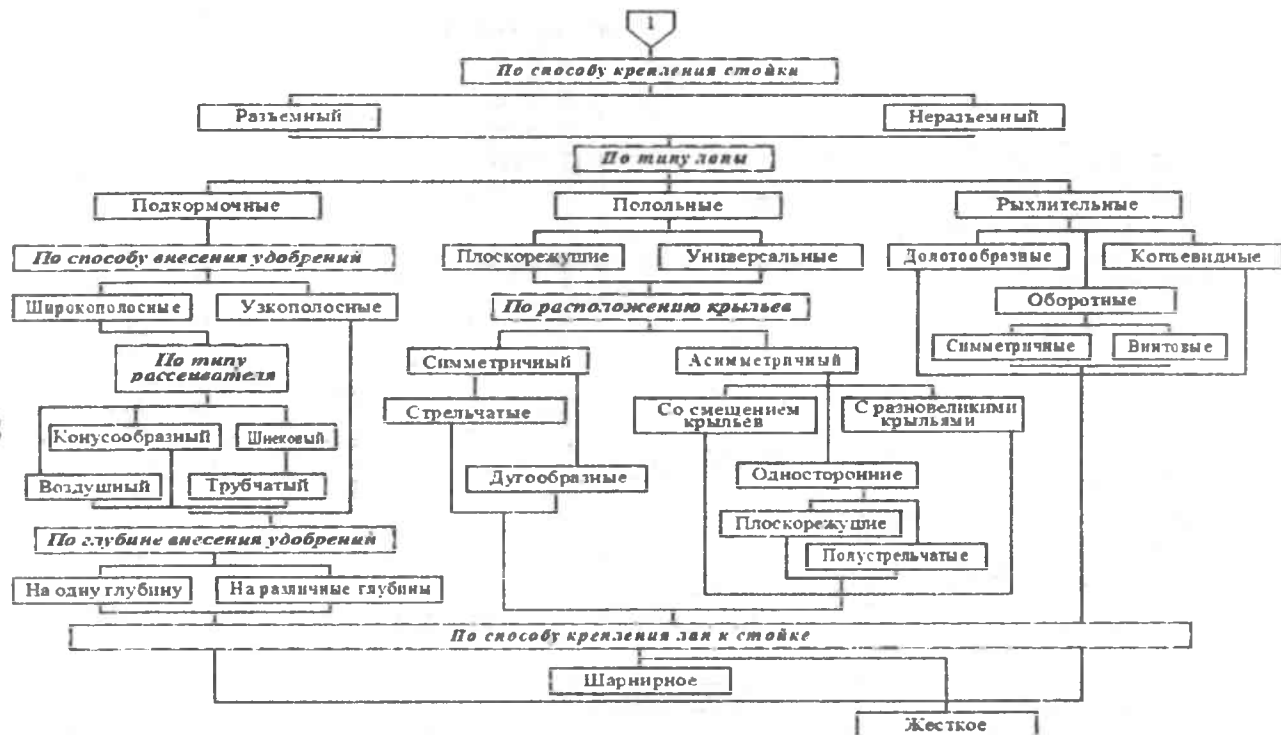


Рис. 3.9. Классификация пассивных рабочих органов.



Продолжение рис. 3.9. Классификация пассивных рабочих органов.

Если пассивные рабочие органы по типу стойки классифицируются в основном по конструктивным признакам, то по типу лап – конструктивно-технологическим признакам.

По технологическим назначениям лап, пассивные рабочие органы делят на рыхлительные, полольные и подкормочные.

Рыхлительные лапы бывают долотообразными, копьевидными, оборотно-симметричными и оборотно-винтовыми.

Полольные лапы подразделяются на плоскорежущие и универсальные, и они бывают симметричными или асимметричными. Среди симметричных полольных лап наибольшее распространение получили стрелчатые лапы, а редкое – дугообразные лапы.

Если не считать односторонних-, то сравнительно новым в обработке почвы является применение асимметричных полольных лап с разновеликими или же со смещенными относительно друг друга крыльями.

По способу внесения минеральных удобрений пассивные рабочие органы с подкормочными лапами подразделяются на широкополосные и узкополосные, а по глубине внесения удобрений на рабочие органы, заделывающие минеральные удобрения на одну или на различные глубины.

По типу рассеивателя широкополосные подкормочные лапы подразделяются на лапы с конусообразными, шнековыми, трубчатыми или воздушными рассеивателями.

Структурная схема классификации пассивных рабочих органов, построенная по характерным элементам, представлена на рис. 3.9.

Таким образом, литературно-патентный обзор и анализ известных конструкций пассивных рабочих органов позволил создать систематизированную классификацию пассивных рабочих органов и показал, что тенденция совершенствования конструкции пассивных рабочих органов происходит в направлении:

- изыскание новых форм рабочих органов, позволяющих повышение качества крошения почвы и снижения энергозатрат;
- изыскание новых форм стоек пассивных рабочих органов устраняющих завивание их растительными остатками;

- изыскание форм рабочих поверхностей лап, устраняющих залипание почвы;
- повышение износостойкости рабочих органов;
- изыскание почвощающих, влаго- и энергосберегающих форм и типов пассивных рабочих органов, основанных на новых принципах и на нетрадиционных технических решениях;
- увеличение функциональной возможности пассивных рабочих органов и др.

Из проведенного обзора также следует, что известные конструкции пассивных рабочих органов в ряде случаев не отвечает современным требованиям, как по обеспечению однородности расположения рабочих органов с перекрытием по ширине захвата машины, так и по технико-эксплуатационным показателям (по качеству крошения почвы, по энерго- и ресурсозатратам, по надежности и долговечности).

Для устранения указанных недостатков исследователями и конструкторами на основе анализа преимуществ и недостатков известных рабочих органов и с учетом тенденции развития их конструкции разработаны ряд новых перспективных типов и форм пассивных рабочих органов. В следующем разделе рассмотрим отличительные особенности и методику расчета параметров некоторых из них.

3.3. Перспективные направления совершенствования конструкций пассивных рабочих органов

3.3.1. Пассивные рабочие органы, обеспечивающие само очистки от растительных остатков

Одним из основных орудий, производящих рыхление вспаханной почвы при ее предпосевной обработке являются чизели-культиваторы, которые снабжаются пассивными рабочими органами устанавливаемых на жесткой или на упругой стойке.

В перспективе согласно общей концепции развития механизации и электрификации сельского хозяйства республики [20] однооперационные почвообрабатывающие машины, используемые при предпосевной обработке почвы, будут

заменены комбинированными машинами, снабженными наряду с пассивными и активными ротационными рабочими органами.

Как известно, ротационные рабочие органы из-за активного воздействия на почву и на растительные остатки исключают образованию перед ним сгуживания почвы. Тогда как перед пассивными рабочими органами, из-за скапливающихся во время работы на их стойке растительных остатков, происходит сгуживания почвы. В результате чего с одной стороны происходит рост энергозатрат на обработку почвы, а с другой – потеря почвенной влаги.

Проведенный литературно-патентный обзор и анализы конструкций известных пассивных рабочих органов показывают, что многочисленными исследователями разработаны различные конструкции, как самих пассивных рабочих органов, так и специальных устройств очищающих их стоек от растительных остатков. Среди них наиболее близки к решению поставленной задачи технические решения [130, 131] применяемые на пассивных рабочих органах. Они за счет отрезания растительных остатков скапливающихся на стойке пассивного рабочего органа предотвращают сгуживанию почвы и обволакиванию растительных остатков на стойке.

При этом, в зависимости от наличия или отсутствия ротационного рабочего органа, стойки пассивного рабочего органа очищаются от растительных остатков в одном случае – самим ротором, а в другом – специальными устройствами, смонтированными на машине-орудии.

Каждый из этих вариантов очистки стойки от растительных остатков имеет свои преимущества и недостатки. Так если для жестких стоек наиболее приемлем первый вариант очистки стойки, то для пружинящих стоек наиболее подходит второй вариант очистки от растительных остатков.

Для проверки правомочности высказанных суждений были разработаны и испытаны оба варианта очистки стоек пассивных рабочих органов от растительных остатков [131, 132].

В работе [130] подробно описан один из вариантов почвообрабатывающего орудия снабженного рабочим органом с жесткой стойкой, очищающиеся от растительных остатков за счет взаимодействия пассивных рабочих органов с ротационным

рабочим органом. В этом орудии во время работы стойка клиновидного сечения, вдавливая и раздвигая почву, поперечно перемещает ее, вблизи боковой и лобовой поверхности стойки в пласте образуется напряженная зона. Конец Г-образного ножа внедряется в эту зону. За счет этого энергия, израсходованная на создание напряжения в пласте, и его поперечное смещение эффективнее используются для крошения, а также уменьшаются энергозатраты. Как известно, для разрушения предварительно напряженной почвенной среды необходимо затратить меньше энергии, а разрушается она с большей интенсивностью. Растительные остатки, обволакиваемые на стойку, отрезаются и отбрасываются ножами ротора.

Перекрытие траектории движения ножей зону сгруживания почвы перед пассивным рабочим органом и принудительный привод ротора от энергоносителя исключает скопление растительных остатков и крупных комков и глыб перед стойкой тем самым предотвращает сгруживанию почвы.

Однако установка их на комбинированных машинах без принудительного привода ротационных рабочих органов не дает желаемого результата. Данный вариант очистки стойки от растительных остатков также не дает эффекта при совместном использовании ротационных рабочих органов с пассивными рабочими органами на упругих стойках. Из-за значительного отклонения упругих стоек пассивного рабочего органа во время работы машины-орудия под действием силы реакции почвы от исходного положения возрастает вероятность удара об них ножей ротора, следовательно, возрастает вероятность поломок.

В отличие от вышеизложенного, в другом техническом решении предложен пассивный рабочий орган [132] самоочищающийся от растительных остатков как при работе с приводным, так и с бесприводным ротационным рабочим органом.

Пассивный рабочий орган (рис. 3.10) этого почвообрабатывающего орудия состоит из лапы 8 и изогнутой стойки 10, расположенной между ножами ротора 7. Стойка изогнута так, что она относительно рамы машины расположена под тупым углом, а к направлению движения – под острым углом. В зоне изгиба стойки в углублении ее вогнутой лобовой

поверхности асимметрично ее оси в отверстии смонтирован ролик 9 с возможностью свободного вращения вокруг своей оси. Торцевые поверхности ролика 9 посредством шариков упираются с одной стороны в глухой торец отверстия 13, а с другой в упор-заглушку 12. Боковая поверхность ролика выполнена в форме гиперboloида. На боковых поверхностях стойки 10 выполнены углубления 11 высотой, равной высоте ролика 9. Поверхность углубления выполнена по форме продольного сечения гиперboloида и расположена к направлению движения рабочего органа под углом α_c (рис.3.11), определяемым из условия скольжения растительных остатков по поверхности углубления. Так как в противном случае сорняки, удерживаемые на поверхности стойки силами трения T_c , скапливаются на нем, вследствие чего перед стойкой происходит сгуживания почвы и рабочий орган выглубляется из почвы.

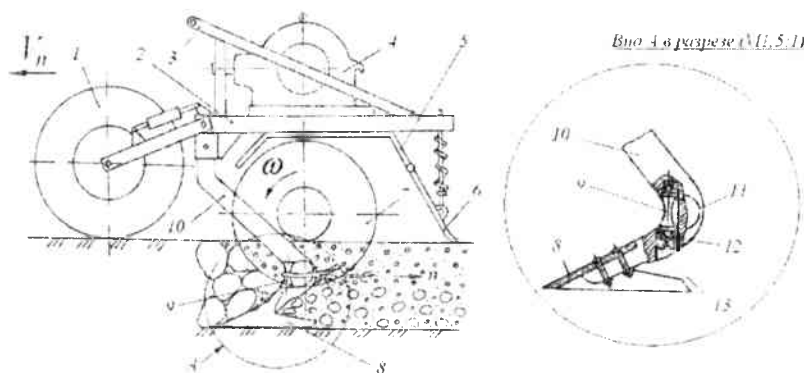


Рис.3.10. Почвообрабатывающее орудие, снабженное усовершенствованным пассивным рабочим органом:

- 1 – опорные колеса, 2 – рама; 3 – навесное устройство; 4 – редуктор;
5 – кожух; 6 – фартук; 7 – ротор; 8 – пассивный рабочий орган;
9 – ролик; 10 – изогнутая стойка; 11 – углубления; 12 – заглушка,
13 – отверстия

Для обеспечения условия скольжения вдоль поверхности углубления стойки направление силы подпора почвы P_n , испытываемое сорняком, должно происходить вне раствора

угла трения растительных остатков о металл φ_p . В противном случае сила увлекающая сорняки $P_{ув}$ будет меньше чем сила трения T_c , а это приведет к скапливанию сорняков на стойке лапы. Таким образом, для предотвращения забивания стойки лапы сорняком должно быть соблюдено следующее условие:

$$P_{ув} > T_c \quad (3.1)$$

или же

$$\alpha_c < 90^\circ - \varphi_p, \quad (3.2)$$

где α_c – угол расположения поверхности углубления относительно направлению движения рабочего органа, градус.



Рис.3.11. Схема, поясняющая условия скольжения растительных остатков по поверхности стойки

При работе почвообрабатывающего срудия на засоренных участках растительные остатки соскальзывают по вогнутой лобовой поверхности стойки 10, скапливаются в месте изгиба на средней части ролика 9. При этом некоторая часть растительных остатков срезается ножами ротора 7, а остальная часть находится под действием силы подпора P_n поступающего на рабочий орган пласта почвы.

Анализ схемы сил показывает, что сила подпора почвы из-за наклонного расположения поверхности углубления 11 относительно направления движения под углом α_c разлагается

на две составляющие: нормальную N_p и касательную $P_{\text{ув}}$. Если нормальная составляющая силы подпора подпирает растительные остатки к поверхности углубления, то касательная сила сдвигает их в направлении n . Следовательно, под действием касательной силы растительные остатки перемещаются по ролику 9 в направлении n , поворачивая его вокруг своей оси, и сходят со стойки 10. Наличие ролика выполненного в виде гиперboloида облегчает проход растительных остатков по лобовой поверхности стойки.

Таким образом, выбранная форма изгиба стойки способствует: движению стойки в почвенной среде без выноса ее нижних более влажных слоев на дневную поверхность; раздавливанию встречающиеся с ним крупных комков и глыб и соскальзыванию растительных остатков по ролику.

В последние годы в мировой практике все чаще стали применять пассивные рабочие органы на упругой стойке. Они по сравнению с пассивными рабочими органами на жесткой стойке имеют меньшее тяговое сопротивление и во время работы за счет вибрации стойки в определенной степени самоочищаются от мелких растительных остатков с небольшой длиной.

Хотя этот рабочий орган самоочищаются от мелких растительных остатков с небольшой длиной, но как показали хозяйственные проверки и он не застрахован от зависания высокорослых растительных остатков. В результате чего перед пассивными рабочими органами, из-за скапливающихся во время работы на их стойке растительных остатков, происходит сгуживания почвы, вынося тем самым нижние более влажные слои почвы на дневную поверхность поля. Все это в целом с одной стороны приводит к росту энергозатрат на обработку почвы, а с другой – к потере почвенной влаги.

Поэтому для очистки упругих стоек пассивных рабочих органов от растительных остатков используют второй вариант очистки от растительных остатков, т.е. с помощью специальных устройств. Один из таких специальных устройств [131] показан на рис. 3.12.

Почвообрабатывающее орудие, снабженное устройством для очистки упругих стоек пассивного рабочего органа от растительных остатков, устраняют отмеченные недостатки

серийных пассивных рабочих органов на упругих стойках.

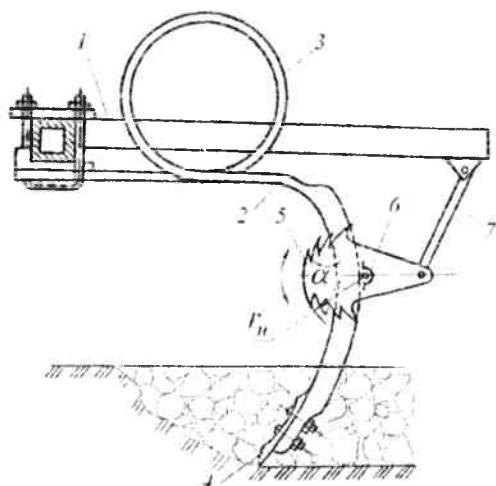


Рис.3.12. Почвообрабатывающее орудие, снабженное устройством для очистки упругих стоек от растительных остатков: 1 – рама; 2 – упругая стойка пассивного рабочего органа; 3 – спираль; 4 – рыхлительная лапа; 5 – ножи; 6 – поперечный шарнир; 7 – шарнирное звено

Это почвообрабатывающее орудие состоит из рамы 1, закрепленной на ней пассивного рабочего органа с упругой стойкой 2, выполненной в виде спирали 3 и рыхлительной лапы 4, двух продольных ножей 5. Продольные ножи 5 смонтированы соосно по бокам упругой стойки 2 при помощи поперечного шарнира 6, размещенного на тыльной стороне упругой стойки 2. Кроме того, продольные ножи 5 соединены с рамой 1 при помощи шарнирного звена 7, размещенного за упругой стойкой 2. Каждый из продольных ножей 5 имеют двусторонние зубчатые режущие кромки и выполнены в виде сектора.

В процессе работы орудия пассивный рабочий орган под действием силы сопротивления почвы и упругости стойки совершает колебательное движение относительно рамы 1. При этом продольные ножи 5 благодаря кинематической связи посредством шарнира 6 и шарнирного звена 7 с упругой стойкой 2 и рамой 1 совершают также сложное колебательное движение.

Конструкция устройства выполнена так, что любое отклонение носка рыхлительной лапы 4, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости благодаря шарнирному соединению, как с рамой, так и со стойкой приводит к колебательному движению продольных ножей 5. При этом продольные ножи 5 относительно поперечного шарнира 6 совершают колебательное движение по окружности описываемой радиусом r_n , а сами они выполнены зубчатыми. Причем зубья направлены относительно оси симметрии ножа в противоположные стороны и их внутренние находящиеся со стороны шарнира 6 грани расположены относительно лобовой поверхности стойки под острым углом, определяемым из условия скользящего резания

$$\alpha_1 < \frac{\pi}{2} - \varphi_p, \quad (3.3)$$

где φ_p – угол трения растительных остатков об металл, градус.

В результате растительные остатки, скапливающиеся на стойке, при колебательном движении ножа защемляются между зубьями и стойкой и за счет силы защемления разрезаются на 2-3 части. При этом продольные ножи, расположенные по бокам стойки улучшает очистку рабочего органа от растительных остатков.

Таким образом, наличие двух продольных ножей вмонтированных на упругой стойке пассивного рабочего органа способствуют срезанию растительных остатков, устранению сгуживания почвы.

3.3.2. Пассивные рабочие органы производящие поперечное рыхление почвы

Конструкции пассивных рабочих органов чизель-культиваторов за последние десятилетия не перетерпели существенного изменения. Пассивные рабочие органы на чизель-культиваторе устанавливаются в два или три ряда. На передних рядах устанавливаются пассивные рабочие органы с

рыхлительными лапами, а на последнем ряду для уменьшения гребнистости дна обработанного слоя почвы устанавливаются пассивные рабочие органы с плоскорежущими лапами.

Пассивные рабочие органы закрепляются на раме чизель-культиватора посредством кронштейнов и замков с болтовыми соединениями на трех последовательно расположенных поперечных балках рамы.

В последние годы при совершенствовании конструкции чизель-культиватора и его рабочих органов наряду с качественно-энергетическими показателями обращают внимание и на их металлоемкости.

В целях снижения металлоемкости почвообрабатывающих машин и предотвращения переуплотнений почвенной подошвы, следовательно, уменьшения отрицательного техногенного воздействия на почву, наряду с усовершенствованием технологических процессов стремятся к снижению их общей массы.

Одним из путей снижения массы почвообрабатывающих машин является сокращение количества несущих брусьев для крепления пассивных рабочих органов, а также стоек и замков самих рабочих органов при сохранении общего количества их рыхлящих рабочих элементов – лап. Один из таких пассивных рабочих органов (рис.3.13) представлен в техническом решении [133].

Этот пассивный рабочий орган выполнен со ступенчато расположенными рыхлительными лапами и состоит из стойки 3 и закрепленной на ней верхними 8 и нижними 6 рыхлительными лапами. Сама стойка в продольно-вертикальной плоскости выполнена с вогнутыми 4, 5 относительно направления движения участками. Нижняя рыхлительная лапа 6 непосредственно закреплена к стойке, а верхняя рыхлительная лапа 8 к стойке 3 закреплена посредством П-образной проставки 7.

Вогнутые относительно направления движения участки 4 и 5 в поперечном сечении выполнены асимметричными, т.е. с одной стороны укосами.

Стойка 3 со ступенчато расположенными рыхлительными лапами 6 и 8 к несущему брусу 1 рамы почвообрабатывающей машины закреплена замками 2.

Для обеспечения наибольшего эффекта рыхлительные лапы расположены ступенчато так, что носок верхней лапы обрабатывающий почву на глубину a_1 опережает линии скалывания почвы нижней лапой, обрабатывающий почву на глубину a , т.е. расстояние между носком верхней и нижней лапы в горизонтальной проекции l_{cp} должен быть не менее чем

$$l_{cp} > \frac{h_{cp}}{\operatorname{tg} \theta} = \frac{a - a_1}{\operatorname{tg} \theta}, \quad (3.4)$$

где $h_{cp} = (a - a_1)$ – расстояние между носком верхней и нижней лапы в вертикальной проекции, м.
 θ – угол скалывания почвы, градус.

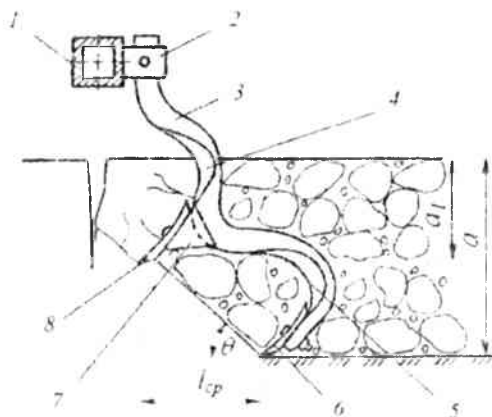


Рис. 3.13. Пассивный рабочий орган со ступенчатым расположением рыхлительных лап: 1 – брус рамы; 2 – замок; 3 – стойка; 4, 5 – вогнутые участки; 6 и 8 – нижние и верхние рыхлительные лапы; 7 – проставка

При таком расположении верхних и нижних рыхлительных лап, каждая лапа производит скалывание почвы раздельно, образуя при этом большее число разрушенных частиц почвы. Это объясняется следующими соображениями.

Во время работы рыхлительные лапы 6 и 8 внедряются в почву и разрыхляют ее. При этом из-за ярусного расположения нижних 6 и верхних 8 рыхлительных лап со смещением

относительно друг друга на расстояние l_{cp} почвенные блоки ограниченные трещинами откалываются не целиком, а раздельно. Вначале разрушается верхней рыхлительной лапой 8 верхняя часть (на глубину a_1), затем нижней рыхлительной лапой 6 – нижняя часть (на глубину a) почвенного блока.

Наличие в стойке 3 вогнутых участков, расположенных ниже верхнего горизонта предотвращают вынос нижних более влажных слоев почвы на дневную поверхность. Кроме того, из-за асимметричного выполнения лобовой поверхности стойки (рис.3.14) возникает разница между силами подпора почвы, действующими на растительные остатки по обе стороны стойки, под воздействием которых лобовая поверхность стойки очищается от растительных остатков. Это происходит следующим образом.

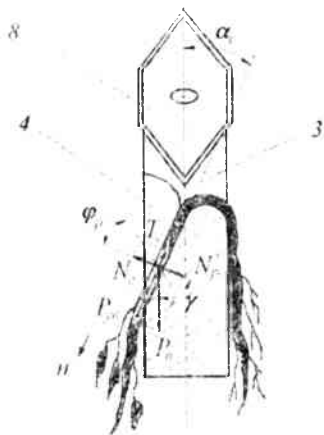


Рис.3.14. Схема, поясняющая условия скольжения растительных остатков по поверхности стойки

Поверхность углубления 4 относительно направления движения рабочего органа расположена под углом α , который определяется из условия скольжения растительных остатков по поверхности углубления. При невыполнении этого условия сорняки, удерживаемые на поверхности стойки силами трения T_c , скапливаются на нем, вследствие чего перед стойкой

происходит сгруживания почвы и рабочий орган выглубляется из почвы.

Для обеспечения условий скольжения вдоль поверхности углубления направление силы подпора почвы P_n , испытываемое сорняком, должно проходить, как уже было сказано, вне раствора угла трения растительных остатков о металл φ_p . В противном случае сила, увлекающая сорняки $P_{ув}$, уменьшиться, чем сила трения T_c , а это приводит к скапливанию сорняков на стойке 3 лапы 8.

И так для предотвращения забивания стойки лапы сорняком должно быть соблюдено условие:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha_c > \varphi_p, \quad (3.5)$$

где γ — угол между нормалью N_p и направлением силы подпора почвы P_n , градус,

α_c — угол расположения поверхности углубления к направлению движения рабочего органа, градус.

При работе почвообрабатывающей машины на засоренных участках растительные остатки соскальзывают по вогнутой лобовой поверхности стойки, скапливаются в месте изгиба на ее средней части. При этом растительные остатки находятся под действием силы подпора P_n поступающего на рабочий орган пласта почвы. Из-за наклонного расположения поверхности углубления относительно направления движения под углом α_c сила подпора почвы разлагается на две составляющие: нормальную N_p и касательную $P_{ув}$. Если нормальная составляющая силы подпора подпирает растительные остатки к поверхности углубления, то касательная сила сдвигает их в направлении n . Следовательно, под действием касательной силы растительные остатки перемешаются по поверхности углубления в направлении n , и сходит со стойки.

Выбранная форма изгиба стойки способствует движению стойки в почвенной среде без выноса ее нижних более влажных слоев на дневную поверхность, раздавливанию встречающиеся с ним крупных комков и глыб и соскальзыванию растительных остатков в направлении зоны изгиба.

Таким образом, в отличие от традиционных, пассивный рабочий орган со ступенчатым расположением рыхлительных лап производя послойную обработку почвы без выноса ее нижних более влажных слоев на поверхность, предотвращает сгруживанию почвы и за счет сокращения конструктивных элементов значительно облегчает массу машины. Так как крепление на одной стойке 1 двух ступенчато расположенных рабочих органов 2 и 3 сокращает количество стоек 1, замков 4 и поперечных несущих брусьев 5 рамы, а также затрат времени на их монтаж - демонтаж в два раза. Следовательно с одной стороны снижается металлоемкость почвообрабатывающей машины, а с другой – затрата времени на ее техническое обслуживание.

3.3.3. Быстресъемные пассивные рабочие органы

Механизм крепления пассивных рабочих органов к раме машин-орудий до недавнего времени не отличался большим разнообразием. Так если жесткие стойки крепятся в основном с помощью замков, то упругие с помощью накладных прямоугольных пластин, имеющих по углам отверстия под болты.

Как уже было сказано последние годы, все больше стали применяться пассивные рабочие органы на упругих стойках. У них пониженное тяговое сопротивление и повышенная надежность работы: они не залипают почвой и не забиваются растительными остатками, хорошо копирует микрорельеф поля.

Упругая стойка пассивного рабочего органа монтируется к раме культиватора с помощью узла крепления, состоящего из накладных пластин, хомута и стягивающего болта. Практика показала, что такая конструкция узла крепления имеет ряд существенных недостатков. Главное из них – сложность монтажа и демонтажа рабочих органов к орудию и необходимость систематического подтягивания резьбовых соединений узла крепления упругой стойки. В противном случае в процессе работы орудия из-за ослабления резьбовых соединений узла крепления происходит поперечное смещение упругой стойки, что приводит к нарушению междуследья рабочих органов.

Этих недостатков серийного узла крепления упругих стоек пассивного рабочего органа можно устранить применением

разработанного в КХМЭИ нового узла крепления [134]. Он (рис.3.15) отличается от серийного тем, что крепление стойки осуществляется по принципу самозаклинивания. При этом заклинивания стойки 3 в корпусе 2 узла крепления происходит по торцевой уширенной части 7, а его фиксация между зажимом 4 и упором 6 осуществляется только одним стопорным болтом 5, установленным на зажиме. Корпус жестко закреплен на раме 1 орудия.

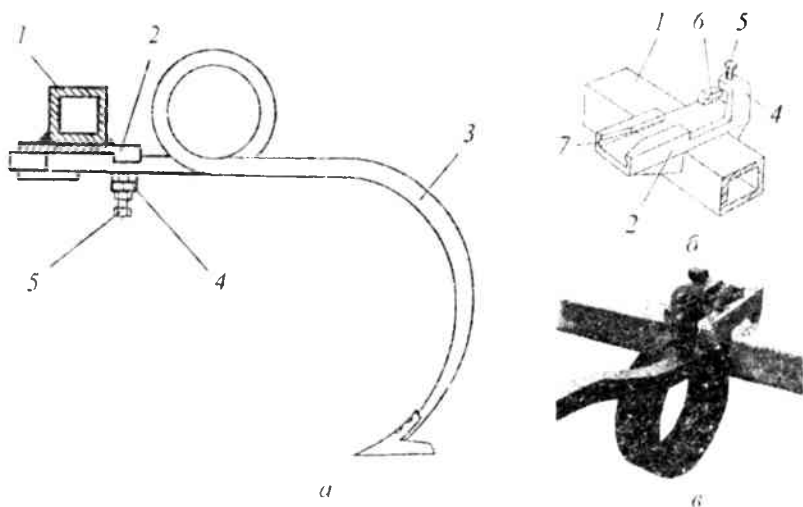


Рис.3.15. Новый узел крепления пассивного рабочего органа на упругой стойке: *а - общий вид; б - в аксонометрии; в - в натуре: 1 - рама; 2 - корпус; 3 - стойка; 4 - зажим; 5 - стопорный болт; 6 - упор; 7 - торцевая уширенная часть узла крепления*

Хронометраж, проведенный при сравнительных испытаниях нового и серийного узлов крепления показал ряд преимуществ нового узла крепления перед серийным.

Расход времени на монтаж и демонтаж одного рабочего органа чизеля-культиватора при новом узле крепления составляет 28 и 24 с, тогда как при серийном – 232 и 152 с [135]. При обычном креплении из-за сложности установки узла на бруске рамы машинист-оператор вынужден привлекать вспомогательного рабочего, а при новом легко справляется он сам в одиночку.

Трудоемкость монтажа-демонтажа полного комплекта рабочих органов на чизеле-культиваторе с новым узлом крепления в 7,2 раза меньше, чем с серийным, и составляет всего 0,324 чел.-ч против 2,344.

Благодаря жесткой установке корпуса нового узла крепления на раме орудия исключается поперечное смещение упругой стойки относительно рамы орудия, следовательно, предотвращается нарушение междуследья рабочих органов.

Следующим элементом, в пассивном рабочем органе подлежащим частым заменам из-за затупления лезвий или поломок являются лапы. Поэтому для обеспечения быстрого монтажа и демонтажа лапы к стойке рабочего органа ведутся работы по созданию быстросъемных лап [136].

Например, для быстрого монтажа и демонтажа лапы к стойке в КХМЭИ были попытки в создании конструкции (рис.3.16) быстросъемных лап 2, выполненных с хвостовиком 3, имеющим паз 4 и опорную плоскость для установки стойки 1. Для этого на боковых гранях стойки в их нижней части нарезаны специальные пазы, в которые входят хвостовик лапы.

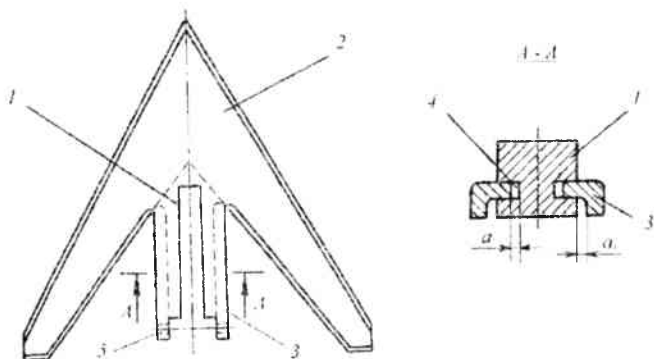


Рис.3.16. Быстросъемная лапа пассивного рабочего органа: 1 – стойка; 2 – лапа; 3 – хвостовик лапы; 4 – паза; 5 – отверстия для фиксатора

Сопряжение стойки с хвостовиком лапы выполнено с двухсторонним зазором a и a_1 . Рабочий орган имеет фиксатор, установленный в выполненном в хвостовике отверстии 5.

Для демонтажа лапы достаточно снять фиксатор, вынимать

хвостовик 3 лапы 2 с пазы 4 стойки 1. Для монтажа лапы 2 к стойке 1 наоборот надо вставлять хвостовик 3 в пазу 4 стойки 1 и фиксировать фиксатором, вставляемым в отверстие 5 хвостовика лапы.

Быстросъемные лапы и стойки пассивных рабочих органов сокращает затраты времени на техническое обслуживание и хранение, облегчает их замену при эксплуатации за счет сокращения времени их монтажа и демонтажа.

3.3.4. Энергосберегающие пассивные рабочие органы

3.3.4.1. Пассивные рабочие органы производящие полудеблокированное рыхление почвы

подавляющее большинство комбинированных почвообрабатывающих машин снабжено пассивными рабочими органами со стрелчатой лапой. Главным недостатком этих рабочих органов является то, что при их однорядном расположении из-за отсутствия перекрытия между смежными лапами остаются необработанные участки в виде гребней, а при установке с перекрытием в один ряд происходит сгуживание почвы, что приводит к резкому возрастанию тягового сопротивления машины и нарушению технологического процесса рыхления почвы. Поэтому для обеспечения перекрытий их устанавливают в два и более ряда, которое сопровождается увеличением габаритных размеров, следовательно, и массы машины, что нежелательно.

Кроме того известно, что, чем меньше конструктивная площадь опорной поверхности лезвия лапы и чем больше угол вхождения лапы в почву, тем меньше сопротивление внедрения ее в почву, а следовательно, и длина пути заглубления рабочего органа в почву.

У традиционной конструкции пассивного рабочего органа, снабженного стрелчатой лапой, опорную поверхность лезвий можно уменьшить уменьшением ширины захвата лапы либо изменением угла вхождения лапы [137- 139]. Однако это связано с рядом трудностей, в частности, для обеспечения неизменной ширины захвата почвообрабатывающей машины необходимо увеличить число пассивного рабочего органа, что приводит, с одной стороны, к росту тягового сопротивления и массы машины, а с другой – к выносу стойкой нижних влажных слоев на дневную поверхность поля. Угол вхождения лапы можно изменить за счет

шарнирно связанной с навесным устройством рамы [101], но в таком случае усложняется конструкция машины, а это нежелательно.

Как показали исследования, эти недостатки можно устранить путем применения пассивных рабочих органов с шарнирно подвешенной асимметричной лапой [140] (рис.3.17) или же применением симметричных лап с разным углом раствора крыльев [141].

Пассивный рабочий орган с асимметричной лапой [140, 142] состоит из стойки 1, долота 2 и асимметричных крыльев 5, 6. В зависимости от заявки потребителя крылья лап могут быть выполнены в жестко закрепленной или шарнирно подвешенной к стойке варианте. При шарнирном креплении асимметричные крылья лапы посредством поводка 3 и шарнира 4 шарнирно подвешиваются к стойке, а их угловые колебания фиксируются стабилизатором 7. В обоих вариантах правое (П) и левое (Л) крыло лапы выполнены с разными углами раствора $\gamma_p^{(n)}$ и $\gamma_p^{(n)}$ и разными ширинами захвата $a_k^{(n)}$ и $a_k^{(n)}$, а стойка выполнена с лобовой поверхностью, образованной из двух асимметрично расположенных поверхностей, причем ее большая грань расположена со стороны крыла с большим углом раствора [143]. Такая форма стойки предотвращает обволакиванию растительных остатков во время работы рабочего органа.

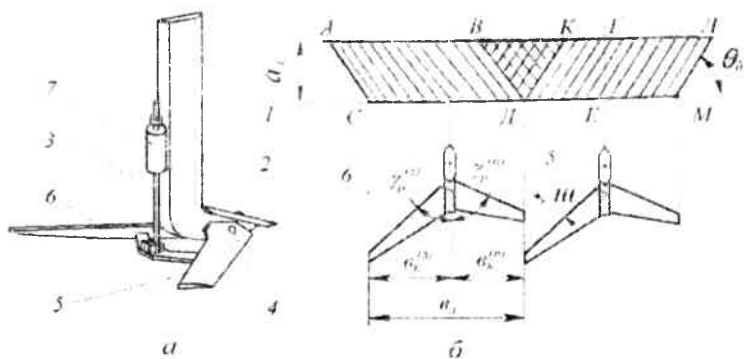


Рис.3.17. Пассивный рабочий орган с асимметричной лапой (а) и схема (б) деформации почвы: 1 – стойка; 2 – долото; 3 – штанга; 4 – шарнир; 5 и 6 – асимметричные крылья; 7 – стабилизатор

Несмотря на установку в один ряд с перекрытием, у пассивных рабочих органов с асимметричными лапами, из-за наличия в направлении движения агрегата свободного пространства, т.е. щели «Ш» между крыльями смежных лап, растительные остатки свободно сходят с лезвия крыльев и проходят через эти щели. Тем самым, предотвращается сгуживания почвы. Кроме того такое конструктивное исполнение лап уменьшает габаритные размеры рыхлителя, снижает материалоемкость и энергозатраты.

Условия работы асимметричной лапы несколько отличается от условий работы симметричных стрельчатых лап. У асимметричных лап в поперечно-вертикальной плоскости (рис.3.17 б) почва левее линии KD деформирована правым крылом смежной лапы. Поэтому левое крыло асимметричной лапы производит сдвиг почвы по площади, равной площади трапеции $KГЕД$ при выходе плоскости на поверхность не разрушенной почвы и площади треугольника BKD при выходе в разрушенную зону левее линии KD .

Следовательно, правое крыло асимметричной лапы производит сдвиг почвы при закрытом с двух сторон выступе, т.е. работает в заблокированной среде. Тогда как левое крыло асимметричной лапы при открытом с одной стороны выступе, т.е. в деблокированной с одной стороны почвенной среде. В результате крыло с большим углом раствора разрушает и разрыхляет почву на глубину a_1 , а крыло с меньшим углом раствора подрезает почву частично разрушенной крылом (с большим углом раствора) смежного рабочего органа. При этом угол бокового скалывания почвы θ_6 у этих крыльев может быть разными.

Углы раствора лезвий крыльев являются основными параметрами, определяющие конструктивные отличия асимметричной лапы. Угол раствора крыла меньшей длины следует выбрать таким, чтобы подрезание сорняков производилось скользящим резанием, и они безостановочно скользили бы вдоль лезвий (рис.3.18). При невыполнении этого условия сорняки, удерживаемые на лезвии силами трения T_c , скапливаются на крыле лапы, вследствие чего она перестает подрезать их и выглубляются из почвы.

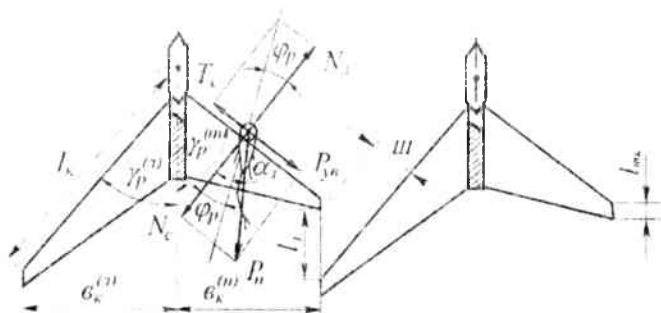


Рис.3.18. Схема к определению углов раствора лезвий крыльев лапы

Для обеспечения условий скольжения вдоль лезвия крыла направление силы подпора почвы P_n , испытываемое сорняком, как уже было сказано должно происходить вне раствора угла трения растительных остатков о металл φ_r . В противном случае сила, увлекающая сорняки P_{yv} , будет меньше, чем сила трения T_c , а это приводит к скапливанию сорняков на крыле лапы.

Таким образом, для предотвращения забивания лезвий крыла сорняком должно быть соблюдено условие:

$$P_{yv} > T_c \quad (3.6)$$

или же

$$\alpha_1 > \varphi_r, \quad (3.7)$$

где α_1 -- угол между нормалью $N_c(N_v)$ и направлением силы подпора почвы P_n , рад.

Тогда, с учетом условия (3.6) и то, что

$$\alpha_1 = 0,5 \pi - \gamma_r^{(n)}, \quad (3.8)$$

значение угла раствора лезвий крыла меньшей длины можно определить из неравенства

$$\gamma_r^{(n)} < 0,5 \pi - \varphi_r. \quad (3.9)$$

где $\pi = 3,14$ рад.

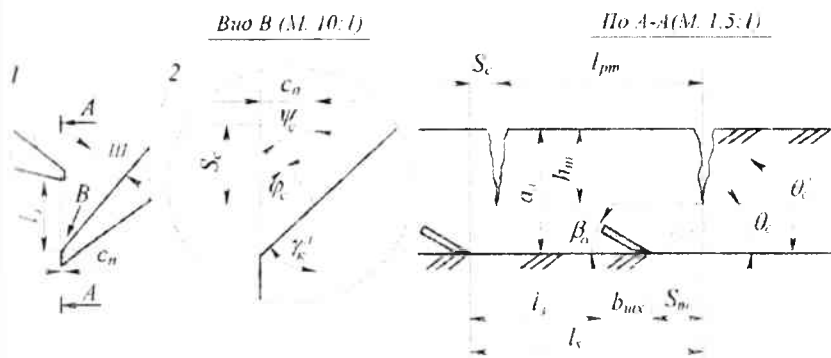


Рис.3.19. Расчетная схема: 1, 2 – соответственно, крылья с большим и меньшим углом раствора

Угол раствора лезвий крыла с меньшим углом раствора определяется из условия обеспечения перекрытия c_n между смежными лапами (рис.3.19) и беспрепятственного схода корней растительных остатков с лезвия крыльев смежных лап. Такое условие обеспечивается при наличии некоторого расстояния l_2 между концами перекрывающих друг друга крыльев смежных лап.

Требуемое значение l_2 при однорядном расположении рабочих органов, достигается смещением по ходу движения относительно друг друга смежных крыльев лапы или изменением углов их раствора.

Для обеспечения условия деблокированного рыхления почвы крылом с меньшим углом раствора должно быть соблюдено условие

$$l_s \geq (S_c + l_{pm}) - (S_m + b_{иc}), \quad (3.10)$$

где S_c – шаг разрушения почвы, м;

l_{pm} – расстояние между смежными трещинами, м;

S_m – расстояние между лезвием крыла лапы и трещиной в момент сдвига почвы, м;

$b_{иc}$ – горизонтальная проекция ширины полки $b_{иc}$ крыла

лапы (в зоне перекрытия), м, в противном случае сдвиг почвы происходит в закрытом с двух сторон выступе.

Согласно расчетной схеме (рис.3.19) определяя значение величин S_c , S_m , b_{ux} и подставляя их в выражение (3.10) получим

$$l_2 \geq \frac{c_n}{\operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{2} - (\gamma_p' + \varphi_c) \right]} - \frac{a_1 - h_m}{\operatorname{tg} \theta_c} - b_{ux} \cos \beta_o + l_{pm}, \quad (3.11)$$

где a_1 — глубина обработки, м;
 h_m — глубина трещины, м;
 φ_c — угол трения почвы о сталь, градус;
 θ_c — угол сдвига почвы с поверхностными трещинами, градус;
 b_{ux} — ширина полки крыла лапы, м;
 β_o — угол вхождения лапы в почву, градус.

После несложного преобразования выражения (3.11), получим величину угла раствора крыла с меньшим углом раствора, т.е.

$$\gamma_p^{(1)} \leq \frac{\pi}{2} - \varphi_c - \operatorname{arctg} \frac{c_n}{l_1 + \frac{a_1 - h_m}{\operatorname{tg} \theta_c} + b_{ux} \cos \beta_o - l_{pm}}. \quad (3.12)$$

Справедливость выражений (3.9) и (3.12) доказана результатами экспериментальных исследований [144], где с возрастанием значения угла раствора количество зависших на крыльях сорняков увеличивается и при достижении значений $\gamma_p > 50^\circ$ лапа обволакивается растительными остатками, заливается почвой и выглубляется.

При неизменной ширине захвата лапы $B_1 = b_k^{(n)} + b_k^{(a)}$, согласно рис.3.18,

$$l_k^{n(i)} = \frac{b_k^{n(i)}}{\sin \gamma_p^{n(i)}}. \quad (3.13)$$

Следовательно, с уменьшением угла раствора длина лезвий

крыла увеличивается, из-за чего уменьшается его жесткость и возрастает сила трения, что нежелательно. Этот фактор необходимо учесть при выборе значения угла раствора лезвий крыла асимметричной лапы.

Исследования также показали, что увеличение длины лезвий крыла полостью лапы приводит к росту общей массы зависающих на ней сорняков. Так, например, при одинаковом угле раствора лезвий, равном 40° , с увеличением длины крыла от 237 до 320 мм количество зависавших сорняков в нем возрастает.

Такое явление имеет не статистический, а динамический характер, т.е. зависание, происходит не за счет неподвижных повисших на лезвии сорняков, а за счет медленно скользящих вдоль него. При этом количество сорняков $n_c^{n(i)}$, находящихся в единицу времени на лезвии, можно определить по формуле

$$n_c^{n(i)} = \frac{i_c V_n l_k^{n(i)}}{\cos(\gamma_p^{n(i)} + \varphi_p)}, \quad (3.14)$$

где $l_k^{n(i)}$ — длина лезвий, соответственно правого и левого крыла асимметричной полостью лапы, м;

i_c — количество сорняков на единице площади поля, шт/м²;

V_n — поступательная скорость движения рабочего органа, м/с

Согласно формуле (3.12), чем длиннее лезвие крыла и больше угол его раствора, тем больше зависших сорняков.

У асимметричной лапы крыло с большим углом раствора совместно с долотом производит сдвиг почвы при закрытом с двух сторон выступе, т.е. работает в заблокированной среде. Тогда как крыло с меньшим углом раствора при открытом с одной стороны выступе, т.е. в деблокированной с одной стороны почвенной среде. В результате крыло с большим углом раствора разрушает и разрыхляет почву, а крыло с меньшим углом раствора подрезает частично разрушенную почву. Такое последовательное воздействие долота, а также крыльев асимметричной лапы разработанного пассивного рабочего органа осуществляя полудеблокированное рыхление почвы, повышает качества крошения и снижает энергозатраты.

У асимметричной лапы раздельное, последовательное воздействие долота, а также правого и левого крыльев лапы

позволяет крыльям в процессе работы перемещаться в частично разрыхленном слое почвы, что естественно снижает тяговое сопротивление рабочего органа.

Таким образом, пассивный рабочий орган с асимметричной лапой, позволяет установить его в один ряд по ширине захвата машины с перекрытием следов смежных лап и обеспечивает свободного схода с лезвий крыльев лап и прохода между смежными лапами растительных остатков и комков почвы, исключив при этом образования «недорезов». При этом раздельное, последовательное воздействие долота, а также крыльев асимметричной лапы пассивного рабочего органа осуществляя полудеблокированное рыхление почвы, повышает качества крошения почвы и снижает энергозатраты на ее обработку.

3.3.4.2. Пассивные рабочие органы производящие деблокированное рыхление почвы

В КХМЭИ разработаны технологические и конструктивные схемы энерго-ресурсосберегающих почвообрабатывающих машин, основанных на принципе увеличения объема деформируемой почвы рабочими органами работающих в условиях деблокированного резания и уменьшения объема деформируемой почвы рабочими органами работающих в условиях блокированного резания [145]. Схема одного из этих почвообрабатывающих машин, выполненного в виде чизеля-культиватора представлена на рисунке 3.20.

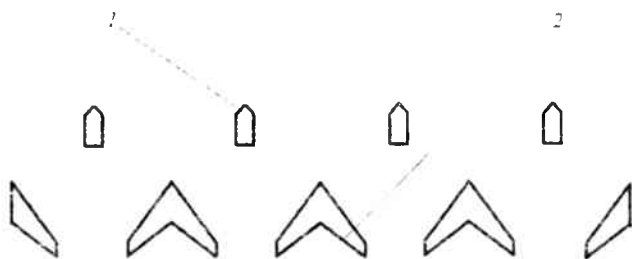


Рис.3.20. Схема двухрядного расположения рабочих органов на раме энерго- и ресурсосберегающего чизеля-культиватора:

1, 2 – соответственно рабочие органы первого и второго ряда

У чизеля-культиватора, работающего по предложенному принципу, рабочие органы первого ряда действуют на монолитную почву и работают в условиях блокированного резания, а рабочие органы второго ряда действуют на почвенные пласты, имеющие с боковой стороны разрыхленные зоны, образованные рабочими органами первого ряда и тем самым работают в условиях свободного резания. При этом для получения наибольшего эффекта стремятся минимизировать число рабочих органов первого ряда при максимальном числе рабочих органов второго ряда.

3.3.4.3. Другие формы энергосберегающих пассивных рабочих органов

Одним из заметных направлений снижения тягового сопротивления является оптимизация параметров влияющих на крошение почвы. Среди параметров угол крошения α оказывает существенное влияние на тяговое сопротивление лапы. С его уменьшением снижается тяговое сопротивление и при $\alpha = 0$ его значение будет минимальным. Резание почвы, в данном случае, происходит не клином, а ножом. Это обеспечивает эффективное подрезание сорняков, причем на небольшой глубине – 0,04...0,06 м. Практически исключается отбрасывание почвы, оголение дна бороздки, ухудшение выровненности. Поверхностное рыхление осуществляется работающим в комбинации с культиватором, прутковым катком или зубовой борной.

Таким рабочим органам относятся разработанная в КубГАУ [146] стрелчатая лапа (рис.3.21) с углом крошения $\alpha = 0^\circ$ и с углом раствора лезвий лапы – 70° , а также рабочий орган культиватора КПВС-5,6 [147].

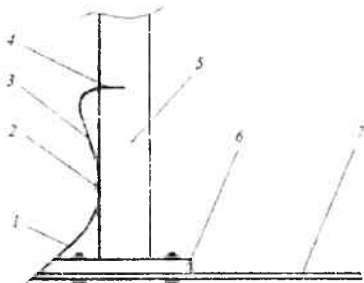


Рис. 3.21. Схема стрелчатой лапы с углом крошения $\alpha = 0^\circ$: 1, 3 – нижняя и верхняя части наральника; 2 – винт; 4 – зацеп; 5 – стойка; 6 – пластина; 7 – лапа стрелчатая

Рабочий орган, разработанный в КубГАУ, представляет собой стойку 5, к основанию которой через пластину 6 крепится стрельчатая лапа 7. Перед стойкой 5 и лапой 7 установлен наральник, состоящий из двух частей – нижней 1 и верхней 3.

Наральник представляет собой пластину толщиной 5...6 мм, заточенную внизу. Нижняя часть 1 крепится болтами к пластине 6, а верхняя – непосредственно к стойке винтами 2 и в концевой части зацепом 4. Наральник имеет криволинейную форму, обеспечивающую сход по ней растительных остатков, исключая зависание их на стойке. Нижняя часть 1 наральника подвергается большому воздействию почвы, быстрее изнашивается, поэтому ее несколько раз затачивают, а затем меняют.

Большинства стрельчатые лапы выполнены с положительным углом входа в почву и стойки расположены вертикально. А это означает образование борозд, вынос влажной почвы на дневную поверхность как раз в период активного накопления влаги перед посевом. С увеличением скорости происходит отбрасывание почвы, фонтанирование и рост энергозатрат на обработку почвы. Создается не выровненная поверхность, увеличивающая площадь испарения. Поэтому последние время ведутся работы по сбережению влаги и по снижению энергозатрат на обработку почвы.

Ярким примером этого направления является пассивный рабочий орган культиватора пропашного влагосберегающего скоростного КПВС-5,6 (рис.3.22).

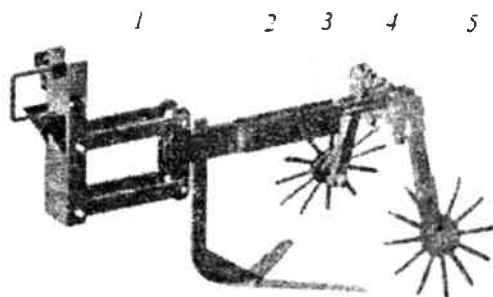


Рис.3.22. Секция культиватора КПВС-5,6:

*1 – четырехзвенник; 2 – грядиль; 3 – плоскорежущая лапа;
4,5 – ротационные зубовые диски*

Нижняя часть стойки у КПВС-5,6 наклонена вперед по ходу движения рабочего органа, и она снабжена дугообразной режущей кромкой. Лапа рабочего органа выполнена с нижней частью стойки слитно так, что у него угол вхождения в почву имеет отрицательное значение, а угол крошения лапы равен нулю. Все это в целом снижает вынос нижних влажных слоев почвы и снижает энергозатраты на ее обработку почвы.

Другим примером работы проводимой в направлении снижения энергозатрат на обработку почвы является разработка пассивного рабочего органа снабженного лапой на шарнирных подвесках [148]. Ввиду новизны конструкции подробно остановимся на работе этого пассивного рабочего органа и рассмотрим факторов влияющих на его качественно-энергетические показатели работы.

Как известно во время работы этого рабочего органа из-за непостоянства физико-механических свойств почвы и неравномерности микрорельефа поля силы, действующие на его лапу со стороны почвы, непрерывно изменяются, следовательно, постоянно нарушается равновесие лапы. В результате лапа совершает угловые колебания, приводящие, с одной стороны, к изменению глубины обработки почвы, а с другой — к самоочищению лапы от растительных остатков и почв.

Для уменьшения отрицательного и для более полного использования положительного эффекта (повышение качества крошения почвы и снижение энергозатраты) угловых колебаний лапы наибольшее значение амплитуды этих колебаний должно быть таким, чтобы отклонение глубины обработки было близко к значению, предусмотренному исходными агротехническими требованиями, но не превышало ее.

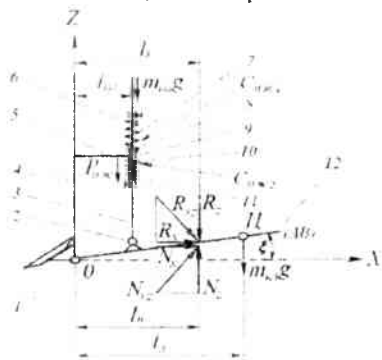


Рис.3.23. Расчетная динамическая модель лапы

Для оценки правильности этого суждения рассмотрим динамику движения лапы (рис. 3.23) в продольно-вертикальной плоскости. Для чего составим расчетную динамическую модель лапы состоящего из двух крыльев 12, соединенных со стойкой 4, шарнирами 1, 2 посредством поводка 3 и направляющей втулки 9. Поводок снабжен стабилизирующими пружинами 5, 7, закрепленными одним концом 6, 11 к поводку, а вторым 8, 10 – к направляющей втулке. Сама направляющая втулка жестко закреплена к стойке.

На рис.3.23 обозначены: R_x, R_z – горизонтальная и вертикальная составляющие силы сопротивления почвы; N_x, N_z – горизонтальная и вертикальная составляющие силы реакции дна борозды на лапу; $G_{пв} = m_{пв} g, G_l = m_l g$ – соответственно силы тяжести поводка и лапы; $P_{пж}$ – сила давления пружины; $l_R, l_{п1}, l_{п2}, l_{п3}$ – плечо сил $P_x, P_z, P_{пж}, G_{пв}, G_l$; ξ – угол отклонения лапы от равновесного положения; $G_{пж1}, G_{пж2}$ – жесткости пружин.

Для упрощения и линеаризации дифференциального уравнения лапы принимаем следующие допущения:

- пассивный рабочий орган движется прямолинейно с постоянной скоростью;
- лапа представляет собой однородное и тонкое звено $O(AB)$ с центром C тяжести, расположенной по оси симметрии, совпадающей с осью OX ;
- равновесное положение лапы горизонтальное и оно достигается при $R_z = N_z$ и $P_{пж} = 0$;
- отклонение лапы от равновесного положения незначительное, поэтому приращениями переменных второй и более высоких степеней, а также трением в шарнирах 1 и 2, и в направляющей втулке 9 можно пренебречь.

Считаем, что вертикальная составляющая силы сопротивления почвы к деформации равно

$$R_z = R_z^{(0)} + \Delta R_z(t), \quad (3.15)$$

где $R_z^{(0)}$ – среднее значение вертикальной составляющей силы сопротивления почвы к деформации R_z , действующей на лапу в ее статическом равновесии, Н;

$\Delta R_z(t)$ – величина изменения начальных значений силы R_z в момент времени t , Н.

Предположим, что вертикальная реакция дна борозды на лапу N_z складывается из силы упругости N_y , линейно зависящей от его вертикального перемещения и силы демпфирования (вязкости) N_o , линейно зависящей от скорости вертикального перемещения лапы, т.е.

$$N_z = N_y + N_o, \quad (3.16)$$

Приняв за обобщенную координату ξ , и на основе дифференциального уравнения вращения твердого тела вокруг неподвижной оси [149] получим

$$J \frac{d^2 \xi}{dt^2} = (R_L I_R + N_L I_n) \sin \xi + R_L I_R \cos \xi - N_z I_n \cos \xi + m_{n\kappa} g l_{n\kappa} \cos \xi + m_{\kappa} g l_{\kappa} \cos \xi + P_{n\kappa} I_{n\kappa} \cos \xi, \quad (3.17)$$

Так как угол ξ достаточно мал, то, полагая $\sin \xi = \xi$ и $\cos \xi = 1$, получим

$$J \frac{d^2 \xi}{dt^2} = (R_L I_R + N_L I_n) \xi + R_L I_R - N_z I_n + m_{n\kappa} g l_{n\kappa} + m_{\kappa} g l_{\kappa} + P_{n\kappa} I_{n\kappa}. \quad (3.18)$$

При статическом равновесии лапы, т.е., когда $N_L = \Delta_{cm} C_n B_n$; $N_o = 0$; $P_{n\kappa} = 0$; $R_z = R_z^{(o)}$; $\xi_o = 0$, будет

$$R_z^{(o)} l_R - \Delta_{cm} C_n B_n l_n + m_{n\kappa} g l_{n\kappa} + m_{\kappa} g l_{\kappa} = 0, \quad (3.19)$$

где Δ_{cm} – деформация дна борозды, м;

C_n – приведенный коэффициент жесткости почвы, отнесенной к единице ширины захвата лапы B_n , Н/м.

При отклонении лапы от равновесного положения на угол ξ , когда $N_y = \Delta_{cm} + l_n \xi C_n B_n$; $N_o = -C_{n\kappa} l_n B_n \xi$; $P_{n\kappa} = C_{n\kappa} l_{n\kappa} \xi$; $R_z = R_z^{(o)} + \Delta R_z(t)$ уравнение (3.18) с учетом уравнений (3.19) примет следующую форму:

$$J \frac{d^2 \xi}{dt^2} + C_{n\kappa} B_n I_n^2 \frac{d\xi}{dt} + (R_L I_R + N_L I_n + C_n B_n I_n^2 + C_{n\kappa} I_{n\kappa}^2) \xi = \Delta R_z I_R(t), \quad (3.20)$$

где $C_{вз}$ – приведенный коэффициент вязкости почвы, отнесенный к единице ширины захвата рабочего органа.

Ввиду изменчивости R_x и N_x уравнение (3.20) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением второго порядка с переменным коэффициентом, и оно описывает угловое колебание лапы относительно шарнира крепления его к стойке.

Из теории колебания известно [149], что в системе, описываемой уравнением (3.20), теоретически возможны параметрические колебания. Но практически из-за большой демпфирующей способности почвы параметрические колебания лапы не наблюдаются. В основном, она совершает вынужденные колебания под действием силы $\Delta R_z(t)$, возникающей, как отмечалось, в силу физико-механических свойств обрабатываемой почвы и неравномерности микрорельефа поля. В связи с этим при дальнейших исследованиях примем, что силы R_x и N_x постоянным и равным их средним значениям R_{xcp} и N_{xcp} .

Рассмотрим вынужденные колебания рабочего органа под воздействием обобщенной возмущающей силы $\Delta R_z(t)$.

Для решения уравнения (3.20) полагаем, что обобщенная возмущающая сила изменяется по гармоническому закону, т. е.

$$\Delta R_z(t) = \Delta R \sin(\Omega t), \quad (3.21)$$

где ΔR – амплитуда обобщенной возмущающей силы;

Ω – круговая частота возмущающей силы.

С учетом (3.21) уравнение (3.20) примет следующий вид:

$$J \frac{d^2 \xi}{dt^2} + C_{вз} B_s I_n^2 \frac{d\xi}{dt} + (R_{xcp} I_R + N_{xcp} I_n + C_{вз} B_s I_n^2 + C_{вз} I_n^2) \xi = \Delta R I_R \sin \Omega t. \quad (3.22)$$

Либо с учетом принятых обозначений n , k и U

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} + 2n \frac{d\xi}{dt} + k^2 \xi = U \sin \Omega t, \quad (3.23)$$

$$\text{где } n = \frac{C_{\text{гп}} B_{\text{гп}} l_n^2}{2J}; \quad k = \sqrt{\frac{R_{\text{зсп}} l_R + N_{\text{зсп}} l_n + C_{\text{н}} B_{\text{гп}} l_n^2 + C_{\text{нж}} l_{\text{нж}}^2}{J}}; \quad U = \frac{\Delta R l_R}{J}.$$

Решение уравнения (3.23) общеизвестно [150], оно описывает вынужденные колебания лапы и с учетом принятых обозначений имеет следующий вид:

$$\xi(t) = \frac{U}{\sqrt{(k^2 - \Omega^2)^2 + 4n^2\Omega^2}} \sin(\Omega t - \delta_\phi). \quad (3.24)$$

где δ_ϕ — угол, характеризующий отставание фазы перемещения от фазы сил, градус.

Тогда, подставляя вместо принятых обозначений их значений, получим

$$\xi(t) = \frac{\Delta R l_R \sin(\Omega t - \delta)}{J \sqrt{\left[\frac{R_{\text{зсп}} l_R + N_{\text{зсп}} l_n + C_{\text{н}} B_{\text{гп}} l_n^2 + C_{\text{нж}} l_{\text{нж}}^2}{J} - \Omega^2 \right]^2 + \left(\frac{C_{\text{гп}} B_{\text{гп}} l_n^2}{J} \right)^2 \Omega^2}}, \quad (3.25)$$

$$\text{где } \delta_\phi = \arctg \frac{C_{\text{гп}} B_{\text{гп}} l_n^2 \Omega}{R_{\text{зсп}} l_R + N_{\text{зсп}} l_n + C_{\text{н}} B_{\text{гп}} l_n^2 + C_{\text{нж}} l_{\text{нж}}^2 - J \Omega^2}.$$

Из анализа уравнения (3.25) следует, что обеспечение равномерности глубины обработки почвы при наибольшем угле колебания лапы зависит от амплитуды и частоты изменения составляющих возмущающей силы, жесткости пружины, место расположения поводка относительно шарнира, конструктивных параметров и момента инерции лапы, а также физико-механических свойств почвы.

Из условия задачи отклонения глубины обработки почвы Δa , должны быть в пределах допустимых исходными требованиями, а угол отклонения лапы от равновесного положения при этом наибольшим. Это условие выполняется при

$$\xi < \arcsin \frac{\Delta a}{l_{\text{кр}} \cos \gamma_p}, \quad (3.26)$$

где $l_{\text{кр}}$ — длина крыла лапы, м;

γ_p — угол раствора крыла лапы, градус.

На основе совместного анализа уравнений (3.25) и (3.26) можно утверждать, что при неизменных конструктивных параметрах лапы и заданном условии работы наибольшие колебания лапы, обеспечивающие требуемой равномерности глубины обработки почвы, достигаются путем подбора жесткости пружин и изменением места крепления поводка.

3.3.5. Пассивные рабочие органы, совмещающие рыхление почвы с внесением минеральных и органо-минеральных удобрений

Тенденция направленные на совмещение предпосевных операций и появление вместе с ним комбинированных машин вызвало необходимость в увеличении функциональной возможности пассивных рабочих органов. С учетом особенности поливного земледелия республики, где требуется наряду с минеральными удобрениями и внесение органических и органо-минеральных смесей удобрений, наибольший интерес представляет комбинированные рабочие органы, совмещающие две технологические приемы: рыхление почвы и внесение удобрений, в т.ч. органические и органо-минеральные смеси удобрений.

Известны конструкции ряда рабочих органов, совмещающие рыхление почвы с внесением удобрения, отличающихся друг от друга принципом работы и способом внесения удобрения. Различают комбинированных рабочих органов вносящих минеральных удобрения узкополосным или ленточным способом, распределяющих минеральных удобрения по ширине ленты механическим, гидравлическим или пневматическим способом.

Среди различных способов распределения минеральных удобрений гидравлический и пневматический способ применяются редко, тогда, как механический способ получил широкое применение. В свою очередь механический способ распределения минеральных удобрений по виду распределителя подразделяются на активные и пассивные. Если пассивные распределители минеральных удобрений выполнены в виде жестко фиксированных направляющих пластин, конусов, т.е.

распределительных устройств, то активные – в виде шнеков, лент и других устройств, приводимых в принудительное движение.

Пластинчатое распределительное устройство конструктивно простое и не требует привода. Один из наиболее распространенных конусообразных распределительных устройств приведен на рис.3.24.

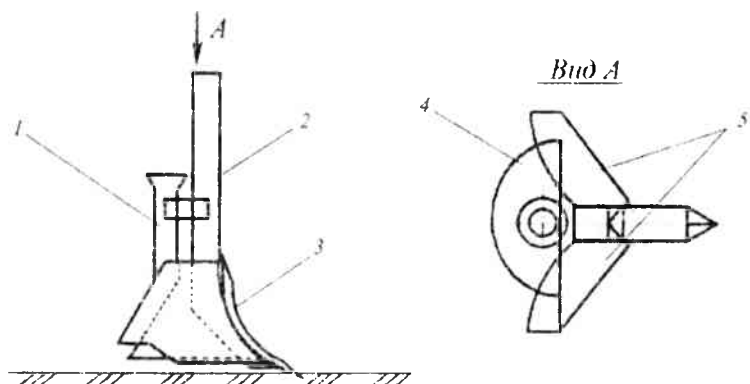


Рис.3.24. Конусообразное распределительное устройство:

1 – тукопровод; 2 – стойка; 3 – рыхлительная лапа; 4 – конусообразный распределитель; 5 – правое и левое крыло

Образец комбинированного рабочего органа снабженного активным распределителем, например выполненным в виде шнека приведен ниже [151].

Этот комбинированный пассивный рабочий орган (рис.3.25) состоит из рыхлительной лапы 1, прикрепленной к стойке 2. За лапой внутри кожуха 3 установлен свободно вращающийся распределитель, выполненный в виде шнека 4. Кожух имеет нижнюю съемную часть 5, выполненную в виде желоба. Внутри последнего установлены пластины 6, расположенные по винтовой линии, причем шаг расположения пластин t_1 выполнен меньше, чем шаг витков t_2 , а рабочая длина пластин последовательно увеличивается в направлении к продольной оси симметрии рабочего органа.

В задней части кожуха имеется отверстие, выполняющее функцию высевного окна 7, а в средней 8 и торцевой 9 частях

кожуха – опоры 10 и 11, которые являются местом крепления распределителя. В средней части кожуха расположен продольный паз 12. В основной части кожуха имеются входные отверстия 13 для установки тукопровода 14. Распределитель выполнен в виде шнеков 15 и 16, закрепленных на оси 17. Витки 18 и 19 шнеков закреплены в противоположных направлениях, например шнек 15 имеет правую навивку, а шнек 16 – левую.

В средней части распределителя 4 на оси 17 жестко закреплено зубчатое колесо 20. С двух сторон последнего и на торцевых концах распределителя выполнены шейки 21 и 22, посредством которых распределитель 4 монтируется в опорах 10 и 11, выполненных как в основной, так и в съемной части кожуха. Съемная часть 5 крепежными элементами 24 связана с основной частью кожуха 3.

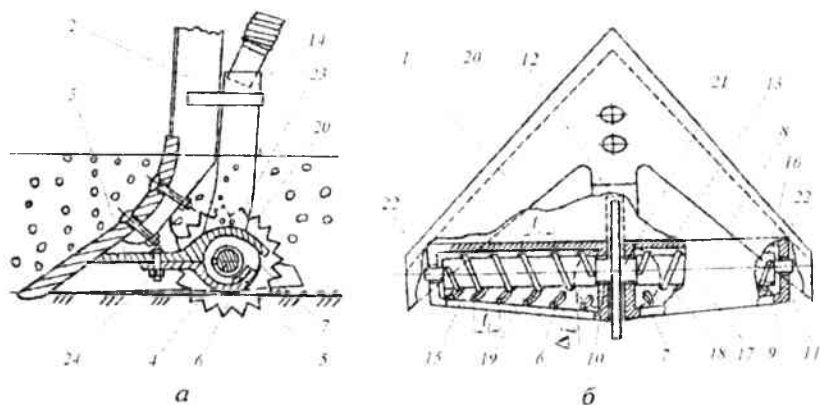


Рис.3.25. Комбинированный рабочий орган для рыхления почвы и внесения в нее удобрений: а) вид сбоку в разрезе; б) вид сверху в разрезе

Зубчатое колесо 20 установлено так, что делит входное отверстие 13, размещенное под выпускным отверстием 24 тукопровода 14, на две равные части.

В отличие от других, распределитель этого рабочего органа, распределяя минеральные, органические и органоминеральные смеси удобрений по всей ширине захвата рабочего органа механическим способом, не требует привода от энергетического средства или же от колес орудия. Он приводится в движение от

собственного зубчатого колеса, вращающееся за счет взаимодействия с почвой.

Учитывая то, что этот рабочий орган существенно отличается от ранее известных, как по устройству, так и по принципу работы подробно остановимся на нем.

При движении рабочего органа рыхлительная лапа 1 заглубляется в почву и рыхлит ее. Зубчатое колесо 20 за счет сцепления с почвой совершает вращательное движение по ходу рабочего органа. Одновременно с зубчатым колесом вращаются шнеки 15 и 16, которые перемещают по желобу съемной части 5 кожуха 3 поступающие по тукопроводу 14 органические или органоминеральные смеси удобрения. Перемещаемые по желобу 5 удобрения захватываются пластинами 6 и высыпаются через выходные отверстия 7. Равномерность выбрасываемой пластинами 6 порции удобрений обеспечивается последовательным уменьшением зазора между витками 18 и 19 шнеков 15 и 16 и пластинами 6 желоба, определяемым соотношением

$$\Delta_i = \frac{a(n-1)}{n}, \quad (3.27)$$

и постепенным увеличением рабочей длины пластин 6, определяемым из соотношения

$$l_i = \frac{\pi r_{\text{ж}}}{n} i, \quad (3.28)$$

где Δ_i – величина уменьшения зазора между витками шнека, м;

a – величина технологического зазора, м;

$i = 1 \dots n$ – порядковый номер пластины от оси симметрии распределителя к наружному торцу;

n – число пластин;

l_i – рабочая длина i -ой пластины, м;

$r_{\text{ж}}$ – радиус желоба, м.

Причем величина технологического зазора принята исходя из соотношения

$$a \leq d, \quad (3.29)$$

где d – средний диаметр фракции органоминеральных смесей удобрения, м.

Такая величина технологического зазора предотвращает забивание зоны захвата витков шнека удобрениями.

Последовательное уменьшение зазора в определенной степени компенсирует массу и объем высыпаемых предыдущими пластинами удобрений.

Последовательное увеличение длины пластин согласно соотношениям (2) обеспечивает равномерное поступление минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений на последующие пластины.

Высыпанные на дно борозды удобрения засыпаются почвой, разрыхленной лапой 1, сходящей с кожуха 3 под действием силы напора и вновь поступающей на рыхлительную лапу почвы.

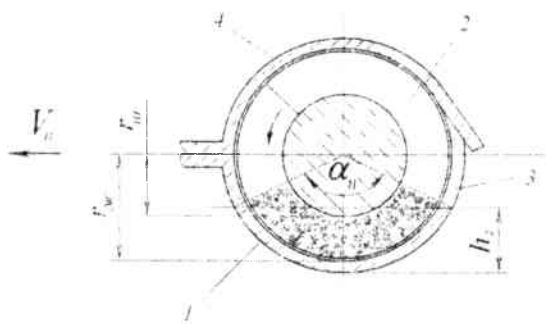


Рис.3.26. Схема к определению поперечного сечения перемещаемых шнеком удобрений: 1 – желоб; 2 – шнек; 3 – высевное окно; 4 – кожух

Основным рабочим элементом, в этом рабочем органе обеспечивающим необходимую норму высева минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений и ее равномерное распределение по всей ширине захвата рабочего органа являются шнеки (рис.3.26). Показателями работы, которого являются осевая скорость перемещаемого им минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений и его производительность. Эти показатели во многом зависят от параметров и скоростных режимов работы самого шнека [152].

Осевая скорость органических и органоминеральных смесей удобрений, перемещаемых шнеком, в основном зависит от шага витка шнека и его числа оборотов и по аналогии с работой определяется следующим выражением

$$V_y = k_y s n_{ш} \frac{1}{60}, \quad (3.30)$$

где V_y — скорость перемещения органических и органоминеральных смесей удобрений, м/с;

s — шаг витка шнека, м;

$n_{ш}$ — число оборотов шнека, мин⁻¹;

k_y — коэффициент учитывающий проскальзывание минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений.

Тогда производительность шнека определяется по формуле

$$Q_{ш} = k_y k_{ш} F_y s n_{ш} \frac{\gamma_y}{60}, \quad (3.31)$$

где $k_{ш}$ — коэффициент заполнения шнека;

F_y — поперечное сечение перемещаемого шнеком минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений, м²;

γ_y — объемная масса минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений, кг/м³.

Площадь поперечного сечения перемещаемых шнеком органических и органоминеральных смесей удобрений определяется исходя из параметров желоба 1 и шнека 2 с учетом значения центрального угла α_c , определяемого из схемы в зависимости от высоты расположения высевного окна 3, образованной между кожухом 4 и желобом

$$F_y = \frac{\pi}{180} (r_{ш}^2 - r_{ж}^2) \arccos \left(\frac{r_{ш} - h_z}{r_{ш}} \right), \quad (3.32)$$

где F_y — площадь поперечного сечения перемещаемых

шнеком минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений, м^2 ;

$r_{ш}$ – радиус вала шнека, м;

h_3 – высота расположения высевного окна желоба, м.

Выразив производительности шнека $Q_{ш}$ через его составляющие, получим

$$Q_{ш} = \frac{1}{10,8 \cdot 10^3} k_y k_{ш} S n_{ш} \gamma_3 (r_{ж}^2 - r_{ш}^2) \arccos \left(\frac{r_{ж} - h_3}{r_{ж}} \right). \quad (3.33)$$

При заданной производительности минимальное число оборотов шнека $n_{ш}^{мин}$ равно

$$n_{ш}^{мин} = 75 \frac{Q_{ш}}{F_y S \gamma_y}. \quad (3.34)$$

Как уже было сказано, что шнек получает привод от собственного зубчатого колеса за счет его взаимодействия с почвой, минимальное число оборотов этого колеса будет

$$n_k^{мин} = \frac{V_n}{\pi D_3 (1 - \delta_{max})}, \quad (3.35)$$

где $n_k^{мин}$ – минимальное число оборотов зубчатого колеса, мин^{-1} ;

V_n – поступательная скорость движения, м/с;

D_3 – диаметр зубчатого колеса, м;

δ_{max} – максимальное значение коэффициента буксования.

Как производительность шнека, так и норма высева удобрения зависит от поступательной скорости, которая выражается зависимостью

$$V_n = \frac{Q_{ш}}{B_{л} z_{ра} Q_{н}}, \quad (3.36)$$

где $B_{л}$ – ширина ленты внесения минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений рабочим органом, м;

$z_{ра}$ – число рабочих органов;

$Q_{\text{нн}}$ – норма внесения удобрения, кг/га.

Так как число оборотов шнека и зубчатого колеса равны между собой, то подставляя значения V_n в уравнение (3.35) и приравнявая его с уравнением (3.34) после несложного преобразования получим

$$z_{\text{пр}} = \frac{F_y s \gamma_y}{75 B_z Q_{\text{нн}} \pi D_z (1 - \delta_{\text{мех}})} \quad (3.37)$$

или же

$$F_y = 75 \frac{B_z z_{\text{пр}} Q_{\text{нн}} \pi D_z (1 - \delta_{\text{мех}})}{s \gamma_y} \quad (3.38)$$

Уравнение (3.37) увязывает число устанавливаемых на раме машины рабочих органов с его конструктивными параметрами и заданной нормой высева минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений. В соответствии с уравнением (3.38) варьируя поперечным сечением перемещаемых шнеком минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений можно обеспечить требуемую норму высева.

Совмещение в одном рабочем органе рыхлении почвы с внесением удобрений, а также снабжение его шнеком, изготовленным по параметрам, определенным выражением (3.38) обеспечивают равномерное распределение минеральных, органических и органоминеральных смесей удобрений в соответствии с установленной нормой по ширине ленты, и тем самым улучшает равномерность их внесения.

Среди пневматических способов распределения минеральных удобрений заслуживает внимание работы, проводимые в КазНИИМЭСХ, где для внутрпочвенного внесения гранулированных удобрений предложен рабочий орган, состоящий из почвообрабатывающей и распределительной части [153]. Почвообрабатывающая часть рабочего органа включает в себя плоскорежущую или стрельчатую лапу, установленную на жесткой или пружинной стойке.

Распределительная часть рабочего органа включает в себя: распределительное устройство (рис.3.27), установленное в нижней части лапы трубопровод, расположенной над

распределительным устройством. Распределительное устройство выполнено в виде трех плоскостей соединенных между собой в форме правильного треугольника. Причем две его боковые поверхности выполнены криволинейным так, что их выпуклая сторона обращена внутрь треугольника, и они отсечены под углом $100-110^{\circ}$ от основания.

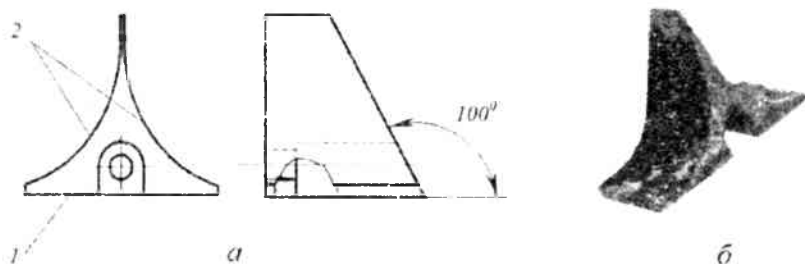


Рис.3.27. Распределительное устройство (а) и его внешний вид (б):
1 – основание; 2 – боковые поверхности

Благодаря секущей плоскости гранулы удобрений в зависимости от точки схода имеют отличную друг от друга траекторию и попадают в различные участки подлапового пространства, чем и достигается уменьшение неравномерности распределения.

3.3.6. Составные пассивные рабочие органы

Сравнительно новым и наиболее перспективным направлением в совершенствовании пассивных рабочих органов является унификация их конструкции и универсализация их применении. Наиболее ярким представителем этого направления являются пассивные рабочие органы фирмы Bellota (Испания) и Lemken (Германия) [156, 157]. Пассивными рабочими органами фирмы Bellota путем перестановки того или иного рабочего элемента можно скомпоновать такую его конструкцию с помощью которого можно будет произвести рыхление почвы с подрезанием дна обработки или без него. А у рабочих органов

Lemken (рис.3.28) еще и рыхлению почвы с оборотом пласта в левую или правую сторону или же без оборота пласта.

Эти рабочие органы, являясь наиболее унифицированным, состоят из следующих составных рабочих элементов, закрепленных к стойке 1: стрельчатая лапа 2, рыхлительная лапа 3, сапозжок 4, долото 5, грудь рыхлительная 6 и оборотная 7, крылья правые 8 и левые 9, отвал правый 10 и левый 11.

Путем комплектации сочетании тех или иных рабочих элементов можно сконструировать такую конструкцию пассивного рабочего органа, который производит обработку почвы с рыхлением и подрезанием дна или же рыхлением с оборотом пласта в левую или в правую сторону.

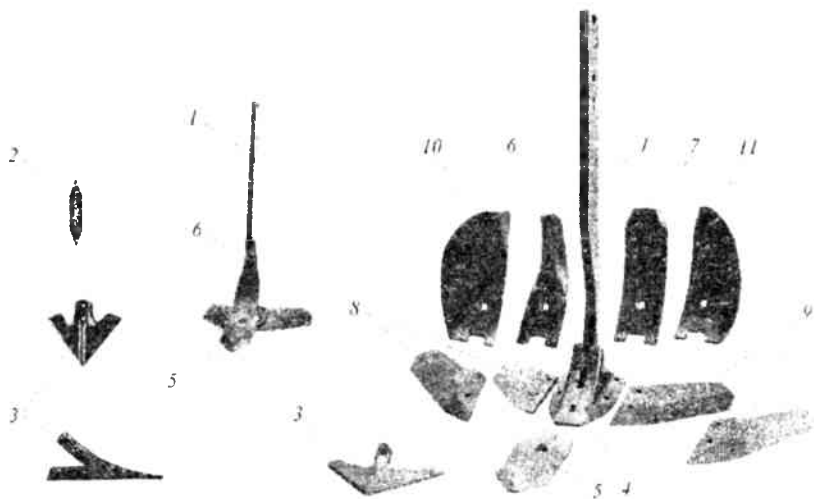


Рис.3.28. Пассивный рабочий орган с составными рабочими элементами фирмы Lemken: 1 – стойка; 2 – рыхлительная лапа; 3 – стрельчатая лапа; 4 – сапозжок; 5 – долото; 6 и 7 – грудь рыхлительная и оборотная; 8 и 9 – крылья правые и левые, 10 и 11 – отвал правый и левый

Например, при комплектации стойки с рыхлительной или стрельчатой лапой образуется пассивный рабочий орган традиционной конструкции, установленный на чизель

культиваторах СhК-3 и ЧКУ-4, широко применяемой на предпосевной обработке почвы в хлопководческих хозяйствах.

И так, обзор литературно-патентных источников показывает, что конструкции пассивных рабочих органов весьма разнообразны и, их в зависимости от назначения можно сгруппировать на нескольких групп, при этом рабочие органы каждой группы, в зависимости от величин его основных параметров, изготавливается в широком ассортименте.

Среди известных пассивных рабочих органов наиболее подходящим для работы в составе предпосевных почвообрабатывающих машин являются пассивные рабочие органы с составными рабочими элементами, они наиболее унифицированы и универсальны в применении, но их необходимо снабдить сошниками. Будущее за этими унифицированными рабочими органами и они в зависимости от настройки производит обработку почвы с рыхлением и подрезанием дна или же рыхлением с оборотом пласта в левую или в правую сторону, с подкормкой или без нее. В результате, в зависимости от вида настройки рабочего органа можно получить того или иного состояния обрабатываемой почвы.

ГЛАВА 4. РОТАЦИОННЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ

4.1. Тенденция совершенствования конструкции ротационных рабочих органов

Ротационные рабочие органы применяются на ротационных почвообрабатывающих машинах, названных вплоть до середины прошлого века по разным, т.е.: фрезой, почвообрабатывающей фрезой, фрезерным культиватором и почвенной фрезой.

Ротационные рабочие органы имеют более чем столетнюю историю. Еще в 1850 г. французы Гибаль и Тенар, англичанин Хаскинс разработали проекты машин с ротационными рабочими органами. Позднее в 1865 г. англичанином Купером сделана попытка создать машину с вилообразным рабочим органом с принудительным приводом от парового двигателя. Однако все эти рабочие органы из-за несовершенства конструкции практического применения не нашли.

Одним из первых ротационных рабочих органов, выпущенных на промышленной основе и использованных на почвенных фреззах, были пружинные зубья, разработанные в 1890 г. в Швейцарии Майенбургом.

Частые поломки пружинных зубьев практически сделал невозможным их применение для обработки почвы, особенно почв тяжелого механического состава и почв с низкой влажностью и с растительными остатками.

В последствие эти недостатки пружинных зубьев были устранены применением рабочих органов ножевого, долотообразного, комбинированного типов, имеющие различную форму [106, 107, 108, 158-160]. Такая тенденция совершенствования формы были продолжены и в направлении упрощения конструкции и совершенствования технологических процессов работы этих рабочих органов.

С целью упрощения конструкции, в некоторых почвенных фреззах (МФ-2,0) рабочие органы выполнены в виде штампованных вырезных дисков с загибом в разные стороны режущих элементов [161].

Для создания мульчированного поверхностного слоя почвы Южным отделением УНИИМЭСХ предложен ярусный рабочий орган [162]. При работе этого рабочего органа первый ярус

измельчает пожнивные остатки и крошит почву на глубину 1...2 см, а второй ярус производит обработку почвы на глубину 6...7 см.

В последние годы, ведущие зарубежные фирмы, такие как Howard, Kuhn, F.W.Mc. Connel наряду с Г-образными стали применять ножи в виде плоской стойки [106, 159]. Они менее выносят нижние более влажные слои почвы на дневную поверхность и имеют сравнительно небольшие энергозатраты. Эти ножи изготавливают в заточенном (EL-100N) и не заточенном (HK-40) виде.

Фирмой Dutzi (ФРГ) освоено производство фрез серии KR для послойной обработки почвы. Шипорезный ротор [107] этой фрезы оснащен оригинальными зубовидными рабочими органами, разрушающими почвенные комки ударом с минимальной энергозатратой. Работа шипорезного ротора в сочетании с рыхлителем обеспечивает оптимальное количество пор в почве.

Почвообрабатывающие машины «ROTOTILLER», конструктивных серий RE, RW, RC и RD фирмы Rau (ФРГ) имеют роторы с клиновидными зубьями [158].

В отличие от предыдущих фрез, роторы модели «GFV VOLLFELD» фрезы фирмы Amas (Голландия) снабжены крючковидными рабочими органами [108].

Клиновидные зубья и крючковидные рабочие органы из-за своей формы захватывают и отшвыривают крупные комки и глыбы, которые ударяясь о кожу фрезы, дополнительно разрушаются. Однако они не пригодны для работы на каменистых почвах.

Для работы на каменистой почве фирмой Rumpstad (Нидерланды) разработан так называемый гвоздяной ротор [163]. Вместо зажимных дуг с крюками ротор снабжен сваренными кулачками с гвоздями. Гвозди лучше переносят удары о камни, из-за прямолинейной формы не захватывают и не отшвыривают камни.

Тенденция замены ножевых рабочих органов с зубьями наблюдаются и у фрез других зарубежных фирм. Например, у фирмы Reekie ротор фрезы «170C» снабжен шиповидными рабочими органами [164].

Шипы изготовлены из закаленной стали и на роторе

расположены по винтовой линии.

Большая интенсивность работы деталей и узлов ротационных почвообрабатывающих машин, высокие скорости взаимодействия с почвой, стремление к снижению энергоемкости и металлоемкости этих машин потребовали от исследователей разработки более совершенных форм рабочих органов.

В литературных и патентных источниках встречаются самые разнообразные конструкции таких рабочих органов от шарнирно-молотковых до специальных, свободно подвешенных на барабане бил, деформаторов и тарелок [165-167].

В настоящее время работу по усовершенствованию конструкций и определению рациональных значений параметров ротационных рабочих органов ведет целый ряд научно-исследовательских институтов (ВИМ, ВИСХОМ, ВИК, СибИМЭ, КХМЭИ, КазНИИМЭСХ и др.), учебных институтов (МИИСП, УСХА, ЧИМЭСХ, ТИИИМ и др.), конструкторские организации (ГСКБ по сцепкам и культиваторам, БМКБ «Агромаш» и др.) и зарубежные фирмы (Howard, Kuhn, Rau, Lemken, Amac, Dutzi, Rumpstadt, Babu, Reekie, Entecon, F.W.Mc. Connel, Lelu, Major и др.). Одновременно ведется работа по внедрению ротационных рабочих органов в систему обработки почвы, так как они по праву начинают занимать все более прочное место среди других видов рабочих органов, предназначенных для основной, предпосевной, и междурядной обработки многих типов почв.

Проведенный обзор показывает, что ротационные рабочие органы в зависимости от настройки позволяют производить обработку почвы: с перемешиванием верхних слоев с нижними слоями (при обработке почвы с пожнивными остатками); без перемешивания (при влагозащитной обработке почвы); с разрезанием (на стерневых полях) или раздроблением крупных почвенных комков и глыб путем резкой концентрации напряжений в зоне контакта разрушаемого комка с рабочим органом (на глыбистой почве); с равномерным (при сплошной обработке почвы) или неоднородным (при послойной и гребневой обработке почвы) фракционным составом почвы по глубине обработки. Наконец, самое главное, — путем выбора и варьирования режима работы ротационного рабочего органа можно достичь практически любого качества крошения почвы, а

это позволяет создать такую конструкцию предпосевных машин, которые производят подготовку почвы к посеву за один проход агрегата.

Несмотря на эти существенные положительные стороны, рабочие органы известных ротационных машин имеют ряд конструктивно-технологических недостатков, в частности они в одном случае чрезмерно выносят нижние более влажные слои почвы, в другом – имеют большие энергозатраты на обработку почвы, а в третьем – металлоемки и сложны в изготовлении.

Для устранения указанных недостатков исследователями и конструкторами на основе анализа преимуществ и недостатков известных ротационных рабочих органов и с учетом тенденции развития их конструкции разработаны ряд новых перспективных типов и форм ротационных рабочих органов. В последующих разделах рассмотрим классификацию ротационных рабочих органов с учетом вновь разработанных их форм и типов, а также устройство, принцип работы и методику расчета некоторых из них.

4.2. Классификация ротационных рабочих органов

В связи с конструктивной особенностью ротационных рабочих органов, их классификацию необходимо рассмотреть неразрывно от классификации ротационных почвообрабатывающих машин по ряду признаков. Так, например, П.М. Василенко [34] их делят по кинематическим признакам, Ф.М. Канарев [40] по расположению оси вращения ротационного рабочего органа в пространстве, Ю.И. Матяшин, И.М. Гринчук, Г.М. Егоров [168] по способу привода рабочих органов, Д.Н. Листопад, М.П. Рубцов, О.П. Лювасенко [169] по форме, по характеру действия на почву, по положению оси вращения и по способу крепления рабочих органов.

По П.М. Василенко ротационные почвообрабатывающие машины по кинематическим признакам подразделяются на:

- машины: с осью вращения рабочих органов, расположенной перпендикулярно к направлению движения агрегата;

Продолжение рис. 4.1. Классификация ротационных рабочих органов

- машины с осью вращения рабочих органов, расположенной наклонно к направлению движения агрегата;
- машины, ось вращения рабочих органов которых расположена перпендикулярно к плоскости движения агрегата.

В отличие от П.М. Василенко Ф.М. Канарев по расположению оси вращения ротационного рабочего органа в пространстве делят их на семь классов: горизонтально-поперечное, вертикальное, продольное, повернутое, поперечно-наклонное, продольно-наклонное, повернуто-наклонное.

Анализ обзора классификации ротационных почвообрабатывающих машин, проведенных как вышеупомянутыми [34, 40, 168, 169], так и многими другими исследователями показывает, что в литературных источниках нет единой, всеобъемлющей структурной схемы классификации ротационных почвообрабатывающих машин и их рабочих органов.

Для устранения этого недостатка нами составлена структурная схема классификации ротационных машин, которая представлена на рис. 4.1.

При составлении структурной схемы основными элементами классификации приняты: способ агрегатирования, вид привода и число роторов, назначение ротационных машин, направление вращения ротора, расположение оси его вращения, тип и форма ротационного рабочего органа и способ крепления его к диску ротора.

Из проведенного обзора и составленной на его основе классификации ротационных рабочих органов видно, что в последние годы их семейство пополнились рядом новых перспективных влаго- и энергосберегающих их образцами. В следующем разделе рассмотрим отличительные особенности и методику расчета параметров некоторых из них.

4.3. Перспективные направления совершенствования конструкции ротационных рабочих органов

4.3.1. Направления совершенствования конструкции ротационных рабочих органов с горизонтальной осью вращения

Практика применения ротационных машин на предпосевной обработке почвы в хлопководства показала как положительных,

так и отрицательных сторон роторов снабженных с наиболее распространенными формами ножами, такими как Г-образными, так и прямыми ножами.

Если главным недостатком Г-образного ножа является чрезмерный вынос нижних более влажных слоев почвы на дневную поверхность поля и большая энергоемкость обработки почвы, то у прямого ножа – большая металлоемкость и неравномерность дна обработки.

Для устранения указанных недостатков как Г-образных, так и прямых ножей, различными исследователями разработано целое семейство влаго- и энергосберегающих форм ротационных рабочих органов. Среди них наибольший интерес представляет ротационные рабочие органы:

- для послойной обработки почвы;
- для сплошной обработки почвы с эквидистантным перемещением вершины зоны деформации;
- шарнирно-молотковые;
- комбинированные;
- универсальные.

Учитывая конструктивную и технологическую особенности работы этих рабочих органов, подробно остановимся на каждом из них в отдельности.

4.3.1.1. Ротационные рабочие органы производящие послойную обработку почвы

Ротационные рабочие органы для послойной обработки почвы имеют несколько разновидностей, которые отличаются друг от друга в основном формой ножа [170-173]. Ниже рассмотрим некоторые из них.

Ротационный рабочий орган с составными ножами для послойной обработки почвы [170] включает (рис.4.2) установленный на горизонтальном валу 3 барабан со смонтированными на нем дисками 4, к которым крепятся составные ножи. Составные ножи состоят из основных прямых ножей 1 и закрепленных на их боковых поверхностях, на середине их высоты и под углом к их поверхности дополнительных Г образных ножей 2.

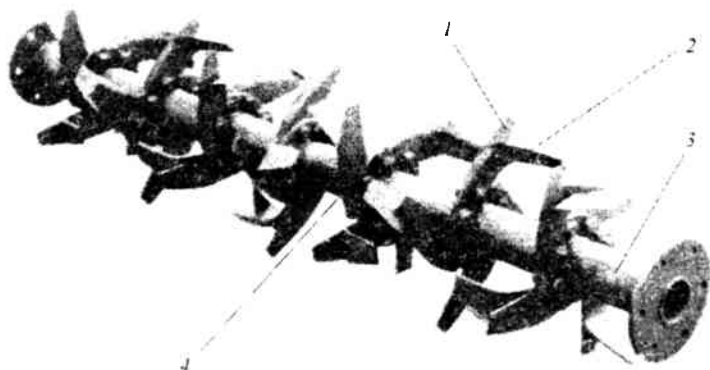


Рис.4.2. Ротационный рабочий орган с составными ножами для послойной обработки почвы: 1 – основной нож; 2 – дополнительный боковой Г-образный нож; 3 – вал барабана, 4 – диски

Ротационный рабочий орган с составными ножами для послойной обработки почвы работает следующим образом.

При вращении барабана 3 прямые ножи 1 рыхлят почву, расположенную ниже глубины заделки семян, не выворачивая их на поверхность пашни, при этом дополнительные ножи 2 рыхлят почву, расположенную на глубине заделки семян. Из-за небольшой глубины внедрения в почву боковых ножей по сравнению с серийными Г-образными ножами объем отбрасываемой боковыми ножами из нижних более влажных слоев почвы будет меньше чем у серийных Г-образных ножей. Следовательно, и вынос влаги будет меньше, поэтому такая послойная обработка почвы значительно снижает потери почвенной влаги по сравнению серийным Г-образным ножом.

Хотя ротационные рабочие органы с составными ножами производят послойную обработку почвы с минимальным выносом нижних более влажных слоев на дневную поверхность, но как показала практика их применения в месте стыка прямых и боковых ножей происходит залипание и завивание почвенных частиц, увеличивая тем самым расход энергии на обработку почвы.

В дальнейшем в целях устранения этого недостатка форма

ножей ротационного рабочего органа для послойной обработки почвы была усовершенствована, и вместо составных ножей рабочий орган снабжался ножами вырезными окнами (рис.4.3), исключающими залипанию и завиванию почвы [172].

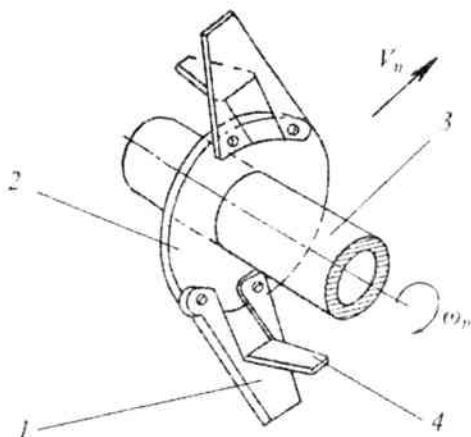


Рис.4.3. Ротационный рабочий орган для послойной обработки почвы, снабженный ножами с вырезными окнами: 1 – основной прямой нож; 2 – диски; 3 – вал ротора; 4 – дополнительный боковой нож

Ротационный рабочий орган, снабженный ножами с вырезными окнами, состоит из вала 3 ротора со смонтированными на нем дисками 2, к которым крепятся вырезные ножи, состоящие из основных прямых ножей 1, выполненных в виде стойки и дополнительных ножей 4. Для упрощения конструкции и технологии изготовления на стойке каждого основного ножа делается П-образный вырез, после чего вырезанная часть отгибается на угол $105-110^{\circ}$, образуя дополнительный нож, ширина полки которого будет меньше или равна ширине окна. Части стойки основного ножа расположены под углом друг к другу и закреплены на противоположных сторонах диска соответственно. Режущая кромка задней части стойки основного ножа заточены со стороны дополнительного

ножа под углом $25-30^{\circ}$, что совместно с окном способствует устранению залипания почвы.

При таком исполнении основного ножа часть почвы поступающего на него во время работы, проходя через окна, увлекает за собой почву, находящуюся в зоне отгиба дополнительного ножа, исключая залипание почвы в месте крепления дополнительного ножа к основному ножу.

Практика применения этого рабочего органа показала, что при обработке каменистых почв растет вероятность заклинивания камней в окно. Для устранения этого недостатка в другой работе предложен усовершенствованный ротационный рабочий орган (рис.4.4), снабженный вырезным ножом [173].

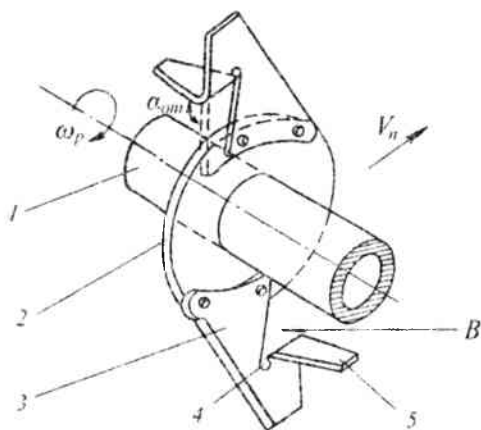


Рис.4.4. Ротационный рабочий орган с вырезными ножами для послойной обработки почвы: 1 – вал ротора; 2 – диски; 3 – основной прямой нож; 4 – окружное закругление выреза; 5 – дополнительный боковой нож

Этот ротационный рабочий орган состоит из вала 1 ротора со смонтированными на нем дисками 2, к которым крепятся вырезные ножи, состоящие из основных прямых ножей 3, выполненных в виде стойки и дополнительных боковых ножей 5.

Дополнительные ножи образованы за счет выреза стойки основных ножей и ее отгиба относительно не вырезанной части

стойки на угол, равный $105-110^{\circ}$. Для предотвращения трещины в конце выреза сверлят отверстие 4 диаметром 5-10 мм в зависимости от толщины стойки.

При работе основной прямой нож 3, врезаясь в почву, деформирует и разрыхляет ее, а дополнительный боковой нож 5 отрезает и увлекает некоторый слой почвы, толщина которого равна подаче на нож. При этом под действием вновь поступающих на дополнительный боковой нож 5 почвенных частиц и деформированных и сходящихся с двух боковых поверхностей основного ножа 3 происходит выталкивание с бокового ножа 5 отрезаемой и увлекаемой им почвы. Вследствие этого нож 3 не увлекает за собой срезанную почву, что исключает ее залипание на ножах 3 и 5 и уменьшает объем отбрасываемой ими почвы. Наличие окна над поверхностью дополнительного бокового ножа со стороны основного ножа исключает завиванию камней при работе ротора на каменистой почве.

Все вышеперечисленные ротационные рабочие органы для послойной обработки почвы производят послойную обработку, предварительно разрыхленную пассивным рабочим органом почвы с минимальным выносом ее нижних более влажных слоев на дневную поверхность.

Несмотря на ряд положительных качеств у ротационных рабочих органов для послойной обработки почвы есть один существенно влияющий на качество обработки почвы недостаток – при обработке предварительно не разрыхленных пассивным рабочим органом почвы происходит образование на дне борозды гребешков в форме небольших тумб, что нежелательно.

В дальнейшем в целях исключения образования тумб между основными прямыми ножами смежных дисков Г-образные боковые ножи были заменены с Z-образными боковыми ножами (рис.4.5) [171].

Z-образные боковые ножи представляет собой измененную форму Г-образного ножа за счет вертикального отгиба его торцевого конца. Средняя часть Z-образной ножи представляет собой полку, отогнутую от поверхности диска под углом равным $105-110^{\circ}$.

В отличие от предыдущего в этом ротационном рабочем органе торцевой конец Z-образного ножа производит обработку

нижних слоев почвы находящиеся между смежными дисками, описывая траекторию, схожую с траекторией основного ножа, но смещенной от нее по оси вращения вала на расстояние равной длине полки бокового ножа. В результате расстояния между траекториями движения смежных ножей сокращается в два раза от l_1 до l_2 .

Как показала практика, применение на ротационном рабочем органе Z-образных ножей сокращает расстояния между смежными траекториями концов ножей от 200 до 100 мм. Но этого оказалось недостаточным для исключения образования на дне борозды гребешков в форме небольших тумб.

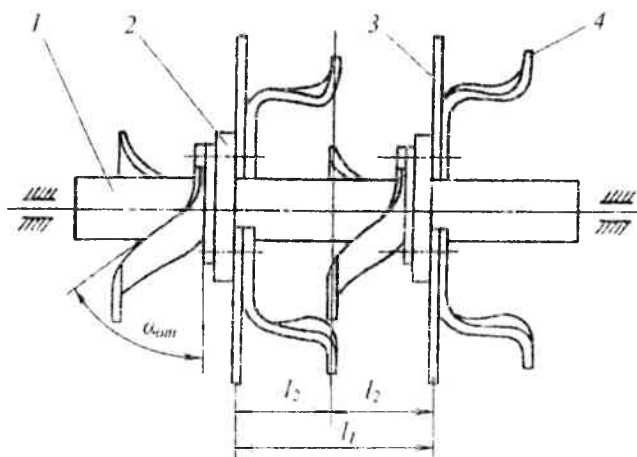


Рис.4.5. Ротационный рабочий орган с усовершенствованными составными ножами для послойной обработки почвы: 1 – вал ротора; 2 – диски; 3 – основной прямой нож; 4 – дополнительный боковой Z-образный нож

Для исключения образования на дне борозды гребешков в форме небольших тумб необходимо уменьшить расстояние между смежными траекториями концов ножей до величины не более чем допустимая высота гребешков. А это требует для уменьшения ширины полки ножей сокращению расстояний между дисками ротора, что нежелательно, так как приводит к увеличению массы ротора.

Исходя из вышеизложенных соображений, рекомендуется ротационные рабочие органы для послойной обработки почвы использовать в сочетании с пассивными рабочими органами.

4.3.1.2. Ротационные рабочие органы, производящие обработку почвы с эквидистантным перемещением вершины зоны деформации

подавляющее большинство ротационных рабочих органов снабжены одинаковыми ножами, закрепленными на обе плоскости вращения диска, расположенной на роторе на расстоянии 100-200 мм друг от друга. В результате траектории движения ножей, закрепленных на одной плоскости вращения диска, по направлению движения ротора совпадают. Это обстоятельство на работу Г-образных ножей существенного влияния не оказывает, тогда как для шиповидных, прутковых, зубовидных и прямых ножей оказывает существенное влияние. Так как траектории движения этих ножей, закрепленных на одной плоскости вращения диска, находятся в одной линии и при расстоянии 100 мм и более между траекториями движения ножей, закрепленных на смежных дисках, отрицательно сказывается на равномерности дна обработки, то есть на дне обработки образуются заметные гребешки в виде тумб, что нежелательно. Уменьшение расстояния между траекториями движения ножей, закрепленных на смежных дисках, в целях исключения образования заметных гребешков на дне обработки, приводит к увеличению числа ножей и дисков, что также нежелательно, так как приводит к росту массы ротора.

Для устранения этих недостатков в последние годы ведущими зарубежными фирмами разработаны и внедрены в производство различные формы ножей. Среди них с точки зрения уменьшения гребешков на дне обработки наибольший интерес представляет ножевые ротационные рабочие органы фирм Kuhn и Howard [106, 159].

Отличительной особенностью этих ротационных рабочих органов является то, что у них диски выполнены не круглым, а четырехугольным. Кроме того в одном случае [159] свободные торцевые концы ножей выполнены с косым отгибом (рис.4.6), а в

другом [106] ножи выполнены Z-образным слегка повернутой в месте изгиба стойкой (рис.4.7).

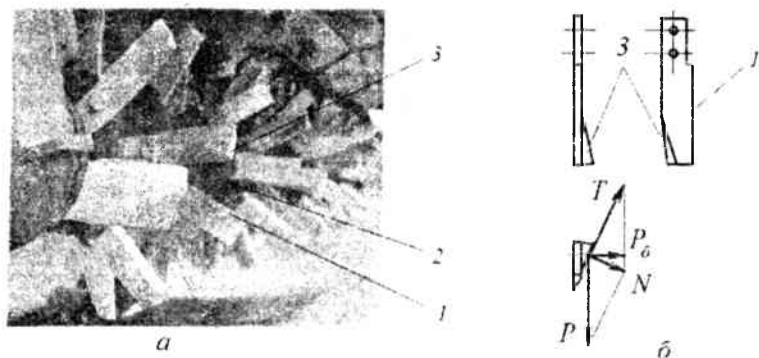


Рис.4.6. Ротационные рабочие органы фирмы Kuhn: 1 – ножи, 2 – диски; 3 – отогнутые торцевые концы ножей

При таком исполнении ножей осевая составляющая P_0 нормальной силы N действуют на гребешки, образованные на дне борозды и сдвигают их по основанию и тем самым исключает образованию самого гребешка на дне обработки.



Рис.4.7. Ротационный рабочий орган фирмы Howard: 1 – вал ротора; 2 – диски; 3 – ножи

Эти ротационные рабочие органы, хотя имеют ряд существенных преимуществ от серийных прямых ножей, но они имеют недостатков, связанных с числом дисков и ножей,

приводящих к росту массы ротора, но в меньшей степени по сравнению с обычными прямыми ножами.

В целях повышения качества и равномерности обработки дна борозды дальнейшие мысли исследователей были направлены на увеличение числа траектории движения ножей расположенных параллельно с равным расстоянием между смежными дисками.

Из всех рассмотренных направлений совершенствования конструкции ротационных рабочих органов наиболее приемлемым к условиям зоны хлопководства и в то же время перспективным является разработанный в КХМЭИ ротор снабженный ножами с эквидистантной траекторией движения [174,175]. Поэтому более подробно остановимся на этом роторе.

Этот ротор (рис.4.8, а и б) состоит из вала 1, с дисками 2, к которым закреплены эквидистантные ножи 3. Каждый из эквидистантных ножей во время работы описывает индивидуальную траекторию движения, смещенную друг относительно друга на равное расстояние $l_{сн}$ и обрабатывает определенный участок, параллельно смещенный от участка, обработанного предыдущим ножом. Так например (рис.4.8, в), если нож А обрабатывает участок A_1 , то следующий, закрепленный на одной плоскости вращения диска смежный нож Б, обрабатывает участок B_1 и т.д.

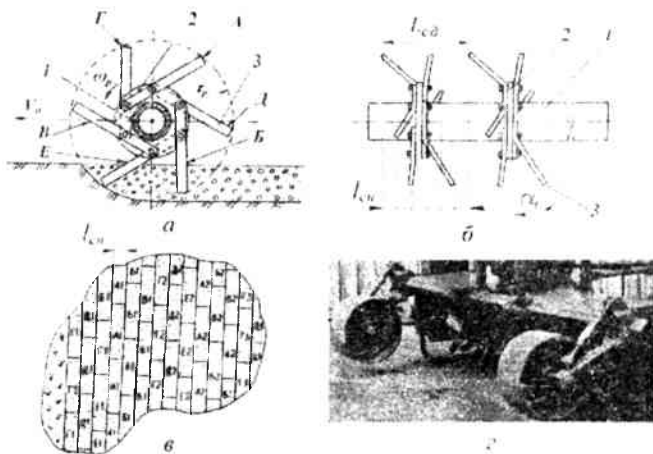


Рис.4.8. Ротор (а, б, г), снабженный ножами с эквидистантной траекторией движения и схема участков (в), обрабатываемых смежными ножами

Таким образом, данный ротор производит обработку почвы с эквидистантным перемещением вершины зоны деформации каждого последующего цикла от предыдущего по направлению ширины захвата машины, обеспечивая тем самым равномерности дна обработки за счет исключения образования нежелательных гребешков.

Траектория движения смежных эквидистантных ножей представляют собой удлиненную циклоиду, и они смещены относительно друг друга по направлению движения на величину равную подаче на нож, а по направлению оси вращения ротора на равное расстояние $l_{сн}$ (рис.4.8, б), определяемое из выражения

$$l_{сн} = \frac{L_{сд}}{2Z_n}, \quad (4.1)$$

где $L_{сд}$ – расстояние между смежными дисками, м;

Z_n – число ножей, закрепленных на одной плоскости вращения диска.

Смещение щеки смежных ножей по оси вращения ротора на равноудаленное расстояние достигается индивидуальным подбором угла отгиба рабочей части каждого ножа относительно плоскости вращения диска.

Длина отогнутой рабочей части каждого эквидистантного ножа выполнена так, что радиус окружности описываемой концевыми точками ножей, т.е. щекой, равен и постоянен для всех ножей, закрепленных на роторе. При таком условии угол отгиба рабочей части i -го ножа будет

$$\alpha_i = \arctg \frac{l_i}{r_p - r_d}, \quad (4.2)$$

где l_i – расстояние между щекой i -го ножа и плоскостью вращения диска, м;

r_p – радиус ротора, м;

r_d – радиус диска, м.

Из расчетной схемы также видно, что равномерное смещение щек эквидистантных ножей друг относительно друга

достигается при условии, когда

$$l_i = \frac{L_{co}(2i-1)}{4Z_n} - \frac{t_o}{2}, \quad (4.3)$$

где i – порядковый номер ножа, закрепленной на одной плоскости вращения диска;

t_o – толщина диска, м,

или же с учетом уравнений (4.2) и (4.3)

$$\alpha_i = \arctg \left[\frac{\frac{L_{co}(2i-1)}{2Z_n} - t_o}{2(r_p - r_o)} \right]. \quad (4.4)$$

Анализ уравнения (4.4) показывает, что с увеличением расстояний между дисками возрастает угол отгиба рабочей части ножа, и при $\alpha_{imax} > \varphi_c$ приводит увеличению выноса нижних влажных слоев и отбросу почвы. Здесь α_{imax} – максимальное значение угла отгиба рабочей части эквидистантных ножей, градус, а φ_c – угол трения почвы об сталь, градус.

При угле отгиба рабочей части ножа больше чем угол трения почвы о сталь почвенные частицы, соприкасающиеся с рабочей поверхностью ножа, увлекаются этим ножом и отбрасывается только в том случае, когда центробежная сила, действующая на нее, будет больше, чем сила трения ее на рабочую поверхность ножа. С учетом этого обстоятельства выражению (4.4) можно представить в следующей форме

$$L_{co}^{(u)} < Z_n \frac{2(r_p - r_o)tg\varphi_n + t_o}{i - 0,5}. \quad (4.5)$$

Выражение (4.5) позволяет в зависимости от угла отгиба рабочей части ножа определить максимальное значение междискового расстояния, обеспечивающего равномерную обработку почвы без существенного выноса и отброса ее, нижних более влажных слоев на дневную поверхность поля.

Практика применения ротора, разработанного в КХМЭИ, показала, что новый технологический прием ротационной обработки с эквидистантным перемещением вершины зоны деформации почвы снижает потери влаги на 1,1-3,0%, улучшает степень крошения почвы на 7,6-8,1% и равномерность глубины ее обработки [45].

4.3.1.3. Шарнирно-молотковые ротационные рабочие органы

Одним из первых в зоне хлопководства шарнирно-молотковые ротационные рабочие органы были применены на рыхлителе предпосевной РП-2,1 (рис.4.9) предназначенной для обработки засоленной почвы после промывных поливов и для разбивки крупных комьев и глыб на поверхности пашни [176]. Однако они, из-за их недостаточной эффективности рыхления поверхностного слоя почвы и большой шумности работы ротора, не нашли применения.

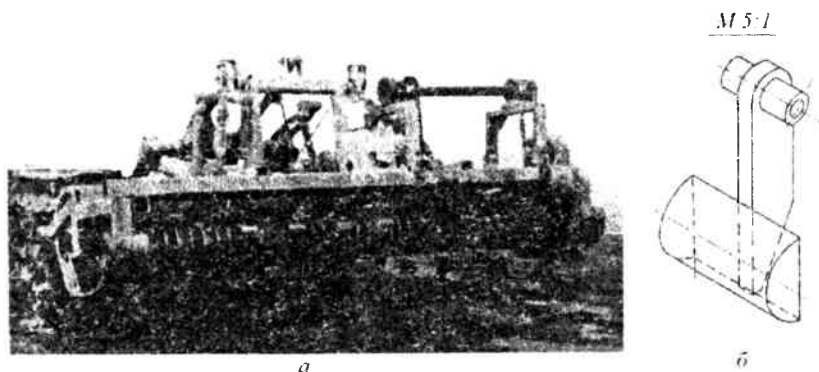


Рис.4.9. Шарнирно-молотковый ротационный рабочий орган, установленный на РП-2,1 (а) и его аксонометрия (б)

Опираясь на опыт применения в зоне хлопководства молоткового ротационного рабочего органа, разработанного в КХМЭИ, в дальнейшем были определены основные направления совершенствования их конструкции. В результате для устранения недостатков молоткового ротационного рабочего органа были

разработаны целое семейство шарнирно-молотковых ротационных рабочих органов на гибких держателях. Все они [177-179] по принципу работы схожие только отличается формой рабочих элементов и по схеме связи гибких держателей. Ниже рассмотрим конструкцию и принцип работы наиболее типичного образца шарнирно-молоткового ротационного рабочего органа (рис.4.10) этого семейства.

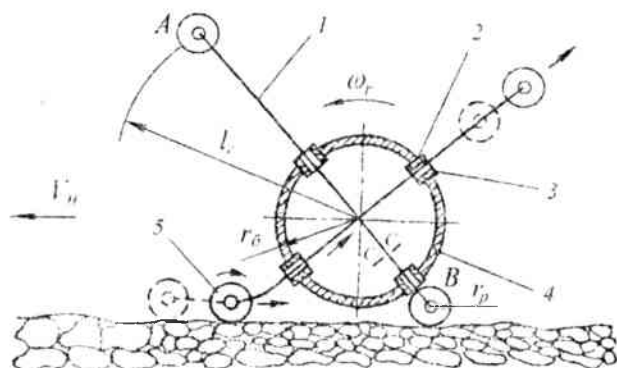


Рис.4.10. Ротационный рабочий орган с рабочими элементами на гибких держателях: 1 – гибкий держатель; 2 – отверстия; 3 – направляющая втулка; 4 – барабан; 5 – рабочие элементы

Ротационный рабочий орган [177] содержит полый приводной барабан 1 с отверстиями 2 на образующей поверхности. Отверстия расположены в продольных вертикальных плоскостях. В каждой плоскости имеется два отверстия, расположенные на диаметрально противоположных участках поверхности барабана. В каждом отверстии вмонтирована направляющая втулка 3. Через каждую пару диаметрально расположенных втулок в полости барабана протянут гибкий держатель 4, на обоих концах которого снаружи барабана закреплены рабочие элементы 5. Гибкий держатель представляет собой трос, цепь или другой подобный элемент. Рабочие элементы могут быть выполнены в виде тарельчатых ножей, бил, молотков или деформаторов иной конструкции.

В процессе работы ротационный рабочий орган совершает одновременно поступательное (со скоростью V_n) и вращательное

(со скоростью ω_p) движения. Рабочие элементы 5 (например, элемент А) за счет центробежной силы удаляются от оси барабана 1 на всю длину вылета гибких держателей 4 и ударяют по комьям почвы с большей кинетической энергией, развивая их на более мелкие фракции. После удара из-за сопротивления почвы внедрению рабочего элемента и поступательного перемещения барабана происходит ослабление натяжения гибких держателей. Это дает возможность расположенному диаметрально противоположно рабочему элементу (В) за счет центробежной силы $F_{ц1}$ максимально удалиться от оси барабана в направлении "л" до тех пор, пока ударившийся о ком почвы рабочий элемент 5 не упирается в втулки 3. После этого радиус R_1 движения центра его массы уменьшается до минимума, следовательно, и его кинетическая энергия уменьшается до минимума. В это время центр массы противоположного рабочего элемента 5 максимально удаляется от оси барабана 1 на расстояние R_2 , большее, чем расстояние при не связанных друг с другом рабочих элементах, следовательно, его кинетическая энергия становится максимальной.

Рабочий элемент В максимально удаляясь от оси барабана 1, удерживает противоположный рабочий элемент А прижатым к направляющей втулке 3 (так как $F_{ц1} < F_{ц2}$) до соударения с комьями почвы. Далее этот рабочий элемент, ударяя по комьям, разрушает их. Затем начинается следующий цикл движения.

Работоспособность и безопасность рабочего органа обеспечивает его основное звено – гибкий держатель. Поэтому необходимо правильно выбрать его главного параметра – диаметра поперечного сечения.

В процессе работы на гибком держателе возникает динамическое напряжение, значение которого должно быть меньше допустимого.

Динамическое напряжение можно подсчитывать как статическое умноженное на динамический коэффициент, который зависит от характера динамической нагрузки. При таком подходе прочность гибких держателей проверяют только на статическое напряжение, если за допускаемое напряжение принимать значения, уменьшенные в соответствии с динамическим коэффициентом.

Рассмотрим вращательное движение гибкого держателя вокруг горизонтальной оси барабана с постоянной угловой скоростью ω_p .

При отсутствии рабочих элементов на элементарном участке dx гибкого держателя, расположенном на расстоянии x от оси вращения, возникает сила инерции, равная произведению центростремительного ускорения и массы этого участка [180]

$$dI = m_x \omega_p^2 x = \gamma F_x \omega_p^2 x dx, \quad (4.6)$$

где m_x – масса элементарного участка, кг;

γ – плотность материала гибкого держателя, кг/м³;

F_x – площадь поперечного сечения гибкого держателя, м²;

На концах гибкого держателя закреплены рабочие элементы каждый массой m_p , то сила, действующая на любое сечение гибкого держателя, равна сумме элементарных сил dI , рассчитанных с учетом массы, как самого гибкого держателя, так и рабочих элементов. Значение этой силы зависит от расположения рабочих элементов относительно барабана.

Предположим, что рабочий элемент A максимально удален от оси барабана на расстояние r_a , равное его вылету l_p , а противоположно расположенный элемент B прижат к поверхности барабана и удален от оси барабана на расстояние r_b , равное сумме радиусов рабочего элемента r_p и барабана r_0 . В таком случае сила, действующая в сечении C , равна наибольшей элементарной силе dI , приложенной на одном из участков CA или CB . В данном случае $l_p > r_p + r_0$, поэтому

$$N = J_a = \int_0^{l_p} (\gamma F_x x + m_p) \omega_p^2 dx. \quad (4.7)$$

Интегрируя это уравнение относительно x и учитывая, что при $x = l_p$ нормальная сила приобретает максимальное значение, а динамическое напряжение определяется путем деления силы N на площадь поперечного сечения гибкого держателя F_x , заменим в формуле F_x выражением $\frac{\pi d_x^2}{4}$ и после преобразования получим диаметр поперечного сечения гибкого держателя

$$d_s > 2 \left(\frac{2m_r}{\pi \gamma_s l_s M} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4.8)$$

где $M = \frac{2[\sigma]_g}{\omega_p^2 l_s}$.

Формула (4.8) позволяет выбрать необходимый диаметр поперечного сечения гибкого держателя, выдерживающий максимальные динамические нагрузки при эксплуатации рабочего органа.

Так, при плотности материала гибкого держателя $7,85 \text{ кг/дм}^3$, массе рабочего элемента $0,85 \text{ кг}$, угловой скорости вращения ротора $18,84 \text{ рад/с}$, длине вылета гибкого держателя 240 мм , а также допустимом напряжении $[\sigma]_g = 1600 \text{ Н/мм}^2$ диаметр гибкого держателя должен быть не менее $7,79 \text{ мм}$. Следовательно, при указанных параметрах элементов ротационного рабочего органа и скоростном режиме его работы в качестве гибкого держателя можно использовать стальной канат по ГОСТ 2688-80 диаметром $8,3 \text{ мм}$.

В дальнейших исследованиях, проведенных в КХМЭИ, для повышения эффективности работы ротационного рабочего органа путем оптимизации использования кинетической энергии рабочих элементов концы гибких держателей были соединены между собой с помощью гибкого кольцеобразного элемента (рис.4.11, а), имеющего диаметр меньше чем диаметр барабана [181] или же пружиной (рис.4.11, б) [182].

В последующем для обеспечения перекрытия следов смежных рабочих органов шарообразные формы рабочих элементов были заменены на цилиндрические формы (рис.4.12) и они были подвешены на парных [165] или кольцеобразных гибких держателях [183].

Опыт применения ротационных рабочих органов с рабочими элементами на гибких держателях показал, что они, хотя обеспечивают достаточно эффективное разрушение почвенных комков, расположенных на поверхности почвы, но не обеспечивают разрыхлению нижележащего поверхностного слоя почвы.

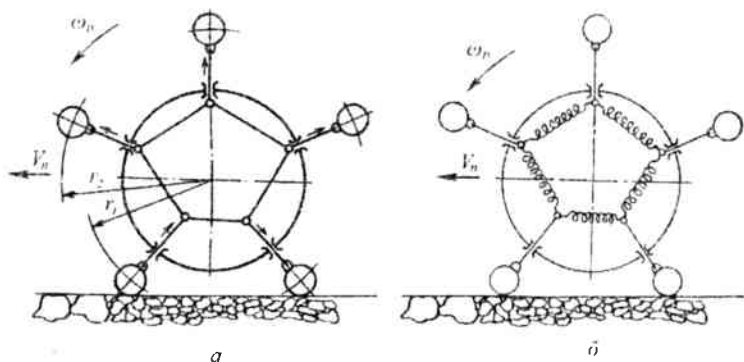


Рис.4.11. Ротационный рабочий орган с рабочими элементами на гибких держателях, соединенных между собой гибким элементом (а) и пружиной (б)

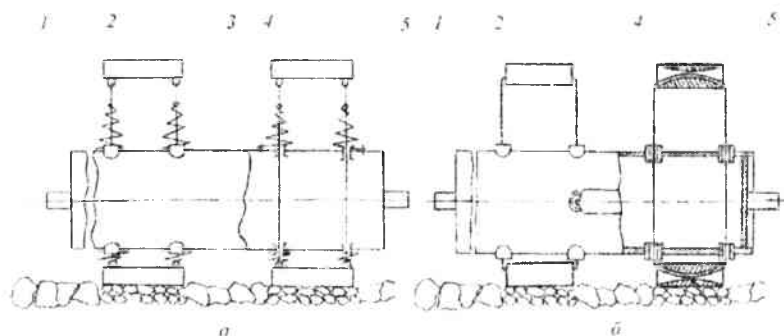


Рис.4.12. Ротационный рабочий орган с цилиндрическими рабочими элементами на парных (а) и кольцеобразных (б) гибких держателях:
 1 – гибкий держатель; 2 – рабочие элементы; 3 – пружина;
 4 – барабан; 5 – направляющая втулка

Для устранения этого недостатка в последующем были разработаны комбинированные ротационные рабочие органы, производящие одновременно с разрушением почвенных комков, расположенных на поверхности почвы и разрыхлении ее на глубину до 10 см. В следующем подразделе приведены некоторые образцы из них.

4.3.1.4. Комбинированные ротационные рабочие органы

Разработанный в КХМЭИ комбинированный ротационный рабочий орган [184] состоит (рис.4.13) из вала 2 ротора с закрепленными на нем посредством дисков 1 ножами 3, на каждом из которых установлен дополнительный рабочий элемент 4. Каждый дополнительный рабочий элемент имеет форму поверхности, образованной сечением поверхности вращения части сегмента окружности относительно вертикальной оси, проходящей через режущую кромку ножа, плоскостью ножа и нормальной ей вертикальной плоскостью, проходящей через ось вращения сегмента.

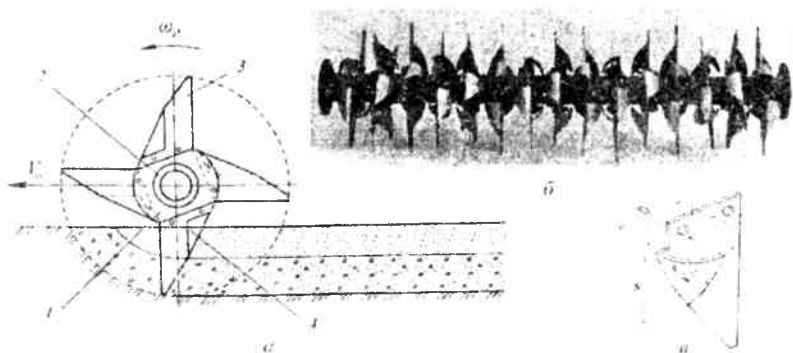


Рис. 4.13. Технологическая схема (а) и общий вид (б) комбинированного ротационного рабочего органа и аксонометрия (в) ножа: 1 – диск; 2 – вал ротора; 3 – нож; 4 – дополнительный рабочий элемент

При работе дополнительные рабочие элементы, ударяясь сферической поверхностью, разрушают комки, лежащие на поверхности и небольшой глубине, а ножи разрыхляет нижние слои почвы, не выворачивая их на поверхность.

В целях повышения эффективности работы рабочих элементов, разрушающих почвенных комков за счет увеличения их энергии удара предложена конструкция комбинированного ротационного рабочего органа [185], снабженного деформатором. Этот рабочий орган состоит (рис.4.14) из вала 4 с дисками 3 и закрепленных на них плоских ножей 2 с пазами 5 и установленными в пазах деформаторами 1.

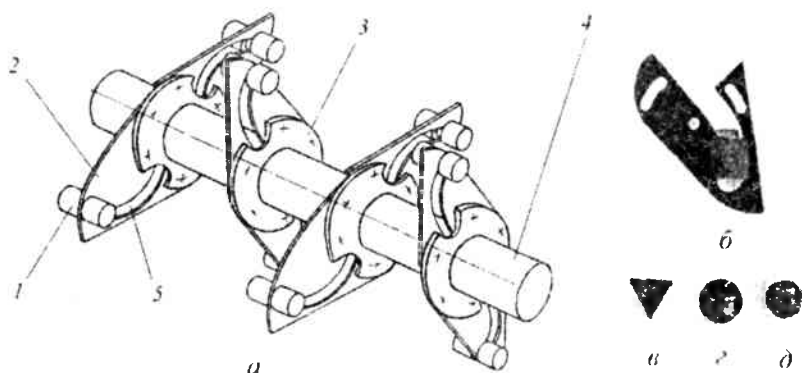


Рис.4.14. Комбинированный ротационный рабочий орган, снабженный кубическим (б), призма образным (в), цилиндрическим (г) и бочкообразным (д) деформатором: 1 – деформатор; 2 – плоский нож; 3 – диск; 4 – вал; 5 – паз

При вращении ротора деформаторы под действием центробежной силы перемещаются по пазам ножей к их периферии. Ножи внедряются в почву и рыхлят ее, а деформаторы ударяются о ее поверхности и разрушают почвенные комки. При контактировании деформатора с почвой на него действуют сила реакции почвы и сила трения, что вызывает свободное перемещение деформатора по пазу и его вращение, и тем самым предотвращается сгуживание почвы и уменьшается тяговое сопротивление рабочего органа.

Деформаторы может быть изготовлены различной формой [185, 186]. Как показывает результаты экспериментов среди формы деформаторов цилиндрической, бочкообразной, кубической, призматической и зубчатой по технологичности изготовления и по степени разрушения комков цилиндрический деформатор имеет лучшие показатели, чем остальные.

Несмотря на ряд преимуществ комбинированные ротационные рабочие органы, снабженные деформаторами, имеют двух серьезных недостатков: они имеют большую шумность и низкую надежность работы.

4.3.1.5. Универсальные ротационные рабочие органы

Посев сельскохозяйственных культур в республике производится на полях, подготовленных под посев сплошной обработкой или же гребневой обработкой почвы.

В настоящее время для этих двух технологий применяют почвообрабатывающие машины с различными по конструкции ротационными рабочими органами, что создает определенные трудности для сельскохозяйственных товаропроизводителей. С одной стороны возрастает разновидность машин, применяемых для подготовки почвы под посев сельскохозяйственной культуры, а с другой – на покупку техники отвлекаются дополнительные средства, столь необходимый для других первостепенно важных хозяйственных нужд, т.е. для приобретения минеральных удобрений, топлива, ядохимикатов и др.

Для устранения этих недостатков требуется универсальный рабочий орган, производящий при необходимости сплошную или же гребневую обработку почвы.

В КХМЭИ разработана [187] конструкция такого ротационного рабочего органа (рис.4.15). Новации, использованные в конструкции, позволяют его применению, как для сплошной, так и для гребневой обработки почвы (рис.4.16).

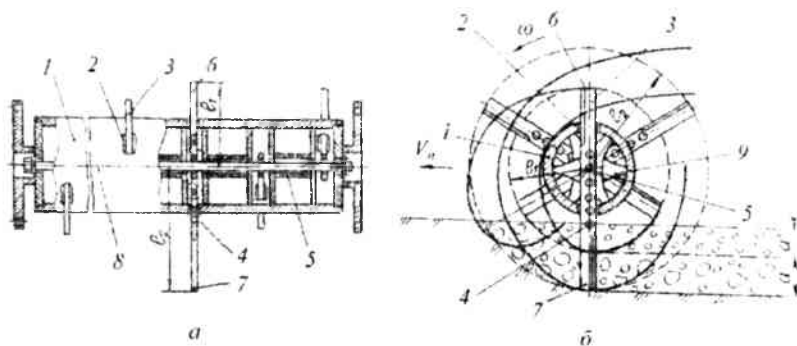


Рис.4.15. Универсальный ротационный рабочий орган: 1 – трубчатый вал; 2 – отверстия для установки ножей; 3 – ножи; 4 – регулировочные отверстия ножей; 5 – фиксирующий элемент; 6 и 7 – противоположные вершины ножей; 8 – ось вращения ротора; 9 – опорные кронштейны

Универсальный ротационный рабочий орган состоит из пустотелого трубчатого вала 1, на образующей поверхности которого сделаны отверстия 2 для установки ножей 3. На ножах имеются регулировочные отверстия 4 под фиксирующий элемент 5, который фиксирует вылет l_1 и l_2 противоположных 6, 7 вершин ножей от оси 8 вращения ротора. Вследствие чего верхний слой почвы глубиной " a " подвергается как бы двукратной обработке, т.е. происходит обработка ее обоими концами ножа, тогда как нижний слой глубиной " a " подвергается только однократной обработке.

Как видно нижний более влажный слой почвы подвергается менее интенсивной обработке, что способствует предотвращению чрезмерного выноса нижних влажных слоев на дневную поверхность поля, тем самым снижается потеря почвенной влаги.

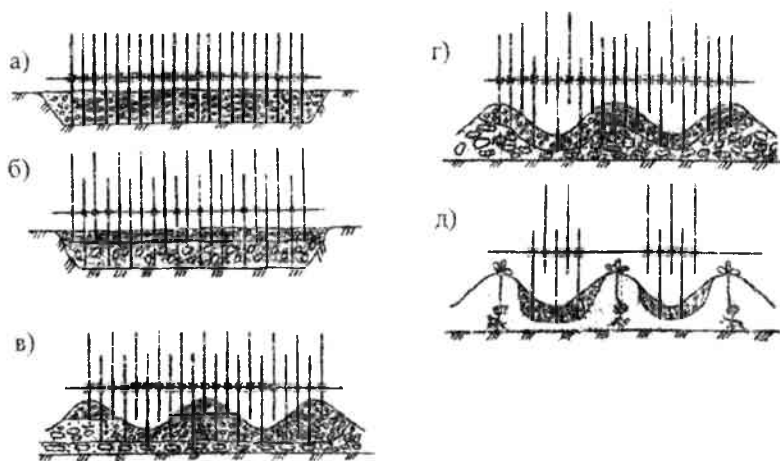


Рис.4.16. Способы применения универсального ротационного рабочего органа при различных схемах обработки почвы: а – сплошная поверхностная; б – сплошная послойная; в – гребневая до посева и посадки; г – дождевая гребневая; д – междурядная

Новации, использованные в конструкции, позволяют применения нового ротационного рабочего органа, как для обычной, так и для послойной обработки почвы [188]. Путем

перестановки ножей его также можно использовать на сплошной, гребневой, допосадочной, довсходовой и междурядной обработке почвы. Тогда как известные ротационные рабочие органы производят только один из этих способов обработки почвы.

Таким образом, отличительной особенностью нового ротационного рабочего органа является то, что каждый нож на барабане свободно перемещается в радиальном направлении и фиксируется фиксатором в нужном, для данного вида обработки почвы, положении.

При обработке рабочим органом гребневых посевов определенные участки верхнего слоя почвы, в зависимости от его профиля, подвергается как бы двукратной обработке, т.е. происходит ее обработка обоими концами ножей, тогда как другие участки подвергается только однократной обработке.

У универсального ротационного рабочего органа схема размещения ножей на барабане является одним из важных параметров, определяющих агротехнические показатели его работы.

При правильном подборе схемы размещения ножей на барабане нагрузки, воспринимаемые опорными подшипниками ротора, будут примерно равномерными.

Взаимное расположение ножей оказывает существенное влияние на величину крутящего момента на валу ротора [189].

От взаимного расположения ножей на барабане зависит амплитуда колебаний крутящего момента на валу и устойчивость хода орудия, так как при входе ножа в почву необходимое усилие резания вначале резко возрастает, а с момента образования в почве первых трещин оно уменьшается.

Для получения наименьших колебаний крутящего момента, следует ножи расположить равномерно по всей окружности барабана так, чтобы пики крутящих моментов по возможности меньше отличались друг от друга за время одного оборота ротора. Это достигается тогда, когда угол между смежными ножами будет постоянен и равен

$$\alpha_n = \frac{2\pi}{Z_n n}, \quad (4.9)$$

где Z_n — число ножей, расположенных в одной плоскости вращения,

n — число плоскостей вращения, в которых установлены ножи.

Следует также отметить, когда ножи входят в почву по закону винта, тогда крутящий момент на валу ротора будет примерно постоянным. При этом число заходов винтовых линий должно быть равно числу ножей, расположенных в одной плоскости вращения. Обычно ножи располагают с большим угловым смещением, чтобы начало первой винтовой линии совпадало на противоположенной части барабана с концом второй винтовой линии. Тогда ножи врезаются в почву поочередно и величина момента, тем самым, может быть уменьшена.

Угол смещения ножа расположенной на какой-либо " j "-ой плоскости барабана сместится относительно первой плоскости на угол

$$\alpha_j = \alpha_n (j - 1). \quad (4.10)$$

В связи с тем, что ножи на одной плоскости расположены под углами равными

$$\alpha_n' = \frac{2\pi}{Z_n}, \quad (4.11)$$

то относительно первой плоскости смещения ножа, принадлежащего следующей винтовой линии, равно

$$\alpha_n = \alpha_n' (j - 1) = \frac{2\pi}{Z_n}, \quad (4.12)$$

где α_n' — угол между смежными ножами, расположенными в одной плоскости вращения, градус,

α_n — угол смещения ножа, принадлежащего следующей винтовой линии относительно ножа первой винтовой линии, градус.

Наиболее равномерное значение крутящего момента достигается в том случае, когда число заходов винтовых линий будет равно числу ножей, закрепленных в одной плоскости вращения.

Техническое решение, принятое в конструкции предлагаемого ротора позволяет установить в одной плоскости вращения только два ножа. Следовательно, расположение ножей на барабане ротора при их винтовом размещении должно быть двухзаходным. Тогда согласно уравнению (4.12) с учетом $Z_n = 2$, $\alpha_n = 180^\circ$ после некоторого преобразования получим

$$\alpha_n = \frac{2\pi}{j-1}. \quad (4.13)$$

Анализ уравнения (4.13) показывает, что для данной конструкции ротационного рабочего органа угол между смежными ножами зависит в основном от числа плоскостей вращения, в котором установлены ножи.

Для ротора, имеющего ширину захвата равной B_p , число плоскостей вращения определяется из условия обеспечения качественной деформации верхнего слоя почвы следующей зависимостью

$$j = \frac{B_p}{l_o}, \quad (4.14)$$

где B_p – ширина захвата ротора, м,
 l_o – расстояние между смежными плоскостями вращения ножей, обеспечивающий полную деформацию поверхностного слоя почвы, м.

Для полной деформации поверхностного слоя обрабатываемого участка, линии, проведенные касательно к направлению скалывания почвы смежными ножами, не должны пересекаться на дневной поверхности, а должны пересекаться внутри обрабатываемого слоя почвы (рис.4.17), в противном случае между смежными ножами остаются необработанные участки. Это условия достигается при

$$L_o \leq 2 a \operatorname{tg} \theta_0, \quad (4.15)$$

где a — глубина обработки почвы, м,
 θ_0 — угол бокового скалывания почвы ножом ротора, градус.

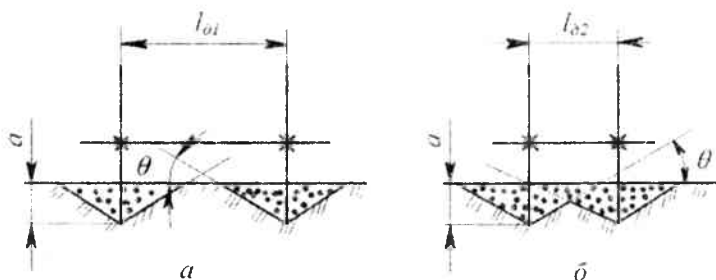


Рис.4.17. Схема к определению расстояния между смежными плоскостями вращения ножей

Тогда число плоскостей вращения удовлетворяющий вышеуказанное условие будет

$$J \geq \frac{B_r}{2a \operatorname{tg} \theta_0}. \quad (4.16)$$

При расчетах полученное значение число плоскостей вращения округляют до целого числа в сторону возрастания.

С учетом уравнения (4.16) уравнению (4.13) можно представить в виде

$$\alpha_n = \frac{2\pi}{\frac{B_r}{2a \operatorname{tg} \theta_0} - 1}, \quad (4.17)$$

К конкретным почвенно-климатическим условиям для универсального ротационного рабочего органа имеющего любую ширину захвата согласно уравнению (4.16) можно определить значение числа плоскостей вращения, следовательно, число ножей, а по уравнению (4.17) значение угла между смежными ножами обеспечивающие качественную обработку поверхностного слоя почвы.

Таким образом, универсальным ротационным рабочим органом, варьируя вылетом вершин его ножей, можно добиться

как обычную или послойную, так и сплошную или гребневую обработку почвы.

Вышеуказанное преимущество универсального ротационного рабочего органа позволяет путем перестановки одних и тех ножей на барабане использовать его на сплошной, допосадочной, довсходовой и междурядной обработке почвы, следовательно, создает предпосылки к универсализации применения одного и того же ротационного рабочего органа. Тогда как известные ротационные рабочие органы производят только один из этих способов обработки почвы.

4.3.2. Направления совершенствования конструкции ротационных рабочих органов с вертикальной осью вращения

Основным орудием для предпосевного рыхления почвы в зоне хлопководстве является чизели-культиваторы, снабженные пассивными рабочими органами, которые обеспечивают сравнительно удовлетворительное качество рыхления только при влажности почвы 16-18%, т.е. при ее спелом состоянии. При обработке почвы с меньшей влажностью, что часто имеет место в природно-климатических условиях зоны хлопководства, требуемое качество обработки почвы не обеспечиваются, часто образуются на поверхностном слое крупные комки и глыбы, которые способствуют интенсивному испарению почвенной влаги. Для разделки таких крупных комков и глыб в последние годы, как уже было сказано, в зоне хлопководства стали применять ротационных борон Zirkon-7/250 [75]. Они снабжены ротором с вертикальной осью вращения имеющих прямых зубовидных ножей (рис.4.18).

Однако опыт применения ротационных борон Zirkon-7/250 показал недостаточную эффективность работы их зубовидных ножей, анализ работы которых показал для повышения эффективности работы необходимости установки в зоне работы ножей дополнительных рабочих элементов или же замены их другими формами. Следовательно, совершенствования зубовидных ножей должны быть проведены в этом направлении с учетом опыта работы мировой практики.

Перспективным направлением является снабжение ротационных борон ротационными рабочими органами дополнительно ступенчато расположенными ножами или лезвиями. Одним из таких ножей является нож со ступенчато расположенными лезвиями (рис.4.19) [190].



**Рис.4.18. Ротор
ротационной бороны
Zirkon-7/250:**

- 1 – зубовидный нож;
2 – вал;
3 – подшипники;
4 – шестерня;
5 – крышка;
6 – корыто; 7 – диск

Этот нож отличается тем, что в нем ступенчато расположенные лезвия 2 и 3 направлены в одну сторону вращения. Это позволяет уменьшить количество ножей в секциях ротора и снизить затраты энергии на обработку почвы.

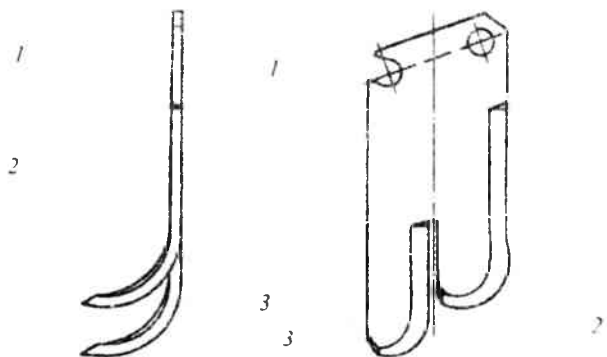


Рис.4.19. Нож со ступенчато расположенными лезвиями:

- 1 – стойка ножа, 2 и 3 – ступенчато расположенные лезвия

В другом техническом решении для снижения энергоемкости нож имеет дополнительную режущую кромку (рис.4.20), которая расположена под углом к основной и направлена в сторону оси вращения вала ротора [191].

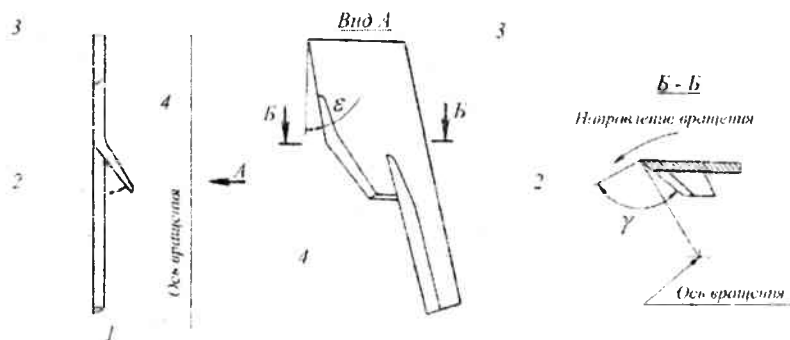


Рис.4.20. Нож с дополнительной режущей кромкой:

1 – ось вращения вала ротора; 2 – кромка основного ножа; 3 – стойка ножа; 4 – боковой режущий нож

При поступательном движении вращающиеся вокруг оси 1 ротора нож 2 производит рыхление почвы. Благодаря наличию бокового ножа 4, отогнутой в сторону оси вращения 1, верхний слой почвы измельчается более интенсивно по сравнению с нижним слоем и с меньшей энергоемкостью.

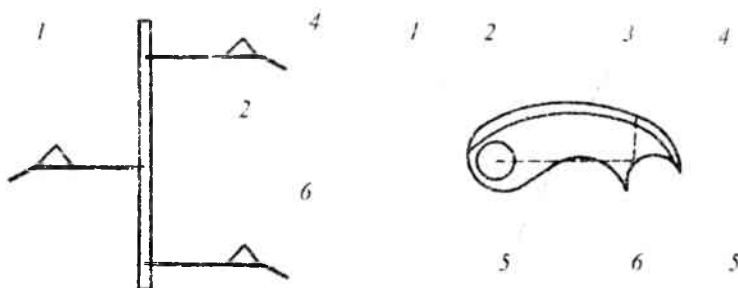


Рис.4.21. Нож с боковыми и задними крыльями:

1 – вал ротора; 2 – нож; 3 – кромка ножа; 4, 6 – боковые и задние крылья; 5 – кромки боковых и задних крыльев

Для повышения качество рыхления почвы в техническом решении [192] (рис.4.21) каждый нож 2 имеет отогнутой от его плоскости под острыми углами боковые 4 и задние 6 крылья, причем боковое крыло отогнуто вниз, а заднее крыло – вверх.

В процессе работы ротора нож 2 совершает одновременно поступательное и вращательное движения. Боковые 4 крылья подрезают в почве горизонтальные щели, оттесняя частицы почвы вверх, а отстающие по фазе движения задние крылья 6 скалывают оставшиеся между щелями промежутки почвы и, разрушая их, приподнимают вверх.

Таким образом, совершенствование конструкции ротационных рабочих органов с вертикальной осью вращения происходит в направлении снижении энергозатрат и повышении качество крошения почвы.

ГЛАВА 5. ВЫРАВНИВАЮЩИЕ И УПЛОТНЯЮЩИЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

5.1. Общие сведения

Проведенные обзорные исследования показывают, что конструкции выравнивающих-уплотняющих рабочих органов весьма разнообразны. Но, несмотря на это по конструктивно-технологическим признакам их можно систематизировать и разделить на рабочие органы волокуш, выравнивателей-разравнивателей, малы и катков [91].

По мере роста потребности к почвообрабатывающим машинам и предъявляемые товаропроизводителями к ним требования конструкции выравнивающих-уплотняющих рабочих органов постоянно совершенствуются. Совершенствования конструкции выравнивающих-уплотняющих рабочих органов проводятся как по однооперационным машинам, так и по комбинированным машинам.

5.2. Выравнивающие-уплотняющие рабочие органы традиционных почвообрабатывающих машин

Проведенный обзор конструкций планировщиков-выравнивателей, выравнивателей-рыхлителей, волокуш и малы показал, что среди множеств форм и типов их рабочих органов в конструкцию традиционных машин для предпосевной обработки почвы хорошо вписываются выравнивающие рабочие органы, мала и катки [193]. Среди них наибольшее распространение получили выравнивающие ножи, установленные на раме почвообрабатывающих машин по различной схеме, а также катки различной конструкции.

Конструкций выравнивающих рабочих органов вот уже несколько десятилетий не претерпели существенного изменения. Тогда как схема установки их на раме почвообрабатывающих машин изменялись от простой поперечной установки до наклонной, ромбовидной, ёлочной и шахматной установки [79-86]. При этом в подавляющем большинстве случаев рабочие

органы были изготовлены из уголкового профиля и они назывались по разному, например: рабочими органами уголкового профиля (П-4, ВПН-5,6), ножами-выравнивателями (ПР-5В, ВП-8), ножами-угольниками (ПВ-7,3) и т.д.

До недавнего времени основным орудием, применяемым для уплотнения почвы был мала-выравниватель, а в последние годы для этой цели начали использовать, но редко, еще и катков.

Рабочий орган мала-выравнивателя представляет собой брусев деревянный (ЦСМАХ), деревянных брусев подшитых снизу металлическими плитами (МПТ-5), металлической призмы трапецидального сечения (ПМ) или же металлических короб с одинарным (МВ-6) или удвоенным (МВ-6,5) днищем.

Катки в зависимости от разновидности выравнивает, разрыхляет и уплотняет поверхностной слой почвы, но подавляющие большинство из них в основном являются уплотняющими рабочими органами. Они по виду подразделяются на прутковые, спиральные, гладкие, кольчатые, борончатые и др. [91].

5.3. Выравнивающие-уплотняющие рабочие органы комбинированных машин

На основе проведенного системного анализа установлено, что среди множеств конструкций и типов выравнивающих-уплотняющих рабочих органов в конструкцию комбинированных машин для предпосевной обработки почвы хорошо вписываются ножи-выравниватели, фартуки-выравниватели и катки.

Ножи-выравниватели используются в подавляющем большинстве случаев в конструкциях комбинированных машин, снабженных пассивными рабочими органами и редко — в конструкциях комбинированных машин, снабженных активными или совмещенных пассивными с активными рабочими органами.

Фартуки-выравниватели используют как в отдельности в виде выравнивателей или же в единой конструкции с кожухами ротора в виде фартуков-выравнивателей. Кожухи, используемые совместно с фартуками-выравнивателями бывают цельно-каркасными [52], составными [194], жалюзиобразными [195], рефлекторными [196] и снабженными с различными

дополнительными устройствами.

Для почвообрабатывающих машин, снабженных ротором принудительного привода, наиболее приемлемо использование фартука-выравнивателя – для отражения и выравнивания поверхности обработанного ротором почвы и гладкого цилиндрического катка – для уплотнения уже выровненного фартуком-выравнивателем поверхностного слоя почвы.

Для бесприводных почвообрабатывающих машин, где из-за недостаточной мелкокомковатости применение фартуков-выравнивателей приводит к сгуживанию почвы и, где одновременно с уплотнением семенного ложа требуется дополнительное разрыхление поверхности почвы на небольшую глубину, дает хорошие результаты применение борончатых катков [91]. Среди борончатых катков наибольшее распространение получили зубчато-планчатые катки.

5.4. Основные направления совершенствования конструкции кожухов ротора и фартуков-выравнивателей

При работе ротационной почвообрабатывающей машины нож ротора, деформируя отрезаемую почву, сбрасывает ее отдельные частицы под некоторым углом к горизонту с определенной скоростью.

Свободный полет отброшенных ножом ротора почвенных комков прерывается кожухом, установленным в непосредственной близости от ротора.

Конструктивное исполнение таких кожухов может быть различным, однако по сходству элементов конструкций и характеру взаимодействия с обрабатываемой почвой выделяют две принципиальные схемы: цельнокаркасную и составную.

Цельнокаркасные [52] кожухи имеют ряд существенных недостатков. В частности, нижний срез цельнокаркасных кожухов находятся на высоте 0,1 – 0,3 м от обрабатываемой поверхности поля и в образовавшуюся щель выбрасывается часть почвы из зоны действия ротора. В результате поверхность почвы, обработанной ротором, получается неровной. Поэтому эти кожухи применяются редко.

Цельнокаркасные кожухи отдельных ротационных

культиваторов, например, у ФБН-2,0 снабжены грабельной решеткой или же цепями, шарнирно подвешенными к нижнему срезу кожуха [113]. Однако из-за неполного отражения отброшенного ротором почвенного потока и недостаточной выровненности поверхности обработанного поля они не нашли широкого применения.

Для устранения недостатков цельнокаркасных кожухов вместо них стали применять составных кожухов [197] и стали их снабжать фартуками-выравнивателями различной конструкций. При этом совершенствования конструкции кожухов и фартуков-выравнивателей проводятся в направлении:

- исключении повторного воздействия ножей на отраженной от поверхности кожуха почву;
- устранении прилипания почвы к поверхности кожуха;
- устранении сгуживания почвы перед фартуком-выравнивателем;
- снижении тягового сопротивления.

В последующих подразделах рассмотрим некоторые из этих направлений в отдельности.

5.4.1. Совершенствование конструкции кожухов в направлении исключения повторного воздействия ножей ротора на отраженную от поверхности кожуха почву

В целях исключения повторного воздействия ножей на отраженную от поверхности кожуха почву были разработаны различные усовершенствованные формы кожухов, но, несмотря на это, направление совершенствования их конструкции можно сгруппировать по следующим признакам:

1. По совершенствованию формы профили поверхности кожуха [197].
2. По снабжению кожухов:
 - отражательно-направительными элементами [196];
 - сепарирующей решеткой [198];
 - устройствами предотвращающие прилипание почвы к поверхности кожухов [199];
 - клапанами-отражателями [200].

Первоначальные ротационные машины имели плоскую

форму поверхности кожуха с прямолинейным профилем. В последующем, для предотвращения повторного воздействия ножей на отраженную от поверхности кожуха почву, они снабжались вогнутой поверхностью с криволинейным профилем.

Для оценки эффективности той или иной формы профиля поверхности кожуха при предотвращении повторного воздействия на почву ножей ротора рассмотрим некоторые закономерности процесса взаимодействия почвенных комков, отброшенных под углом $\alpha_{об}$ к горизонту с кожухом ротора. При этом примем следующие допущения:

- совокупность отброшенных ножом ротора почвенных комков рассмотрим как почвенный поток;
- все явления, происходящие в процессе взаимодействия почвенного потока с кожухом, рассмотрим относительно центра масс потока;
- элементарную рабочую поверхность кожуха принимаем ровной плоскостью.

Далее вводим параметр μ_k , устанавливающий величину угла между касательной "т-т" к кожуху и направлением вектора скорости $V_{об}$ отбрасываемого ножом ротора потока почвы (рис.5.1) и определяем его через плоский угол π и угол установки рабочей поверхности кожуха относительно горизонта α_n по выражению

$$\mu_k = \pi - (\alpha_{об} + \alpha_n). \quad (5.1)$$

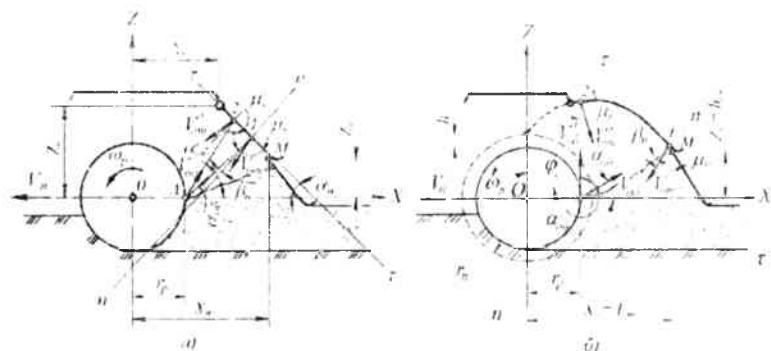


Рис.5.1. Схема отражения потока почвы кожухом, имеющим прямолинейную (а) и криволинейную (б) профиль поверхности

Рассматривая сечение элементарной рабочей поверхности кожуха в продольно-вертикальной плоскости как элементарную прямолинейную площадку, с внутренней поверхности которой происходит удар потока почвы, можно выделить три характерных положения его в пространстве, которые происходят при условиях:

$$\mu_k < 90^\circ, \quad (5.2)$$

$$\mu_k > 90^\circ, \quad (5.3)$$

$$\mu_k = 90^\circ. \quad (5.4)$$

В случае (рис. 5.1, а), когда $\mu_k < 90^\circ$, будет иметь место косою (нецентральный) удар, при котором отраженные под углом $\alpha_{om} = 90^\circ - \beta_n$ (где β_n — угол удара, градус) от рабочей поверхности кожуха частицы почвы под воздействием скорости отражения V_{om} и земного притяжения попадут в зону действия ротора повторно и вторично подвергнутся воздействию ножей.

В случае (рис. 5.1, б), когда $\mu_k > 90^\circ$, также будет иметь место косою удар. При этом центр масс отброшенного почвенного потока ударяется о рабочую поверхность кожуха под углом $\beta_n \neq 0$ и, отражаясь от нее под углом α_{om} , падают на заднюю относительно направления движения часть замкнутого пространства, т.е. вне зоны действия ротора.

При условии, когда $\mu_k = 90^\circ$, произойдет прямой (центральный) удар, после которого центр масс почвенного потока будет двигаться навстречу центру масс отброшенного ножом ротора почвенного потока. В результате некоторая часть почвы, отраженная от кожуха, будет отбрасываться опять к ротору и подвергнется повторному воздействию ножей.

Из рассмотренных случаев, когда $\mu_k > 90^\circ$, является наиболее предпочтительным для эффективного предотвращения повторного воздействия ножей ротора на отраженную от кожуха потока почву.

Выполнению условия (5.3) можно добиться путем подбора взаимного расположения шарниров кожуха и фартука-выравнивателя.

Из рис. 5.1 следует

$$\alpha_n = \arctg \frac{Z_n - Z_\phi}{X_\phi - X_n} \quad (5.5)$$

следовательно, с учетом (5.2), (5.3) и (5.5) получим

$$\mu_n > \pi - \left(\alpha_{об} + \arctg \frac{Z_n - Z_\phi}{X_\phi - X_n} \right), \quad (5.6)$$

где Z_n , X_n и Z_ϕ , X_ϕ – координаты шарнира крепления соответственно кожуха и фартука-выравнивателя относительно оси вращения ротора, м.

Выражение (5.6) показывает, что при неизменной конструкции кожуха и фартука-выравнивателя значение угла μ_n в основном зависит от угла отброса почвы. Данное выражение справедливо лишь при изменении угла отброса почвы от 0° до значения принятого за основу расчета (например, по данным Г.Н. Синеокова и И.М. Панова [36] угол отброса почвы для не разрыхленных почв составляют до 30° , которого можно принять за основу расчета).

Анализ взаимодействий отброшенных ротором почвы с кожухом, имеющим плоскую поверхность, показывает, что изменение угла отброса $\alpha_{об}$ в сторону возрастания (например, от значения $\alpha_{об}$ до $\alpha_{об}^*$) приводит изменению характера взаимодействия отброшенного ротором почвы с поверхностью кожуха. Увеличение угла отброса неизбежно приводит к уменьшению угла μ_n и когда его значение будет равно или меньше чем 90° происходит нарушения условия (5.3), следовательно, повторное воздействия ножей ротора на отраженную от кожуха почву, а это нежелательно. Поэтому для предотвращения повторного воздействия ротора на почву профиль поперечного сечения кожуха вместо прямой линии должен быть криволинейным с определенным законом изменения ее кривизны, для любой точки которой должно быть сохранено условие (5.3).

Среди известных видов кривизны к условиям поставленной задачи более близки: эвольвента, гиперболическая,

логарифмическая и Архимедова спирали, клотоида, а менее – улитка Паскаля, строфоида, кардиоида и внутренняя ветвь конхоиды Никомеда. Причем среди них, как показали исследования, только у эвольвенты [201] центр кривизны лежит на окружности его построения, а вектор радиуса кривизны в любой точке перпендикулярен к касательной, проведенной через эту точку. Эти свойства эвольвенты представляют наибольший интерес с точки зрения построения рабочей поверхности кожуха с учетом условия (5.3).

Уравнение эвольвенты [201] в параметрической форме имеет вид

$$\begin{cases} X = r_n \cos \varphi_2 + r_n \varphi_2 \sin \varphi_2, \\ Z = r_n \sin \varphi_2 - r_n \varphi_2 \cos \varphi_2, \end{cases} \quad (5.7)$$

где r_n – радиус построения эвольвенты, м;

φ_2 – угол развертывания окружности построения, градус.

Учитывая, что согласно расчетной схеме координаты нижней кромки кожуха соответствуют координатам его грани опирающиеся к фартуку-выравнивателю, т.е.

$$Z_n = h_{кн} \quad (5.8)$$

$$X_n = l_{кн} \quad (5.9)$$

после несложного преобразования уравнению (5.7) запишем в следующей форме

$$r_n = l_{кн} \cos \varphi_2 + h_{кн} \sin \varphi_2, \quad (5.10)$$

где $l_{кн}$ – расстояние между осью вращения ротора и нижней кромкой кожуха, опирающейся к фартуку-выравнивателю, м;

$h_{кн}$ – высота расположения опирающаяся к фартуку-выравнивателю нижней кромки кожуха относительно оси вращения ротора, м.

Анализ уравнения (5.10) показывает, что для любого ротора с увеличением значения как $l_{кн}$ так и $h_{кн}$ радиус окружности

построения кривизны профиля, следовательно, габаритные размеры кожуха, возрастают. Поэтому их значения принимают желательно наименьшей, но без ущерба на технологический процесс ротационной обработки почвы. Обычно для исключения повторного воздействия ножей ротора на обработанную почву высоту расположения нижней кромки кожуха $h_{кн}$ и расстоянию на горизонтальной плоскости между осью вращения ротора и нижней кромкой кожухом $l_{кн}$ находят из размеров почвенной призмы волочения, образующейся перед фартуком-выравнивателем и находящейся вне зоны воздействия ножей ротора в равновесном положении.

Таким образом, сравнительно эффективное предотвращение повторного воздействия ножей на отраженную от поверхности кожуха почву достигается при использовании кожухов имеющих вогнутую поверхность с криволинейным профилем.

Однако практика применения таких кожухов показала ряд их недостатков, главные из них – большие габаритные размеры, вследствие чего, громоздкость конструкции кожуха.

Для устранения этих недостатков в последние годы в конструкции кожухов стали снабжать специальными отражательно-направительными элементами, и эти кожухи получили название рефлекторным (рис. 5.2).

В рефлекторных кожухах между неподвижной частью и ротором установлены отражательно-направительные элементы, которые выполнены жесткими [196] или упругими [198]. Принцип работы, которых несколько отличаются друг от друга.

Например, у первых видов (см. рис. 5.2, а) кожухов 2 некоторая часть отброшенных ножами ротора 1 почвенных комков на своем пути ударяются об отражательно-направительные элементы 3, другая часть о внутреннюю поверхность кожуха. Из-за направленного расположения их вогнутой поверхности (с возможностью перекрытия друг друга по касательной τ - τ к ротору) отраженные от них почвенные частицы изменяют траекторию полета и падают на заднюю относительно направления движения часть ротора. Этим предотвращается повторное воздействие ножей ротора на уже обработанную почву.

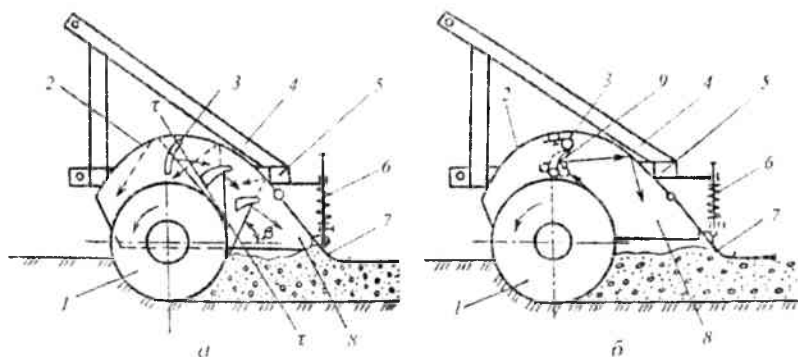


Рис.5.2. Кожухи и фартуки-выравниватели с жесткими (а) и упругими (б) рефлекторами: 1 – ротор; 2 – кожух; 3 – ось; 4 – навесное устройство; 5 – рама; 6 – пружинно-поводковый нагрузчик; 7 – фартук-выравниватель; 8 – боковина; 9 – рефлектор

В отличие от первых, во втором виде (см. рис.5.2, б) кожухов отражательно-направительные элементы выполнены упругим в виде рефлектора 9, и они перекрывает расстояния между ротором и кожухом. Во время работы почвенные частицы отброшенные ножами ротора 1, а также отраженные от поверхности кожуха 2 ударяются об эти упругие элементы. В результате удара часть кинетической энергии почвенных частиц гасится, а другая часть, сжимая упругих элементов, перемещается вместе с ним. В процессе сжатия упругие элементы, скручиваясь вокруг оси 3, накапливает потенциальную энергию освобождение, которой в дальнейшем расходуется на отбрасывание частиц почвы в обратную сторону и эти частицы, в дальнейшем ударяясь об поверхность кожуха, падают в заднюю относительно направления движения часть ротора.

Другим направлением совершенствования конструкции кожухов является снабжение их клапанами-отражателями (рис.5.3).

Во время работы почвообрабатывающей машины, снабженной таким кожухом [200], часть почвы ударяется о выравниватель 9, разрушается, падает вниз и выравнивается самым выравнивателем, а часть почвы ударяется о пластины 3 отражателя. При этом комки почвы, одновременно изгибая и

поворачивая пластину относительно бруса 1 и частично разрушаясь, изменяет свою траекторию полета. В дальнейшем разрушенные частицы этих комков, ударяясь о неподвижную часть кожуха 4, падают вниз и попадают к тыльным сторонам пластины и выравнивателя и по ним скатываются вниз, в сторону отгребавшей планки 8, которая выравнивает их, перемещая по обработанной поверхности.

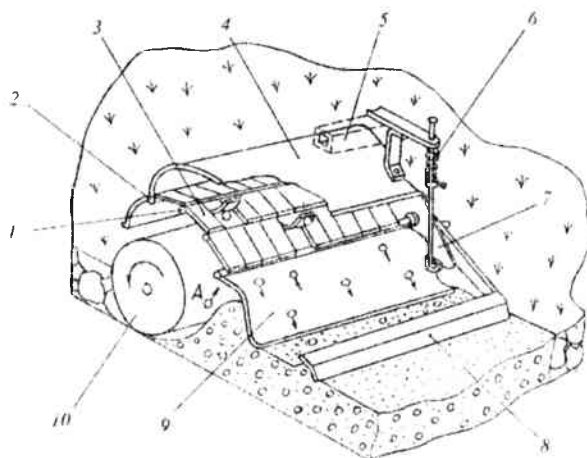


Рис.5.3. Кожух, снабженный клапанами-отражателями:

1 – брус; 2 – шарнир крепления рамки брусьев к кожуху; 3 – клапаны-отражатели; 4 – неподвижная часть кожуха; 5 – рама; 6 – пружинно-поводковый нагрузчитель; 7 – боковина; 8 – отгребавшая планка; 9 – фартук-выравниватель; 10 – ротор

Таким образом, отражатель, выполненный в виде пластин, перегораживает путь отраженной неподвижной частью кожуха почве и, тем самым, предотвращает ее повторное взаимодействие с ножами ротора.

5.4.2. Совершенствование конструкции кожухов и фартуков-выравнивателей в направлении устранения сгуживания почвы и снижения тягового сопротивления

Особый интерес представляют процесс образования сгуживания почвы перед фартуком-выравнивателем и

связанным с этим явлением избыточный расход энергии при ротационной обработке почвы.

В последние годы, ведущие зарубежные фирмы стали уделять больше внимания на снижение энергозатрат на ротационную обработку почвы, на предотвращение сгуживания почвы перед выравнивателями. Разработаны и выпускаются ряд новые энергосберегающие ротационные машины-орудия. Такие же работы на уровне НИР и ОКР ведутся и у нас в республике. Ниже рассмотрим некоторые конструкции ротационных машин предотвращающих сгуживанию почвы перед фартуком-выравнивателем и тем самым снижающим энергозатраты на ротационную обработку почвы.

Так, например, ротационная машина (рис.5.4), разработанная в КХМЭИ содержит ротор 1, защитный кожух 2 и шарнирно соединенный к нему фартук-выравниватель [194].

Боковины 10 жестко закреплены к раме 2 машины и к ним шарнирно соединены планки 4 и 11 фартука-выравнивателя. Планки установлены наклонно с перекрытием по горизонтали одна относительно другой, каждая последующая ниже предшествующей. Предшествующая планка расположена на верхней кромке последующей планки.

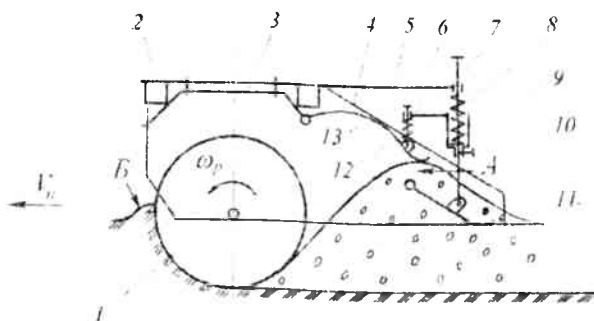


Рис.5.4. Ротационная машина, снабженная кожухом и фартуком-выравнивателем кляпанного типа: 1 – ротор; 2 – рама; 3 – кожух; 4 и 11 – верхняя и нижняя планки; 5 – штанга; 6 – кронштейн; 7, 13 – поводок; 8, 12 – пружина; 9 – стакан; 10 – боковина

Планки связаны между собой посредством пружинно-

поводковой системы 6, 7, 8, 9, 12 и 13, которая обеспечивает образование зазора между этими планками при подпоре почвой в процессе перемещения машины.

Во время работы ротор 1 отрезает, деформирует и отбрасывает, почву к кожуху 2 и планкам 4, 11 фартука-выравнивателя. Расположение планок 4, 11 с перекрытием друг друга не позволяет частицам почвы вылетать за габариты фартука-выравнивателя и они, ударяясь об эти планки, разрушаются, падают вниз, где выравнивается и уплотняется планкой 11, находящейся под давлением пружины 8.

При сгуживании почвы перед планкой 11 или же при обработке неровностей, например бугров Б, объем почвы, обрабатываемый ротором 1 и поступающей на фартук-выравниватель увеличивается, следовательно, возрастает сила подпора почвы на фартук-выравниватель, в данном случае на планки 4 и 11. Под действием этой силы планка 11, сжимая пружину 8, перемещает поводок 7 в вертикальном направлении. Одновременно с поводком 7 перемещается и стакан 9, который посредством кронштейна 6 и поводка 13 приподнимает планку 4 в результате между планками 4 и 11 образуется зазор А, через который пересыпается излишняя часть почвы. Как только машина преодолевает неровности, объем обрабатываемой ротором 1 почвы уменьшается, следовательно, уменьшается сила подпора почвы на планку 11 и она под действием силы сжатия пружины 8 возвращается в исходную позицию. Вместе с ней, под действием пружинно-поводковой системы 9, 6, 13 и 12 возвращается в исходную позицию и планка 4.

В данной конструкции машины совместная работа кожуха и планок фартука-выравнивателя в режиме клапана предотвращает сгуживанию почвы и, тем самым, снижает энергоемкость обработки почвы.

В другом техническом решении [195] предложена конструкция почвообрабатывающей машины, снабженной жалюзиобразным фартуком-выравнивателем (рис. 5.5) также предотвращающим сгуживанию почвы.

Данная почвообрабатывающая машина содержит ротор 6, защитный кожух 7 и шарнирно соединенный с ней фартук-выравниватель. Кожух 7 закреплен на раме 1.

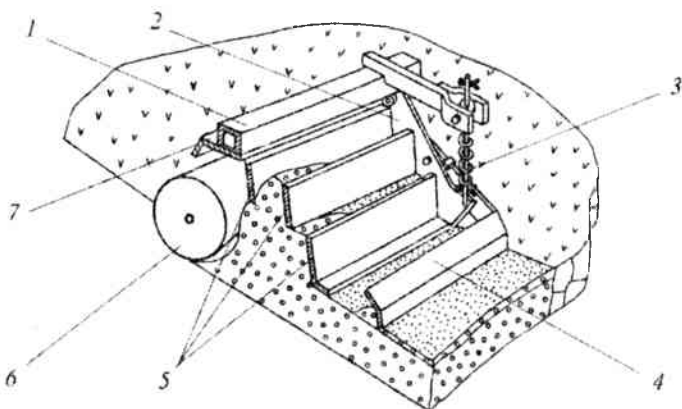


Рис.5.5. Почвообрабатывающая машина с жалюзиобразным кожухом:
1 – рама; 2 – боковина; 3 – пружинно-поводковое устройство; 4 – отгребающая планка; 5 – фартук-выравниватель; 6 – ротор; 7 – кожух

Фартук-выравниватель выполнен в виде прикрепленных к боковинам 2 отдельных планок 5, установленных последовательно и с наклоном в направлении перемещения орудия. Между планками 5 имеются щели, и фартук-выравниватель в совокупности представляет собой форму жалюзи. При этом верхняя кромка каждой последующей планки фартука-выравнивателя расположена выше касательной к образующей поверхности ротора в его нижней части, проведенной через нижнюю кромку предыдущей планки.

Боковины 2 фартука-выравнивателя подпружинены 3 относительно рамы 1 орудия. К боковинам шарнирно присоединена отгребающая планка 4 с козырьком. Между последней планкой фартука-выравнивателя и отгребающей планкой имеется щель.

Во время работы часть почвы отбрасывается ножами ротора к планкам, разрушается, падает вниз и избегает повторного взаимодействия с ножами ротора. Другая часть почвы последовательно выравнивается и уплотняется планками. Излишки почвы пересыпаются через верхние кромки планок в щели и окончательно выравниваются отгребающей планкой 4 с козырьком. Этому способствует также давление на фартук-выравниватель со стороны пружины 3.

Благодаря жалюзиобразной конструкции примененной в этом орудии фартука-выравнивателя предотвращается сгруживание почвы и, тем самым, снижается энергоемкость процесса ротационной обработки почвы.

5.5. Совершенствования конструкции катков

5.5.1. Основные направления совершенствования конструкции катков

Имея различную конструкцию, прикатывающий каток играет важную роль в работе почвообрабатывающих машин предпосевного назначения: он измельчает, прикатывает и несет «на себе» часть тяжести машины.

Важно, чтобы такой каток хорошо работал на различных типах почвы, имеющие различные влажности в сочетании с различными почвообрабатывающими рабочими органами в составе как простых, так и комбинированных машин. Для этого они должны быть снабжены простым, компактным, надежным и эффективным нагрузочным устройством, позволяющим регулировать удельное давление на почву в широком диапазоне.

Общезвестно, что уплотняющая способность катка зависит в основном от диаметра, ширины и массы катка. В литературе достаточно много материалов по совершенствованию конструкции катков, в целях повышения уплотняющей способности катка в зависимости от этих параметров. Однако недостаточное внимание уделено совершенствованию способа соединения катка с рамой почвообрабатывающей машины [202] и совершенствованию конструкции нагрузочных механизмов катка [203].

Соединение катка с рамой почвообрабатывающей машины осуществляется тягой, шарнирно соединенной с рамой и снабженной нагрузочным устройством или же тягой, жестко фиксируемой в различных положениях относительно других рабочих органов почвообрабатывающей машины. Причем шарнирное соединение катка с почвообрабатывающей машиной осуществляется либо по радиальной схеме, либо по четырехзвенной схеме, а в качестве нагрузочного устройства может быть использован пружинно-поводковый механизм или же балласт. Благодаря таким соединениям обеспечивается передача части нагрузки от массы почвообрабатывающей машины на обрабатываемую поверхность и достигается увеличение

деформации почвы катком. Однако, из-за неравномерности рельефа поверхности поля, сила сжатия пружины, следовательно, и давление на почву у катков с пружинно-поводковым механизмом непостоянны.

В отличие от катков, снабженных пружинно-поводковым нагрузочным механизмом катки снабженные балластом, независимо от рельефа поля и положения орудия, обеспечивают постоянное давление на почву. Но вместе с тем, они отличаются большой массой, громоздки и неудобны в эксплуатации.

Кроме степени уплотнения почвы немаловажную роль в работе гладких цилиндрических катков играет и равномерность уплотнения почвы, выравненность поверхности поля, и отсутствие трещин на поверхности уплотненной почвы. Однако существующие гладкие цилиндрические катки при работе на почвах, имеющих влажности выше оптимальной, на ее уплотненной поверхности оставляют заметные трещины. Кроме того плотность почвы, уплотненной смежными секциями, имеющими независимую друг от друга пружинно-поводковую систему, не всегда получается равномерным.

Для открытых борончатых катков немаловажное значение имеет разрушение почвенных комков, попадающих вовремя работы во внутреннюю полость его барабана. Так, например, во время работы существующих зубчато-планчатых катков отдельные крупные комки попадают во внутреннюю полость барабана через щели, образующиеся между смежными зубчатыми планками. Они, вращаясь вместе с катком до полного разрушения и высыпания, увеличивает его тяговое сопротивление и из-за интенсивного истирания почвенных комков друг другом и с планками приводит к росту пылевидной фракции.

Для изыскания приемлемых путей устранения вышеуказанных недостатков кроме поиска новых форм и типов катков ведущими зарубежными институтами и компаниями, в том числе и у нас в республике проводятся работы по совершенствованию конструкции катков по следующим направлениям:

- совершенствование конструкции тяги катка;
- совершенствование конструкции пружинно-поводкового нагрузочного устройства катка;
- совершенствование конструкции балластного нагрузочного устройства катка;

- повышение уплотняющего воздействия катка на почву;
- повышение равномерности уплотнения почвы по ширине захвата катка;
- принудительное опорожнение внутренней полости барабана катка.

5.5.2. Совершенствование конструкции тяговой штанги катков

Исследования, проведенные в КХМЭИ, показали [204], что при соединении катка с рамой орудия посредством тяговой штанги уплотнение почвы происходит под действием вертикальной силы, приложенной к оси вращения катка, которая в значительной мере зависит от расположения тяговой штанги относительно горизонта.

Этими исследованиями установлено, что для обеспечения лучшего уплотнения почвы, при шарнирном соединении тяговая штанга соединяющая каток с рамой орудия, должна быть установлена горизонтально, или с наклоном вниз (рис. 5.6).

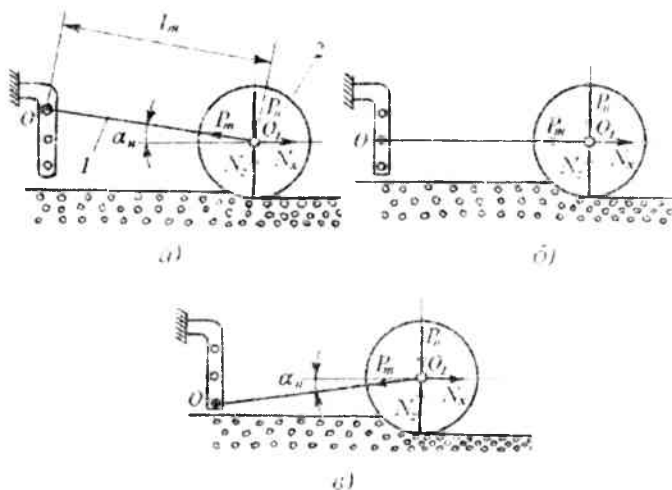


Рис. 5.6. Схемы расположения тяговой штанги относительно горизонта: 1 – тяговая штанга; 2 – каток

Это объясняется следующими соображениями.

Из разъяснительной схемы (рис. 5.6, а) видно, что при случае, когда тяговая штанга наклонена вверх, т.е. $\alpha_n > 0$ условия равновесия сил, действующих на каток, будут

$$P_m \cos \alpha_n - N_x = 0, \quad (5.11)$$

$$P_m \sin \alpha_n + N_z - P_n = 0, \quad (5.12)$$

$$P_n l_m \cos \alpha_n - N_z l_m \cos \alpha_n - N_x l_m \sin \alpha_n = 0, \quad (5.13)$$

где P_m — сила тяги, приложенная к катку, Н,
 N_x и N_z — горизонтальная и вертикальная составляющие силы реакции почвы на каток, Н,
 P_n — вертикальная сила, приложенная к оси вращения катка, т.е. нагрузка на каток, Н,

α_n — угол наклона тяговой штанги к горизонту, градус,

l_m — длина тяговой штанги, м.

Здесь сила N_x представляет собой сопротивление катка перекачиванию, а сила P_n складывается из силы тяжести $G_{кат}$ самого катка и силы сжатия $P_{нж}$ нагрузочного устройства катка (нажимная пружина, балласт и т.п.).

Если учесть, что $P_{ок} = N_z$, то уравнение (5.12) имеет форму

$$P_{ок} = P_n - P_m \sin \alpha_n, \quad (5.14)$$

где $P_{ок}$ — сила создающая давления катка на почву, Н.

Для случая, когда тяговая штанга расположена горизонтально (рис.5.6,б), т.е. $\alpha_n = 0^0$ будет

$$P_{ок} = P_n \quad (5.15)$$

Для случая, когда тяговая штанга наклонена вниз (рис.5.6, в), т.е. $\alpha_n < 0^0$

$$P_{ок} = P_n + P_m \sin \alpha_n. \quad (5.16)$$

Анализ уравнений (5.14), (5.15) и (5.16) показывает, что сила, создающая давления катка на почву, следовательно, его уплотняющая способность, в значительной степени зависит от угла наклона тяговой штанги к горизонту.

В первом случае, т.е. когда тяговая штанга наклонена вверх, вертикальная составляющая силы тяги $P_m \sin \alpha_n$ разгружает (поднимает) каток, и поэтому сила создающая давления катка на почву будет меньше вертикальной силы P_n , под действием которой происходит уплотнение почвы, в этом случае P_n для уплотнения почвы используется не полностью. Причем как видно из уравнения (5.12) с увеличением угла наклона вверх тяговой штанги сила, создающая давления катка на почву уменьшается, т.е. ухудшается его уплотняющая способность, и наоборот.

Во втором случае, т.е. при $\alpha_n = 0^0$, сила, создающая давления катка на почву не зависит от его тягового усилия и равна вертикальной силе, приложенной к оси катка. В этом случае сила P_n для уплотнения почвы используется полностью.

В последнем случае, т.е. когда тяговая штанга наклонена вниз, вертикальная составляющая силы тяги $P_m \sin \alpha_n$ способствует дополнительному уплотнению почвы. Здесь сила создающая давления катка на почву будет больше силы P_n . В этом случае вертикальная сила, необходимая для уплотнения почвы до требуемого предела, будет максимальной.

При соединении катка с рамой орудия по параллелограммной схеме сила создающая давления катка на почву зависит от угла наклона к горизонту продольных звеньев параллелограммного механизма. Наклон продольных звеньев вверх уменьшает силу, создающую давление катка на почву, а наклон вниз, наоборот, увеличивает.

Положение тяговой штанги оказывает влияние также на сопротивление катка перекатыванию. Из уравнений (5.11) и (5.12), принимая $N_x = \nu N_z$, получим:

$$N = \frac{\nu P_n}{1 \pm \operatorname{tg} \alpha_n}, \quad (5.17)$$

где ν – коэффициент перекатывания.

В формуле знак (+) берется при установке тяговой штанги с наклоном вверх, а знак (-) – при установке с наклоном вниз. Установка тяговой штанги с наклоном вверх уменьшает, а с наклоном вниз увеличивает сопротивление катка перекатыванию.

Анализ зависимости (5.17) показывает, что с уменьшением угла наклона тяговой штанги сила, создающая давления катка на почву и сопротивление его перекачиванию возрастает. Однако при этом сила, создающая давления катка на почву по сравнению с сопротивлением его перекачиванию возрастает более интенсивно.

Таким образом, для обеспечения лучшего уплотнения почвы, при шарнирном соединении тяговая штанга соединяющая каток с рамой орудия, должна быть установлена горизонтально, или с наклоном вниз.

5.5.3. Совершенствование конструкции устройств, создающих дополнительную нагрузку на каток

Как известно навесные машины более компактны. менее металлоемки и имеют хорошую маневренность. Однако применение нагрузочных устройств, например, в виде балласта для повышения уплотняющей способности катка, отрицательно влияет на вышеперечисленные показатели.

Из литературно-патентных источников также известно, что имеющиеся конструкции катков с жестко фиксированными тягами не обеспечивают регулировку удельного давления катка на почву без применения балласта.

Для устранения этих недостатков в КХМЭИ совместно с БМКБ «Агромаш» разработано почвообрабатывающее орудие снабженное новым типом конструкции тяги [205], которое обеспечивают регулировку удельного давления катка на почву без применения дополнительного балласта (рис. 5.7).

Почвообрабатывающее орудие состоит из рамы 2, навесного устройства 1 и боковины 3. К раме посредством стоек 9 и замков 8 закреплены рыхлительные лапы 10. К боковине посредством правой и левой тяги 6 присоединен каток 7.

Каждая из тяг выполнена в виде телескопически сочлененных звеньев 5, связанных винтовым механизмом 4. Такое исполнение конструкции тяги позволяет за счет удлинения или укорачивания регулировать длину тяги.

В этом орудии каток выполняет кроме своего основного назначения и функцию опорного колеса, благодаря чему уменьшается металлоемкость орудия.

[illegible]

1 – навесное устройство; 2 – рама; 3 – боковина; 4 – винтовой механизм;
5 – телескопические сочлененные звенья; 6 – тяга; 7 – каток; 8 – замок;
9 – стойка; 10 – рыхлительная лапа

$$G_o(l_{uy} + l_{um}) + R_1[(l_{uy} + X_1) \cos \alpha_n - Z_n \sin \alpha_n] - R_k^{(2)} h_k - P_{y0} B_{km}(l_{um} + l_{uy} + l_{kp} + l_m) = 0. \quad (5.18)$$

$l_{кр}$ – расстояние от центра тяжести орудия в плане до точки крепления тяговой штанги к раме орудия, м,

$l_{мц}$ — расстояние от оси нижних пальцев до мгновенного центра вращения всей навесной системы, м,

α_p — угол наклона направления силы R_k к вертикали, градус;

R_k — сила реакции почвы на каток, Н,

R_l — сила реакции почвы к лапе, Н,

X_a, Z_a — абсцисса и ордината точки приложения силы R_a , м,

α_a — угол наклона направления силы R_a к вертикали, градус,

$R_k^{(e)}, R_k^{(v)}$ — горизонтальная и вертикальная составляющие силы R_k , Н. Здесь $R_k^{(e)} = P_{yn} B_{км}$,

h_k — разница высот расположения пальцев нижней тяги и оси вращения катка, м,

P_{yn} — нагрузка катка на почву, приходящаяся на удельную ширину захвата, Н/м,

$B_{км}$ — ширина захвата катка, м.

На основе уравнения (2.8) определяем длину тяговой штанги катка, обеспечивающей требуемое удельное давление катка на почву

$$l_m = \frac{G_o(l_{мц} + l_{ум}) + R_a(l_{мц} + X_a) \cos \alpha_a - R_l Z_a \sin \alpha_a - R_k^{(v)} h_k}{P_{yn} B_{км}} - l_{ум} - l_{мц} - l_{кр}. \quad (5.19)$$

Из уравнения (5.19) видно, что при неизменной конструкции и массе катка, а также постоянстве силы реакции почвы к лапе, увеличения или уменьшения расстояния от точки следа центра тяжести орудия в плане до оси вращения катка приводит соответственно к увеличению или уменьшению плеча силы реакции почвы на каток.

Так как любое изменение длины тяги приводит к увеличению или уменьшению плеча сил, действующих на каток то, при неизменной конструкции орудия и заданной глубине обработки, изменение величины удельного давления катка на почву достигается путем изменения длины тяговой штанги катка. Длину тяги устанавливают в зависимости от требуемой нагрузки на каток. Требуемая нагрузка на каток устанавливается в зависимости от состояния обрабатываемого орудием участка почвы. При этом для предотвращения разрушения структуры

почвы значение этой нагрузки на удельную ширину захвата катка должно быть не более 2000...3000 Н/м.

Почвообрабатывающее орудие работает следующим образом.

При поступательном движении агрегата рыхлительные лапы разрыхляет почву на установленную глубину. Далее почва, подвергаясь воздействию катка, дополнительно разрыхляется и уплотняется. При этом необходимая нагрузка на каток устанавливается путем поворота винтового механизма регулировки длины тяговой штанги. Винтовой механизм, посредством связанной с ним телескопически сочлененных звеньев, удлиняет или укорачивает длину тяговой штанги.

При удлинении тяговой штанги часть массы орудия перемещается от катка на трактор, а при укорачивании тяговой штанги, наоборот, от трактора на каток. Это позволяет за счет увеличения или уменьшения нагрузки на каток регулировать удельное давление катка на почву, следовательно, степень разрыхления комьев и уплотненности почвы, тем самым достигается повышение качества обработки почвы при меньшей массе орудия.

Таким образом, предложенная конструкция тяги, обеспечивает регулировку удельного давления катка на почву без применения дополнительного нагрузочного устройства – балласта.

5.5.4. Совершенствование конструкции пружинно-поводкового устройства, создающего дополнительную нагрузку на каток

Основным показателем оценивающим уплотняющую способность, т.е. работу того или иного катка является величина деформации почвы.

Если скорость поступательного и вращательного (за счет трения о почву) движения катка принять постоянными, то величина деформации почвы h_d зависит от конструктивных параметров катка, а также от физико-механических свойств почвы и при горизонтальном расположении тяговой штанги для гладких цилиндрических катков согласно известной работе [206] выражается следующей зависимостью

$$h_0 = 1,31 \sqrt{\frac{G_{\text{кат}}^2}{B_{\text{кат}}^2 q_{\text{см}}^2 d_{\text{кат}}}}, \quad (5.20)$$

где $G_{\text{кат}}$ – сила тяжести катка, Н,

$B_{\text{кат}}$ – ширина захвата катка, м,

$d_{\text{кат}}$ – диаметр катка, м,

$q_{\text{см}}$ – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³.

Однако, уравнение (5.20) справедливо лишь для катков уплотняющих почву за счет силы собственной тяжести. Большинство катков для повышения эффективности работы снабжаются устройствами, создающими дополнительную нагрузку на каток. Эти устройства могут быть выполнены в виде пружинно-поводкового механизма или же балласта. Поэтому применительно к каткам, снабженным балластом или же пружинно-поводковым механизмом, создающим дополнительную нагрузку на каток, уравнение (5.20) требует некоторого уточнения. Здесь также имеет большое значение достижение максимальной величины дополнительной нагрузки при наименьшей массе пружинно-поводковой системы или балласта.

Величина деформации почвы h_0 , с учетом дополнительной нагрузки $P_{\text{доп}}$ создаваемой, например, пружинно-поводковой системой (рис. 2.4), зависит кроме силы тяжести катка и от значения силы сжатия пружины $P_{\text{пж}}$, расположения точки приложения этой силы относительно точки подвеса тяговой штанги и оси вращения катка [91], а именно

$$h_0 = 1,31 \sqrt{\frac{\left(G_{\text{кат}} + \frac{l_{\text{пж}}}{l_{\text{нк}}} P_{\text{пж}} \cos \alpha_{\text{пж}} \right)^2}{B_{\text{кат}}^2 q_{\text{см}}^2 d_{\text{кат}}}}, \quad (5.21)$$

где $\alpha_{\text{пж}}$ – угол наклона поводка пружины относительно вертикальной плоскости, градус,

$l_{\text{пж}}$ – расстояние от точки приложения силы $P_{\text{пж}}$ до точки подвеса тяги, м,

$l_{\text{нк}} = l_m \cos \alpha_n$ – расстояние от оси вращения катка до точки подвеса тяги, м.

Следует также отметить, что, чем ближе значение угла $\alpha_{нж}$ к нулевому значению, тем больше значение силы давления катка на почву и при $\alpha_{нж} = 0^0$ оно достигает своего максимального значения.

Возможны три характерных случая (рис.5.8 а, б, в) размещения на тяговой штанге точки приложения силы $P_{нж}$, т.е.

$$l_{нж} < l_{нк}, \quad (5.22)$$

$$l_{нж} > l_{нк}, \quad (5.23)$$

$$l_{нж} = l_{нк}. \quad (5.24)$$

В случае (5.22), когда $l_{нж} < l_{нк}$ (рис. 5.8, а), катки будут более компактными, но вместе с тем они будут иметь ряд существенных недостатков, главный из которых – усилие сжатия пружины будет больше, чем дополнительно создаваемая нагрузка $P_{доп}$, что приведёт к увеличению силы реакции в шарнирах тяговой штанги.

В случае (5.23), когда $l_{нж} > l_{нк}$ (рис. 5.8, б), сила $P_{нж}$ приложена на противоположной стороне катка, относительно точки подвеса тяговой штанги.

Несмотря на увеличение габаритных размеров, каток, снабженный таким пружинно-поводковым механизмом, имеет ряд преимуществ, главное из которых то, что при небольшой силе сжатия пружины $P_{нж}$ можно создать значительную дополнительную нагрузку, так как при $l_{нж} > l_{нк}$ сила $P_{доп} > P_{нж} \cos \alpha_{нж}$.

В случае (5.24), когда $l_{нж} = l_{нк}$, $P_{доп} = P_{нж} \cos \alpha_{нж}$ и катки по преимуществам и недостаткам имеют промежуточное положение между предыдущими вариантами (рис.5.8, в).

Среди рассмотренных характерных случаев второй случай (5.23), т.е. когда $l_{нж} > l_{нк}$, является наиболее выгодным с точки зрения создания дополнительной нагрузки на каток.

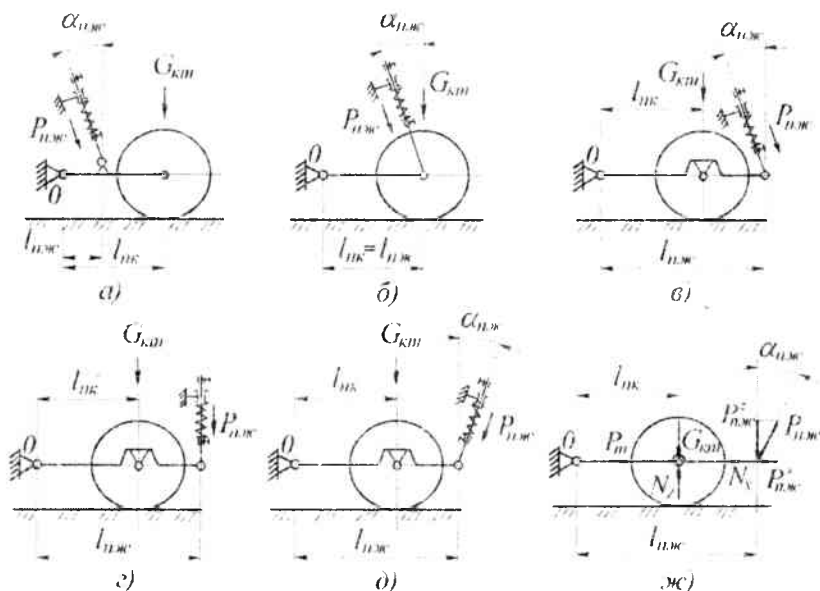


Рис.5.8. Характерные случаи (а - д) приложения силы P_{nj} к тяговой штанге и схема сил (ж) действующих на каток

Анализ выражения (5.21) показывает (рис.5.9), что перемещением точки приложения силы P_{nj} по тяговой штанге и изменением угла установки поводка пружины относительно вертикальной плоскости можно изменить величину деформации почвы. При этом, чем меньше значение α_{nj} , тем больше вертикальная составляющая $P_{nj} \cos \alpha_{nj}$ силы P_{nj} и чем больше значение соотношения l_{nj} к l_{nk} , тем больше будет значение силы давления катка на почву, следовательно, и величина деформации почвы. Это объясняется следующими соображениями.

Условия равновесия сил, действующих на каток при горизонтальном расположении тяги, показывает, что

$$P_t - N_x \pm P_{nj} \sin \alpha_{nj} = 0, \quad (5.25)$$

$$N_z - G_{kt} - P_{nj} \cos \alpha_{nj} = 0, \quad (5.26)$$

где N_1 и N_2 – горизонтальная и вертикальная составляющие силы реакции почвы на каток, Н.

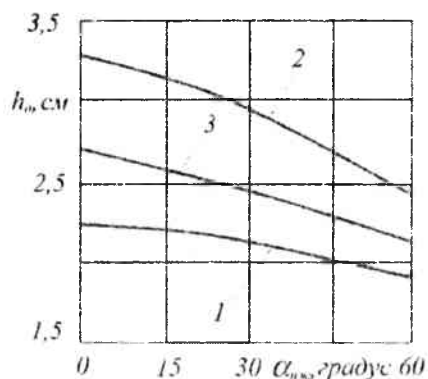


Рис.5.9. Изменение величины деформации почвы в зависимости от угла установки и размещения поводка на тяговой штанге катка:

$$1 - l_{п.ж} < l_{п.к}; 2 - l_{п.ж} > l_{п.к}; 3 - l_{п.ж} = l_{п.к}$$

Из выражения (5.26) видно, что величина вертикальной составляющей силы сжатия пружины, в основном, зависит от угла установки поводка $\alpha_{п.ж}$ (рис.1 в-ж), и он существенно влияет на величину деформации почвы. Причем, чем ближе значение угла $\alpha_{п.ж}$ к нулевому значению, тем больше значение силы давления катка на почву и при $\alpha_{п.ж} = 0^0$ она достигает своей максимальной величины.

В выражении (5.25) знак (+) берётся при отклонении поводка пружины в сторону противоположную движения катка, а знак (-) при отклонении поводка пружины в сторону движения катка. Из этих выражений также видно, что при отклонении поводка пружины в сторону противоположную движения катка давления на трущиеся поверхности шарнира тяги и оси катка снижаются. Поэтому в целях частичной разгрузки трущихся поверхностей шарнира тяги и оси катка поводок пружины следует установить с наклоном в сторону противоположному направлению движения катка.

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- повышению уплотняющего воздействия катка на почву можно добиться не только за счет силы сжатия пружины нагрузочного устройства и силы тяжести катка, но и за счет места приложения на тяговой штанге катка этой силы, создаваемой нагрузочным устройством;

- в случае, когда, сила сжатия пружины приложена на противоположной относительно точки подвеса тяговой штанги стороне катка при небольшом значении этой силы можно создать значительную дополнительную нагрузку на каток;

- для разгрузки трущихся поверхностей шарнира тяги и оси катка поводок пружины нагрузочного устройства следует установить с наклоном в сторону противоположному направлению движения катка.

5.5.5. Совершенствование конструкции балластного устройства, создающего дополнительную нагрузку на каток

В отличие от пружинно-поводкового нагрузочного механизма нагрузочное устройство, выполненное в виде балласта считается самым простым нагрузочным устройством. Однако и эти устройства имеют свои недостатки, они не обеспечивают регулировку удельного давления катка на почву без увеличения или уменьшения силы тяжести, следовательно, массы балласта.

С учетом недостатков катков классической конструкции, в КХМЭИ разработан каток (рис.5.10), снабженный балластом новой конструкции [207].

Этот уплотняющий каток 1 с тяговой штангой 3, присоединен к тяговому энергетическому средству, например трактору, шарниром 2 подвеса. Сам уплотняющий каток выполнен в виде пустотелого барабана с планчатыми, трубчатыми или зубчатыми ребрами или же просто в виде гладкой цилиндрической поверхности.

К оси 10 катка посредством телескопического кронштейна 5 и выдвижной штанги 6 приложена нагрузка в виде балласта 8. Балласт представляет собой пустотелого цилиндра, заполненного текучей или сыпучей массой через горловину 7.

Такое исполнение конструкции балласта создает возможность не только заполнения, но и опорожнения емкости балласта, а это не только увеличивает, но и уменьшает массу почвообрабатывающей машины, что имеет немаловажное значение для транспортировки навесных почвообрабатывающих машин с одного места на другое.

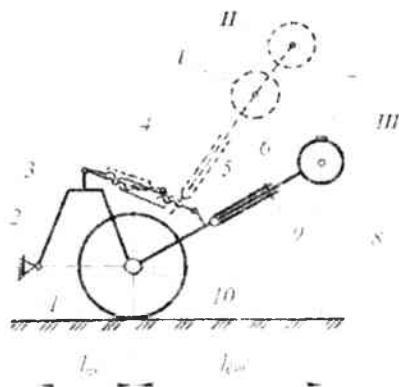


Рис.5.10. Схема к определению вылета балласта:

1 – каток; 2 – шарнир; 3 – тяговая штанга; 4 – регулировочный винт;
5 – телескопический кронштейн; 6 – штанга; 7 – горловина; 8 – балласт;
9 – фиксатор; 10 – ось

Положение выдвижной штанги 6 относительно телескопического кронштейна 5 зафиксировано фиксатором 9. Телескопический кронштейн 5 и тяговая штанга 3 присоединена между собой посредством регулировочного винта 4.

Предложенная конструкция катка позволяет усилить силу создающую давление катка на почву $P_{ок}$ с превышением суммарного вертикального усилия от сил тяжести катка $G_{км}$ и балласта $G_{бм}$

$$P_{ок} = G_{км} + G_{бм} \left(1 + \frac{l_{бм}}{l_{нк}} \right) > G_{км} + G_{бм}, \quad (5.27)$$

где $l_{бм}$ – вылет балласта, т.е. расстояние от оси вращения катка до центра тяжести, балласта, м,

$l_{нк}$ – расстояние от оси вращения катка до точки подвеса тяговой штанги, м.

Из уравнения (5.27) видно, что любое смещение балласта в сторону, противоположную относительно точки подвеса тяговой штанги, вызывает увеличение силу, создающую давление катка на почву $P_{ок}$. Следовательно, при этом повышается уплотняющее воздействие катка на почву.

Необходимое давление катка на почву регулируется за счет варьирования величины вылета балласта [208].

Требуемый вылет балласта достигается выдвижением штанги 6 (*I* и *II* положение) относительно телескопического кронштейна 5 и регулировочным винтом 4 (*III* положение). В первом случае величина вылета и, следовательно, давление катка на почву, регулируется ступенчато, а во втором – плавно. Поэтому сначала выдвижной штангой устанавливается ориентировочно необходимое давление катка на почву, а затем оно корректируется регулировочным винтом. При этом необходимый вылет балласта определяется из соотношения

$$l_{бм} = \frac{l_{нк}}{G_{бм}} (P_{ок} - G_{км} - G_{бм}) . \quad (5.28)$$

Анализ уравнения (5.28) показывает (рис.5.11), что для увеличения силы создающей давлений катка на почву, например от 1000 Н до 1200 Н у существующих катков необходимо увеличить силу тяжести балласта на 200 Н. Тогда как у предлагаемого катка на том же балласте (1000 Н), т.е. без изменения силы тяжести балласта, для получения силы создающей давлений катка на почву равной 1200 Н достаточно только изменение длины вылета балласта всего на 0,35 м.

Из графика также видно, что у предлагаемой конструкции катка при необходимости можно уменьшить массу балласта, следовательно, массу машины без ущерба качеству уплотнения почвы. Так, например, балластом имеющим силу тяжести равную 200 Н, за счет увеличения длины его вылета от 0,55 до 0,95 м можно получить тот же эффект, что дает балласт имеющий силу тяжести равную 300 Н.

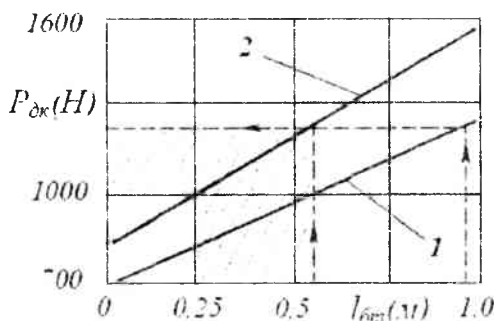


Рис. 5.11. Влияние длины вылета балласта, на величину силы создающей давлений катка на почву при:
 1 – $G_{бл} = 200$ Н, 2 – $G_{бл} = 300$ Н

Таким образом, применение новой конструкции балласта повышает при сравнительно небольшой массе последнего уплотняющего воздействия катка на почву.

5.5.6. Совершенствование конструкции катков в направлении повышения качества их работы

Для повышения качества работы катков совершенствование их конструкции проводится в направлении поиска новых технических решений изменяющих принцип работы самих катков и их нагрузочного механизма, а также в направлении снабжении их дополнительными устройствами. Ниже рассмотрим некоторые из них.

Пружинно-поводковый нагрузочный механизм по конструкции прост, компактен, но он чувствителен к неровностям поверхности обрабатываемого участка. Так как создаваемое им дополнительное давление на почву всегда зависит от угла отклонения тяговой штанги катка относительно рамы почвообрабатывающей машины. Это объясняется следующими соображениями.

Надетые на поводок рабочие пружины этих механизмов с одной стороны упираются к стопорному кольцу кронштейна жестко закрепленного к раме машины, а с другой – к стопорному

кольцу, закрепленному самому поводку. Поводок, шарнирно соединенный с тяговой штангой катка, свободно перемещается вместе с ним в продольно-вертикальной плоскости. Следовательно, во время работы катка за счет отклонения, из-за неровностей поверхности поля, тяговой штанги вверх степень сжатия пружины увеличивается, а вниз – уменьшается. Поэтому у катков, снабженных пружинно-поводковым нагрузочным механизмом, практически невозможно сохранять постоянство силы давления катка на почву, для этого поверхность обрабатываемого участка должна быть идеально ровной. В противном случае степень уплотнения почвы катком, снабженным пружинно-поводковой системой, по ширине захвата будет не равномерным.

Для достижения равномерного уплотнения почвы по ширине захвата орудия, катки выполняют секционными с шириной захвата каждой секции от 0,9 до 1,2 м. Каждая секция имеет собственную пружинно-поводковую систему. Но, несмотря и на это, из-за различия, во время работы, степени сжатия пружин нагрузочного устройства смежных секций катков, не всегда удается достичь равномерного уплотнения почвы по всей ширине захвата орудия.

В КХМЭИ проведены работы по совершенствованию пружинно-поводковой системы нагрузочного механизма катка (рис.5.12). Равномерность уплотнения почвы в этом катке достигается за счет сбалансирования создаваемой пружинно-поводковым нагрузочным механизмом дополнительной нагрузки на смежные секции катка [209].

Предложенной конструкцией нагрузочного механизма катка снабжено почвообрабатывающее орудие содержащие раму 1, к которой посредством шарнирной подвески 2 соединена тяговая штанга 3 с катком 4. Каток установлен предпочтительно в средней части тяговой штанги. На противоположной от шарнира подвески 2 стороне тяговой штанги 3 смонтирован пружинно-поводковый механизм, состоящий из пружины 5, надетой на поводок 6 и фиксированной стопорным кольцом 7.

При этом пружинно-поводковые механизмы двух смежных А и Б секции катка (рис.5.12, б) кинематический связаны между собой. Это осуществлено посредством самоустанавливающихся

глазиков 8 надетых на поводки и свободно установленных на коромысле 9. Само коромысло посредством оси 10 и кронштейна 11 смонтировано на раме орудия.

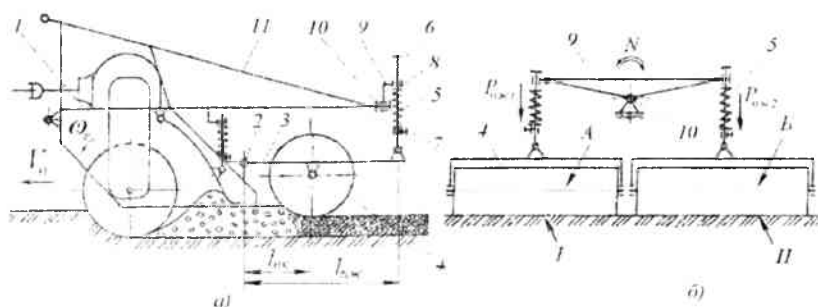


Рис.5.12. Почвообрабатывающее орудие, снабженное катком с усовершенствованным пружинно-поводковым механизмом:

а) вид с боку, б) схема работы пружинно-поводкового механизма.
 1 – рама; 2 – шарнирная подвеска; 3 – тяговая штанга; 4 – каток;
 5 – пружина; 6 – поводок; 7 – стопорное кольцо; 8 – глазик;
 9 – коромысло; 10 – ось; 11 – кронштейн

При работе почвообрабатывающего орудия, его рабочие органы разрыхляют почву, а каток 4, шарнирно связанный с рамой 1 орудия, под воздействием силы собственной тяжести и силы $P_{пж}$ сжатия пружины 5 уплотняет почву. При этом, несмотря на неровности рельефа поверхности участок I и II, усилие $P_{пж1}$ и $P_{пж2}$ пружин двух смежных А и Б секции катков, за счет возможности поворота коромысла 9 вокруг оси 10 (в то или иное направление «N») будут уравновешены между собой т.е. $P_{пж1} = P_{пж2}$ и, следовательно, давление смежных секции катка на почву и создаваемая им уплотненность почвы будут равномерными.

Таким образом, новации, примененные в конструкции усовершенствованного пружинно-поводкового механизма, обеспечивает равномерность уплотнения не осевшей после рыхления почвы по всей ширине захвата орудия.

Следующим направлением совершенствование конструкции катка является устранение образования трещин на поверхности уплотненной катком почвы.

Необходимость данного направления объясняется тем, что практически во всех случаях, когда влажность выше средней ($W_n > 16 - 18 \%$) после прохода гладкого цилиндрического катка на поверхности уплотненной им почвы образуются трещины. Вследствие чего резко возрастает площадь контакта поверхности почвы с атмосферой, что приводит к увеличению испарения почвенной влаги, а это нежелательно. Для устранения этого недостатка в КХМЭИ разработана усовершенствованная конструкция катка, производящая уплотнению почвы новым способом без образования трещин [210].

$$P_I = (1,05 \dots 1,4) P_{\partial K} \operatorname{tg} \nu, \quad (5.29)$$

γ – угол наклона равнодействующей реакции почвы на поверхность катка, градус.

Рис.5.13. Пояснительная схема способа уплотнения почвы без образования трещин

При этом соблюдают выполнение условия

$$V_{ок} = \omega_{км} r_{км} = (1,05 \dots 1,4) V_n, \quad (5.30)$$

где $V_{ок}$ – окружная скорость катка, м/с,

$\omega_{км}$ – угловая скорость вращения катка, рад/с.

$r_{км}$ – радиус катка, м,

V_n – поступательная скорость движения катка, м/с.

Такие значения величины P_l и соотношения скоростей $V_{ок}$ и V_n объясняется тем, что для устранения возникновения трещин необходимо уплотняемую почву перемещать в сторону уже уплотненной почвы силой

$$P_l > P_m. \quad (5.31)$$

Так как по Г.Н. Синеокову [36] сила тяги зависит от силы тяжести $G_{км}$ катка, т.е. $P_m = G_{км} \operatorname{tg} \nu$, то в данном случае с учетом силы $P_{нж}$ давления пружины условию (5.31) можно записать в виде $P_l > (G_{км} + P_{нж}) \operatorname{tg} \nu$, или же $P_l > P_{ок} \operatorname{tg} \nu$, следовательно, при радиусе $r_{км}$ катка для получения этого условия необходим крутящий момент равный

$$M_{кр} = (1,05 \dots 1,4) r_{к} P_{ок} \operatorname{tg} \nu. \quad (5.32)$$

Притом, как отмечено, для исключения качения катка с проскальзыванием, что является причиной образования трещин, величина крутящего момента должна обеспечить соблюдение условия (5.30).

Необходимость соблюдения такого соотношения поступательной скорости с окружной скоростью обосновывается следующими соображениями.

Когда поступательная скорость катка больше, чем окружной за счет его проскальзывания образуются упомянутые трещины в почве. При значении поступательной скорости, меньше чем в 1,4 раза от окружной скорости катка, происходит его буксование, сопровождаемое повышением энергетических затрат и ухудшением технологического процесса, т.е. происходит нагорование уплотненной почвы. При равенстве же поступательной и окружной скорости процесс уплотнения почвы

без образования трещин неустойчив, так как незначительное увеличение поступательной скорости сопровождается образованием трещин. Поэтому для уплотнения почвы без образования трещин при минимальных энергетических затратах соблюдается условие (5.30).

Таким образом, усовершенствованный каток, осуществляющий уплотнению почвы новым способом, устраняет возникновение трещин, тем самым повышает качество уплотнения почвы и снижает потери влаги.

5.5.7. Совершенствование конструкции катков в направлении опорожнения их внутренней полости от комков

Как известно, во время работы зубчато-планчатого катка некоторая часть комков, имеющих размеры больше чем ширина щели между смежными планками, под воздействием нагрузки создаваемой за счет силы тяжести орудия и вертикальных составляющих силы реакции почвы разрушаются на мелкие фракции. Другая часть комков, имеющие размеры меньше чем ширина щели между смежными планками, проникают во внутреннюю полость барабана катка. Они, взаимодействуя с планками катка, увлекаются ими, и отбрасывается, а в дальнейшем ударяясь о внутренние кромки смежных планок и с другими почвенными комками, находящиеся во внутренней полости барабана, разрушаются.

В некоторых случаях, среди комков, проникавших во внутреннюю полость барабана, встречаются комки, имеющие сравнительно низкую влажность и высокую твердость, чем остальные. Из-за различия ширины щелей, образованные как между наружными $b_{\text{шт}}$, так и между внутренними $b_{\text{вн}}$ кромками смежных планок, т.е. $b_{\text{шт}} > b_{\text{вн}}$, эти комки перемещаются во внутренней полости барабана, пока неоднократно не ударяясь о внутреннюю грань планок, не разрушаются. С момента проникновения до момента разрушения эти комки оставаясь во внутренней полости барабана, создает дополнительное сопротивление на перекачивание катка.

В КХМЭИ разработаны ряд технических решений [211-213], обеспечивающие опорожнению внутренней полости барабана за счет разрушения попадавших в ней комков почвы.

В одних технических решениях предполагается использовать для разрушения этих комков специальных средств, вмонтированных во внутренней полости барабана катка, а в других – подвергается изменению соотношение щелей $b_{нп}$ и $b_{оп}$ в сторону увеличения последней.

Наибольший интерес представляют катки, снабженные специальными средствами, выполненными в виде лопасти [211] или же в виде винтовой пластины [212], а также катки, снабженные специальной зубчатой планкой [213].

Среди них каток, снабженный специальным средством (рис.5.14), выполненным в виде винтовой противорежущей пластины, прост по конструкции и в изготовлении [212]. Его можно быстро монтировать или демонтировать в зависимости от надобности или ненадобности разрушения почвенных комков, проникающих во внутреннюю полость барабана катка.

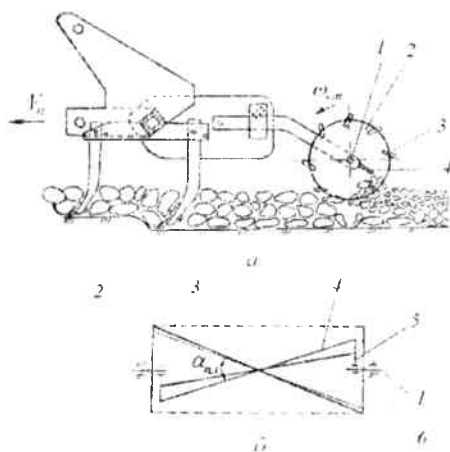


Рис.5.14. Каток, снабженный специальным средством для разрушения комков, проникающих во внутреннюю полость барабана:

а) технологическая схема работы. б) схема расположения противорежущей пластины. 1 – ось; 2 – барабан; 3 – зубчатая планка; 4 – противорежущая пластина; 5 – поводок; 6 – втулка

Данное средство выполнено следующим образом. Во внутренней полости барабана 2 на оси 1 свободно насажена втулка 6. К втулкам посредством поводков 5 жестко прикреплена противорежущая пластина 4.

Пластина выполнена винтообразной так, что ее рабочая грань расположена под острым углом $\alpha_{нл}$ к внутренней грани зубчатой планки 3 барабана 2. Причем значения угла $\alpha_{нл}$ находятся в пределах 30-38°, а именно: меньше угла трения почвы о сталь или угла защемления.

Рабочая грань планок может быть выполнена плоской или зубчатой, а тыльная грань плоской форме.

Под воздействием нагрузки, создаваемой за счет силы тяжести орудия и вертикальных составляющих силы реакции почвы, планки катка, одновременно раздавливая и разрушая крупные комки и глыбы на более мелкие фракции, уплотняют поверхностный слой почвы. Не разрушенные крупные почвенные комки и глыбы, проникающие в полость барабана катка за счет удара и защемления между противорежущей пластиной и планками, разрушаются на мелкие фракции и высыпаются. При этом надежное защемление почвенных комков происходит благодаря тому, что угол $\alpha_{нл}$, как уже было сказано, между рабочей гранью пластины и внутренней гранью планки выполнен меньшим, чем угол трения почвенных комков о сталь, т.е. меньшим, чем угол защемления. Почвенные комки, защемленные между противорежущей пластиной и планкой, раздавливаются под воздействием силы тяжести пластины.

Если защемленные комки под воздействием силы тяжести пластины не поддаются разрушению, то они, вращаясь вместе с барабаном катка и противорежущей пластиной, многократно поднимаются до верхней части барабана и, свободно падая вниз, ударяются о планки и комки и разрушаются. Одновременно под воздействием силы тяжести противорежущая пластина, падая вниз, ударяется о почвенные комки, находящиеся в нижней части полости барабана, и также разрушает их.

Данное техническое решение уменьшает металлоемкость по сравнению с другими подобными устройствами, упрощает конструкцию и повышает качество обработки почвы катком, но

вместе с тем иногда их масса бывает недостаточным для разрушения комков почвы с низкой влажностью.

Для устранения этих недостатков были разработаны ряд новаций, улучшающие работу противорежущих пластин. Среди них заслуживает внимание противорежущие пластины, выполненные в виде пустотелых лопастей заполняемых балластом [211].

Принцип работы этих устройств основаны на применение для разрушения комков как увеличенной за счет балласта силу тяжести, так и силу инерции свободно падающей пластины с балластом. Один из вариантов зубчато-планчатого катка, снабженного таким устройством, показан на рис. 5.15.

Во внутренней полости барабана 11 этого катка на оси 5 свободно насажены втулки 6. К втулкам жестко прикреплены противорежущие пластины 1 и 7, выполненные в виде пустотелых лопастей, имеющие коробчатое сечение и расположенные относительно оси на противоположных друг другу сторонах. Полости 2 и 9 этих лопастей выполнены сообщающимися, и они заполнены не более чем на половину объема балластной 4 жидкостью или же быстро сыпучими материалами.

В качестве твердого быстро сыпучего материала используется металлические шарики, диски и т.п.

Лопастей могут быть выполнены отдельными или одно целыми. В радиальном направлении лопасти заканчиваются острыми кромками 3, 10, расположенными с небольшим зазором до внутренних кромок 12 зубчатых планок 8 барабана.

Устройство работает следующим образом.

Зубчато-планчатый каток, вращаясь за счет взаимодействия с почвой, раздавливает своими зубчатыми планками 8 почвенные комки и глыбы, находящиеся в обрабатываемом слое почвы. Почвенные комки, проникающие во внутреннюю полость барабана, ударяясь о внутренние кромки 12 зубчатых планок 8 и лопастей 1, 7, разрушаются на мелкие фракции и высыпаются из внутренней полости барабана. Отдельные почвенные комки, не разрушенные при предыдущем цикле, захватываются зубчатыми планками, защемляются между ним и лопастью и разрушаются на мелкие фракции.

Заполнение внутренней полости 2, 9 лопастей 1, 7 менее чем на половину балластным 4 материалом, имеющим возможность свободного перемещения внутри этой полости, увеличивает массу лопасти, следовательно, силу, защемляющую и раздавливающую почвенные комки, а это повышает эффективность защемления и раздавливания почвенных комков.

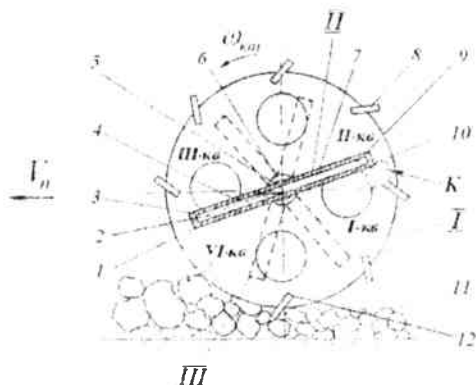


Рис.5.15. Зубчато-планчатый каток, снабженный пустотелой противорежущей пластиной заполненной балластом:

1 и 7 – противорежущие пластины; 2 и 9 – полости; 3, 10 – кромки противорежущих пластин; 4 – балласт; 5 – ось; 6 – втулка; 8 – зубчатые планки; 11 – барабан; 12 – внутренние кромки зубчатых планок;

Почвенные комки с низкой влажностью, т.е. трудно поддающиеся раздавливанию, при попадании во внутреннюю полость барабана в защемленном между зубчатой планкой и лопастью положении вместе с ними переносятся барабаном 11 из положения I в положение II (на рис.5.15 из I квадранта во II квадрант). При этом балласт переливается из одной полости в другую, и под действием силы тяжести балласта лопасть, опережая во вращении барабан, освобождает от защемления почвенный ком "К", который, падая под тяжестью собственной массы, ударяется и разрушается на мелкие фракции. Одновременно лопасть, набирая ускорение за счет силы тяжести балластного материала, переходит из положения II в положение III, т.е. из II квадранта в III квадрант. При этом лопасть противоположно расположенной кромкой ударяется о почвенные

комки, вновь попавшиеся во внутреннюю полость барабана или оставшиеся не разрушенным в предыдущем цикле и находящимся во внутренней полости барабана, и разрушают их на мелкие фракции. В дальнейшем цикл повторяется.

Данное техническое решение уменьшает металлоемкости катка за счет применения балластного материала по сравнению с другими подобными устройствами, упрощает конструкцию и за счет разрушения крупных комков проникающих во время работы во внутреннюю полость барабана катка способствует быстрому опорожнению ее от этих комков и тем самым повышает качество работы зубчато-планчатого катка.

Немаловажный интерес представляет работы, проведенные в направлении усовершенствовании самых зубчатых планок. Например, новации, заложенные в техническом решении [213] позволяет не только предотвратить заклиниванию между смежными планками почвенных комков и разрушению их при проникновении во внутреннюю полость барабана, но и способствуют быстрому освобождению полости барабана от проникающих в нее почвенных комков.

Такой зубчато-планчатый каток (рис. 5.16) состоит из оси 1 с дисками 2, к которым по периметру с определенным шагом жестко закреплены зубчатые планки 3. Зубчатые планки выполнены клиновидными с углом клина, обращенным в полость барабана, т.е. с поперечным сечением CE , сужающимся в радиальном направлении так, что линии " $\tau-\tau$ " и " $\varepsilon-\varepsilon$ " проведенные к противоположно расположенным L и II поверхностям смежных планок, пересекаются в наружной от полости стороне, т.е. в точке M , лежащей в стороне, противоположной центру барабана. Причем поперечное сечение зубчатой планки может быть выполнено в форме треугольника ABC с вершиной A , ориентированной предпочтительно к центру окружности OK .

Планки могут быть двусторонне зубчатыми как с внутренней 4, так и с наружной 5 стороны барабана. При таком выполнении зубчатых планок ширина щели, образующаяся между смежными зубчатыми планками по их наружному торцу, будет меньше, чем ширина щели, образующейся по внутреннему торцу. В результате почвенные комки, попадающие в межпланочное пространство, свободно проходят в полость барабана, тем самым предотвращается их заклинивание, а комки,

проникшие в полость барабана, ударяясь об острые внутренние кромки зубчатых планок, разрушаются.

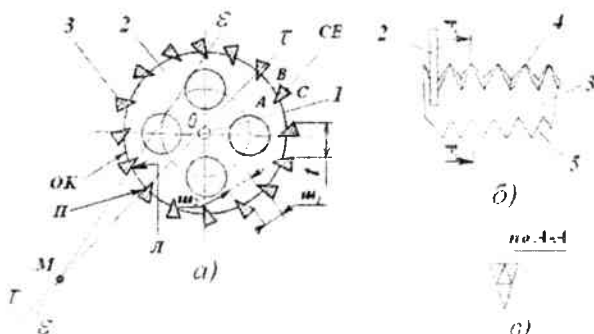


Рис.5.16. Каток, снабженный двусторонне зубчатыми планками:
а) схема катка. б) двусторонне зубчатая планка, в) сечение зуба. 1 – ось;
2 – диска; 3 – зубчатая планка; 4 и 5 – внутренние и наружные зубья

В процессе работы зубчато-планчатый каток под воздействием нагрузки, создаваемой за счет силы тяжести орудия, раздавливая крупные почвенные комки и глыбы, разрушают их на более мелкие фракции и одновременно уплотняют поверхностный слой почвы. Не разрушенные крупные почвенные комки и глыбы размерами менее чем ширина $Ш_1$ щели из-за $Ш_1 < Ш_2$ под действием обрабатываемой почвы свободно, без заклинивания, проходят во внутреннюю полость барабана. Отсутствие заклинивания комьев между смежными планками, следовательно, отсутствие отброса в некоторых случаях за счет центробежных сил этих комков, снижает показатели неравномерности поверхности поля. В процессе вращения барабана комки, ударяясь о внутренние зубчатые кромки планок, разрушаются и высыпаются через щели $Ш_1$, причем выполнение зубчатых планок, двухсторонне зубчатыми повышает эффективность разрушения почвенных комков и глыб.

Таким образом, применение предложенных технических решений и способа уплотнения почвы повышает эффективности работы как гладких цилиндрических, так и зубчато-планчатых катков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор технологий и технических средств предпосевной обработки почвы показал, что технология предпосевной обработки почвы в поливном земледелии включает необоснованно высокое число воздействий на почву, что приводит с одной стороны излишним затратам энергии, материально-технических ресурсов, а с другой – многократным проходам машинно-тракторных агрегатов по полю, вследствие которого происходит потеря накопленной влаги, затягивание сроков сева и переуплотнение пахотного слоя почвы. При этом для обработки почвы используются, в основном, однооперационные машины и орудия, а это с одной стороны увеличивает численность техники машинного парка, а с другой - удорожает их содержание и эксплуатацию.

Проведенный обзор также показал, что тенденция развития конструкции предпосевных почвообрабатывающих машин и их рабочих органов как за рубежом так и у нас в хлопководстве происходит в направлении изысканий почвощающих, влаго-, энерго- и ресурсосберегающих его типов и форм, основанных на новых принципах и на нетрадиционных технических решениях, позволяющих повышение качества обработки почвы и снижения энерго- и ресурсозатрат, устраняющих заивание их растительными остатками и заиливание почвой, повышающие надежности и долговечности, а также универсализации их применения.

Практика развитых стран показала преимущества совершенствованной системы подготовки почвы к посеву, осуществляемой с минимальными воздействиями и наименьшей затратой энергии и материально-технических ресурсов за один проход агрегата. Разработка такой системы и технических средств её осуществления, повышающие производительности труда, улучшающие количественных и качественных показателей и снижающие энерго- и материалоемкости технологических процессов обработки почвы, является актуальной научной проблемой сегодняшнего дня.

При этом совершенствование существующих и создание нового поколения предпосевных почвообрабатывающих, в том числе и комбинированных машин должны быть осуществлены на основе энерго- и ресурсосбережения, сохранения почвенной

влаги и снижения техногенного переуплотнения почвы. Основным элементом при создании конструкции предпосевных почвообрабатывающих машин являются рабочие органы и их взаимное расположение в технологической цепочке выполняемых работ. При этом новые конструкции предпосевных почвообрабатывающих машин должны быть основаны на принципе применения унифицированных почвошадящих, влаго-, энерго- и ресурсосберегающих рабочих органов, расположенных в единой технологической цепочке и имеющих, при необходимости, возможности исключения любого из них из этой технологической цепочки.

Все это в целом требует поиска и создания совершенно новых унифицированных рабочих органов и на их базе предпосевных почвообрабатывающих машин нового поколения, обеспечивающих, при наименьших разновидностях и компактном взаиморасположении, подготовку почвы в соответствии с требованиями зоны хлопководства. Повсеместное использование таких предпосевных почвообрабатывающих машин, снабженных унифицированными рабочими органами не только в хлопководстве, но и при возделывании различных сельскохозяйственных культур, в сочетании с блочно-модульным принципом построения агрегатов позволяет резко сократить затраты труда в сельском хозяйстве.

Все эти вопросы в определенной степени нашли свое отражение в данной монографии и в нем дан анализ тенденциям совершенствования предпосевных машин-орудий для возделывания хлопчатника и сопутствующих ему культур, обзор существующих конструкций почвообрабатывающих машин и их рабочих органов и приведены их классификации. Описаны устройство, принцип работы и расчеты некоторых параметров перспективных рабочих органов, имеющих конструктивные особенности и новаций.

Монография рассчитана на широкий круг читателей и может быть полезна разработчикам-конструкторам, научным работникам, младшим и старшим научным сотрудникам-соискателям, самостоятельным соискателям, магистрантам и студентам машиностроительных и сельскохозяйственных ВУЗов, а также специалистам сельскохозяйственного и машиностроительного производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратюк В. П. Обработка почвы под посев хлопчатника в Средней Азии. – Т.: Фан, 1972. – 287 с.
2. Карапетян М.А. Воздействия движителей трактора на физические свойства почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2008. – №7. – С. 50-51.
3. Ксенович И.П., Русаков В.А. Проблема воздействия движителей на почву: некоторые результаты исследований // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 2000. – №1. – С.15-20.
4. Курбантаев Р. Гузанинг ривожланиши ва хосилдорлигини тупрок зичлигининг таъсири // Пахтачилик ва дончилик. – Тошкент: ДИТАФ, 1999. – №1. – Б. 14–18.
5. Каипов М.У. Изменение плотности, твердости почвы от воздействия движителей колесного трактора // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2001. – №1. – С. 12-13.
6. Кенжаев О.Р. Влияние числа проходов тракторных агрегатов на плотность почвы и урожайность хлопчатника // НТБ ВИМ. – М., 1989. – С. 5–6.
7. Минимальная обработка почвы и борьба с ее переуплотнением. Рабочев И.С., Бахтин П.У., Аксененко В.Д., Гавалов И. В. // Новое в жизни, науке, технике. Серия "Сельское хозяйство". – М.: Знание. 1980. – №11. – С.3-6, 35-38.
8. Рабочев И. С. и др. Уплотнение почвы ходовыми системами машин // Земледелие. – 1978. – №5. – С. 74-78.
9. Технология и система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства в УзССР. – Ташкент: Фан, 1974. – Кн.1. – С.9-197.
10. Протокол №25-94 (520) Государственных периодических испытаний чизеля-культиватора ЧКУ-4А-1. – Янгиюль: УзМИС, 1994. – 28 с.
11. Протокол №26-16-91(141000022) от августа 1991 г. Государственных приемочных испытаний опытного образца чизеля-культиватора ЧК-4-б. – Янгиюль: САМИС, 1991. – С.19-22, 26-27, 31.

- 12.Протокол №26-45-90 (2173410) Государственных периодических испытаний выравнителя предпосевного ВП-8А. – Янгиюль: САМИС, 1990. – 29с.
- 13.Протокол №26-32-90 (4171110) Государственных приемочных испытаний опытного образца агрегата бороновального навесного АБН-8,5. – Янгиюль: САМИС, 1990. – 43 с.
14. Протокол №22-99 /109/ Государственных приемочных испытаний опытного образца рыхлителя-выравнивателя навесного РВН-3/8,5. – Янгиюль: УзГЦИИТ, 1999. – 22 с.
- 15.Усманов А.С. Машины для агропромышленного комплекса. Справочное пособие. – Алматы: Инжу-Маржан, 2010. – 500 с.
- 16.Система машин и технологий для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 2011-2016 гг. – Ч. 1, растениеводство. – Ташкент: ННЦ при МСВХ РУз, 2012. – 199 с.
- 17.Қишлоқ хўжалик экинларини парваришлаш ва маҳсулот етиштириш бўйича намунавий технологик карталар, 2011-2015 йиллар учун. – Тошкент: XILOLMEDIA, 2011. – I ва II қисм. – 232 б.
18. Сельскохозяйственная техника. Автомобили /Каталог/. Составители: М.Т.Байилов, С.М.Мамаджанов, М.Н.Олмасов, А.Х.Раджабов, Б.П.Артыкбаев, С.Н.Воинов, А.Е.Толыбаев, Б.Ш.Гаибуллаев. - Т.: ИМЭХ. «MUXAMMAD POLIGRAF», 2016. – 480 с.
- 19.Тошболтаев М. Қишлоқ хўжалигига машиналашган агротехнологияларни кенг жорий этишнинг истикболли йуналишлари // Вестник аграрной науки Узбекистана. – Ташкент, 2000. – № 1. – С. 88-92.
- 20.Ўзбекистон қишлоқ хўжалигини механизациялаш ва электрлаштириш жараёнларини 2020 йилгача комплекс ривожлантиришнинг умумий концепциялари / Тошболтаев М., Туланов И., Ходжиев А., Тухтакузиев А. ва б. – Тошкент: “Mashprint Exkluziv”, 2011. – 69 б.
- 21.Соколов В.П. Обработка почвы под посев хлопчатника. – Т.: Фан. – 1972. – С.101-109.

22. Байметов Р. И., Ахметов А. А. Новый технологический процесс фрезерной обработки почвы // Всесоюзная научно-практическая конференция (10-12 октября 1989, г.Новосибирск). – Ч.1. – С.123-124.
23. Ахметов А., Байметов Р., Шадманов К., Мирхашимов Р. Послойная обработка почвы // Хлопок. – 1991. – №1. – С.35-37.
24. Косыгин В.В., Нугис Э.Ю. Проблемы почвообрабатывающей технологии // Техника в сельском хозяйстве. – М., 1990. – №2. – С. 8-10.
25. Марченко О.С. Тенденция развития технологий и рабочих органов машин для почвообработки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 1991. – № 7. – С. 61-63.
26. Панов И.М., Орлов Н.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 1997. – №8. – С. 27-30.
27. Бурченко П.Н. Механизация обработки почвы в 21 веке // Актуальные проблемы растениеводства и животноводства. – М., 2000. – С.116-125.
28. Макаров И.П., Захарченко А.В., Рассадин А.Я. Как решаются проблемы обработки почв? // Земледелие. – М., 2002. – №2. – С.16-17.
29. Пулатов А., Турсунов М. Применение почвозащитных технологий // Ўзбекистон кишлок хўжалиги. – Тошкент, 2005. – № 7. – Б. 24.
30. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие. – М., 2006. – №5. – С.12-14.
31. Камбулов С.И. Снижение энергоемкости процесса почвообработки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2008. – №1. – С.32-34.
32. Жук А.Ф. Почвосберегающие агроприемы, технологии и комбинированные машины. – М.: Росинформагротех, 2012. – 143 с.
33. Горячкин В.П. Собрание сочинений, в 3-х т. Изд. 2-е. Под ред. Н.Д. Лучшинского. – М.: Колос, 1968. – 720 с.
34. Василенко П.М., Бабий П.Т. Культиваторы (конструкция,

- теория и расчет). – Киев: Из-во УАСХН, 1961. – 239 с.
35. Желиговский В.А. Некоторые элементы теории сельскохозяйственных машин-орудий. – Ч.1 – М.: Сельхозгиз, 1973. – 329 с.
36. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
37. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 2003. – 521 с.
38. Далин А.Д., Павлов П.В. Ротационные грунтообрабатывающие и землеройные машины. – М.: Машгиз, 1950. – С. 99-111, 142.
39. Марченко О.С. Тенденция развития технологий и рабочих органов машин для почвообработки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 1991. – № 7. – С. 61-63.
40. Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. – М.: Машиностроение, 1983. – 144 с.
41. Рудаков Г.М., Кабанов А.И. Чизель для послыйной обработки почвы // Хлопководство. – М., 1961. – № 2. – С. 8-9.
42. Байметов Р.И. Разработка технологий и комплексов машин для предпосевной обработки почв в зоне хлопководства: Автореф. дис. ...докт. техн. наук. – М., 1990. – 42 с.
43. Соколов В.П. Обработка почвы под посев хлопчатника. – Ташкент: Фан, 1972. – С. 101-109.
44. Тухтакузиёв А. Механико-технологические основы повышения эффективности работы почвообрабатывающих машин хлопкового комплекса: Автореф. дис. ...докт. техн. наук. – Янгиюль, 1998. – 32 с.
45. Ахметов А.А. Создание комбинированной машины с ротационными рабочими органами для предпосевной обработки почвы на засоленных землях: Автореф. дис. ...докт. техн. наук. – Ташкент, 2015. – 76 с.
46. Бегимов Х. Агротехническая оценка приемов и орудий для предпосевной обработки засоленных почв Хорезмской области: Автореф. дис. ...канд. сельхоз. наук. – Самарканд, 1969. – 33 с.

47. Наркулов С. Исследование работы предпосевных агрегатов на повышенных скоростях движения // Разработка рациональных методов эксплуатации машинно-тракторного парка колхозов и совхозов (зоны хлопкосеяния): Материалы зонального координационного совещания по проблеме 16.17. – Ташкент, 1975. – С. 7-17.
48. Сафаров Р.Б. Исследование оптимальных параметров, режимов работы и прогнозирования условий эффективного функционирования агрегатов для предпосевной обработки почвы в зоне хлопкосеяния: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Ташкент, 1981. – 18 с.
49. Махаматалиев А. Исследование и обоснование эксплуатационных показателей предпосевного агрегата с трактором Т-4А на чизелевании: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Ташкент, 1975. – 27 с.
50. Мирахматов М. Исследование и обоснование параметров рыхлительной лапы чизеля-культиватора для работы на повышенных скоростях движения в зоне хлопководства: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1984. – 18 с.
51. Алланазаров М.А. Совершенствование технологического процесса работы и обоснование параметров рабочего органа ротационного бесприводного рыхлителя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. -- Янгиюль, 1994. – 16 с.
52. Насритдинов А.А. Обоснование параметров чизеля-культиватора с рабочими органами на упругих стойках для работы в зоне хлопкосеяния: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1991. – 16 с.
53. Иманкулов Қ.Б. Суғориладиган дехкончиликда ерларга тупрокни ағдармасдан ишлов берувчи чизелли юмчаткич параметрларини асослаш: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Тошкент, 2010. – 22 б.
54. Соколов В.Н. Исследование параметров орудия для предпосевного уплотнения и выравнивания почвы в хлопководстве: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Ташкент, 1975. – 26 с.
55. Эгамов А.Т. Обоснование параметров малы-выравнивателя с регулируемым давлением на почву: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1988. – 16 с.

- 56.Аминов С. Обоснование параметров уплотнительного катка к предпосевному орудию для хлопководства: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1988. – 16 с.
- 57.Мухамедсадыков К. Обоснование параметров и режимов работы предпосевного выравнивателя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1990. – 16 с.
- 58.Курбанов Э.С. Выбор типа и обоснование параметров рыхлителя навесного бороновального агрегата для зоны хлопкосеяния: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1990. – 16 с.
- 59.Насыров И.З. Выбор типа и обоснование параметров каточной бороны для работы в агрегате с чизель-культиватором в зоне хлопководства: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1993. – 18 с.
60. Иноятлов И.А. Обоснование параметров измельчающе-уплотняющего рабочего органа ротационного бесприводного рыхлителя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1997. – 16 с.
- 61.Абдурахманов У.Н. Обоснование параметров орудия для поверхностной обработки почвы к пропашным тракторам: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1996. – 16 с.
62. Узакбергенов Ж.К. Обоснование параметров ротора фрезерного гребноделателя, применяемого при возделывании картофеля: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1998. – 16 с.
63. Садыков Р.О. Обоснование режимов работы и параметров ротора ротационной бороны с вертикальной осью вращения: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 2000. – 18 с.
64. Нурмихамедов Б.У. Обоснование формы и параметров кожуха фрезерного почвообрабатывающего орудия для зоны хлопководства: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 1993. – 18 с.
65. Атакулов Х.К. Обоснование параметров ведущего ротора ротационного бесприводного рыхлителя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 2000. – 16 с.
66. Атаханов Б. Обоснование параметров ведомого ротора ротационного бесприводного рыхлителя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 2009. – 16 с.

67. Утепбергенов Б.К. Обоснование параметров выравнивающего рабочего органа рыхлителя-выравнивателя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 2001. – 16 с.
68. Калимбетов М.П. Совершенствование технологического процесса работы и обоснование параметров малы-выравнивателя: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 2008. – 21 с.
69. Каипов М.О. Обоснование основных параметров следорыхлителя к пахотным тракторам: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Янгиюль, 2002. – 16 с.
70. Тўхтақўзиев А., Имомкулов Қ.Б. Тупрокни кам энергия сарфлаб деформациялаш ва парчалашнинг илмий-техник асослари. – Тошкент: ЎЗМЭИ ЎзҚХИИЧМ, 2013. – 120 б.
71. Мирзажонов К., Тожибоев У. Тупрокка ишлов бериш // Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги. – Тошкент, 2006. – № 1. – Б. 19.
72. Инаскиян С.А., Зволинский В.Н., Савин В.П. Фрезерные и пропашные культиваторы // Тракторы и сельхозмашины, 1984. – №11. – С.28-32.
73. Хаджиев А.Х., Аюезов О.П., Данияров Б.Т. Активная рабочая секция зубовой бороны и ее кинематика // Проблемы механики, 2012. – №3. – С.65-67.
74. Справочник по механизации хлопководства. – Т.: Узбекистан, 1981. – 238 с.
75. Протокол №4-2012 (502) Государственных испытаний импортного образца ротационной бороны мод. “Zirkon 7/250” фирмы Leinken (Германия). – Гульбахор, 2012. – 27 с.
76. Проспект фирмы «QUIVOGNE». – 16 с. E-mail: celexport @ bk.ru.
77. Мухамедов Ж., Умурзаков А., Абдувахобов Д. Шарнирли-тишли бороны // Проблемы создания, эффективного использования и сервиса ресурсосберегающей техники и технологии сельского хозяйства и транспорта. Материалы республиканской научно-технической конференции. – Карши, 2015. – Ч.1. – С.309-311.
78. Протокол №16-93(115) Государственных приемочных

- испытаний опытного образца чизеля-культиватора НО-3.000 с катком НО 3.000.01 к трактору ТТЗ-30. – Янгиюль: УзМИС, 1993. – 27 с.
79. Ахметов А.А., Атакулов Х.К., Алланазаров М.А., Иноятв И.А., Нурмихамедов Б.У., Узакбергенов Ж.К. Комплексные исследования по созданию комбинированных почвообрабатывающих машин. – Бухара: Бухоро, 2012. – 154 с.
80. Протокол 17-54. Акт испытания планировщика-выравнивателя П-4. Среднеазиатская машиноиспытательная станция, 1954. – 32 с.
81. Акт испытания планировщика-выравнивателя ПР-5. Протокол 36-58. Среднеазиатская машиноиспытательная станция, 1958. – 57 с.
82. Протокол 17-54, Акт испытания экспериментального образца секционного планировщика-выравнивателя ПВ-7.3. Среднеазиатская машиноиспытательная станция, 1954. – 36 с.
83. Протокол 10-69. Испытания планировщика-выравнивателя навесного ВПН-5,6. Туркменская МИС, 1969. – 88 с.
84. Протокол 15-56. Акт испытания планировщика-выравнивателя ПР-5В. Среднеазиатская машиноиспытательная станция, 1956. – 58 с.
85. Протокол 15-59. Выравниватель почвы ВП-8. – Янгиюль: САМИС, 1969. – 89 с.
86. Протокол №6-02 (115) Государственных приемочных испытаний выравнивателя предпосевного ТЕА-10. – Янгиюль: УзГЦИИТ, 2002. – 42 с.
87. Руководство по эксплуатации малы-планировщика ПМ.
88. Протокол №26-34-77 (1260210) Государственных испытаний малы-выравнивателя МВ-6,5 Самаркандского ремонтного завода. – Янгиюль: САМИС, 1977. – 56 с.
89. Протокол 26-38-82(2260710) Контрольных испытаний малы-выравнивателя МВ-6 Самаркандского ремонтного завода. – Янгиюль: САМИС, 1982. – 46 с.
90. А.с. SU1025345. Мала-выравниватель // Ахмеджанов М.А., Сергиенко А.В. и др. // Бюлл. Изобр. – 1983. – №24.
91. Ахметов А.А. Почвоуплотняющие рабочие органы

- комбинированных почвообрабатывающих машин.
– Ташкент: Фан, 2013. – 120 с.
92. Дроздов В.Н., Сердечный А.Н. Комбинированные почвообрабатывающие посевные машины. – М.: Агропромиздат, 1988. – 112 с.
93. Протокол №41-63. Испытания предпосевного рыхлителя марки РП-2,1. – ЗакавказМИС, 1963.
94. Протокол №41-63. Испытания экспериментального комбинированного агрегата для предпосевной обработки тяжелых почв КА-2,0. – САМИС, 1964.
95. Протокол №26-68-89 (1170110) Государственных приемочных испытаний опытного образца орудия почвообрабатывающего универсального ОПУ-2,2. – Янгиюль: САМИС, 1989. – 64 с.
96. Байметов Р.И., Ахметов А.А., Пальмин Г.И. Универсальное предпосевное орудие // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1987г. – №10. – С.5.
97. Ахметов А.А. Путь заглубления рабочих органов универсального предпосевного орудия // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1989г. – №11. – С.4-5.
98. Ахметов А.А. Исследование схемы механизма навески универсального предпосевного орудия ОПУ-4 // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1988г. – №6. – С.4-6.
99. Протокол №8-76 (2170810) Контрольных испытаний чизеля-культиватора ЧКУ-4А для послыйной обработки почвы с приспособлением для внесения удобрений. – ЗакавказМИС, 1976. – 34 с.
100. А.с. SU1727566. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1992. – № 15. – С.4.
101. Ахметов А.А., Усманов И.И. Агрегатирование комбинированных машин-орудий с универсально-пропашным трактором // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Материалы VII Международного симпозиума. – Москва, 2012. – Т. 2. – С. 12-18.
102. Протокол №23-93(117) Государственных приемочных испытаний опытного образца почвенной фрезы. – Янгиюль: УзМИС, 1993. – 36 с.

103. Akhmetov A.A. Comparative researches of varios rotors of rotary preseeding soil cultivation machine// Theoretical and Applied Sciences in the USA, proceedings of the 4th International scientific conference. – Cibunet Publishing. – New York, USA. – 2015. – P. 12–15.
104. Зволинский В.Н., Антошин А.П., Савин В.П. Испытания ротационного бесприводного рыхлителя РБР-4 // Тракторы и сельхозмашины. – М., 1990. – № 12. – С. 21-23.
105. Отчет НИИОКР. Рег. №КА-3-008/2013: «Разработка и исследование эффективности использования энергонасыщенного трактора мощностью 100-130 л.с. при возделывании хлопчатника, зерновых и других культур хлопкового севооборота с использованием ресурсосберегающих технологий». – Ташкент, 2013. – 31 с.
106. Фрезерные культиваторы "ROTOVATOR HR-40" и "ROTALABOUR HR-40"// Проспект фирмы Howard. – 4 с.
107. Bodenbearbeitung mit RDZ DUTZI KR-SYQSTEM // Проспект фирмы Dutzi (ФРГ). – 4 с.
108. Фрезерные культиваторы "AMAC Reihenfrase" и "AMAC Volitldfrase" // фирмы Амас (Нидерланды) . – 2 с.
109. Высокпроизводительная сельскохозяйственная техника // Проспект ООО «Краснянское специализированное предприятие «АГРОМАШ». – 16 с. E-mail: mail @ krasnagromash. vn. ua, www. krasnagromash. vn. ua.
110. Проспект ОАС «Хмельниксельмаш». – 12 с.
111. Гамма сельхозтехники // Проспект фирмы Kverneland. – 4 с.
112. Гамма сельхозтехники // Проспект фирмы Lemken. – 4 с. E-mail: lemken @ lemken. com. Internet: http: // www. lemken. com.
113. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / Под. ред. Клецкина М.И. – М.: Машиностроение, 1967. – Т. 2. – 830 с.
114. Буряков А.Т. Земледельческая техника нового века: какой ей быть? // Земледелие. – М., 2003. – №4. – С.22-23.
115. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развитие почвообрабатывающих машин. – М.: Росинформагротех, 2005. – 116 с.

116. Петров Я.Н., Кузыченко Ю.А. Комбинированные агрегаты нового поколения для обработки почвы // Земледелие. – М., 2002. – №5. – С. 6-7.
117. Жук А.Ф., Ревякин Е.Я. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы. Научно-аналитический обзор. – М.: ФГНУ Росинформагортех, 2007. – 156 с.
118. Кормищиков А.Д., Храмцов С.С., Шмагин А.Ю. Совершенствование почвообрабатывающих машин для ресурсосберегающих технологий // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 2008. – №2. – С. 28-32.
119. Мамедова Л.В. Некоторые направления совершенствования почвообрабатывающих машин и их рабочих органов // Техника в сельском хозяйстве. – М., 1991. – № 3. – С. 16.
120. Панов И.М. Почвообрабатывающая техника: состояние и проблемы развития // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 2003. – №11. – С. 9-11.
121. Труфанов В.В. Обоснование параметров и формы лобовой поверхности стойки рабочего органа чизельного орудия // НТБ ВИМ. – М., 1990. – № 77. – С. 3-7.
122. Ахметов А.А., Атакулов Х.К. Основные направления совершенствования конструкции пассивных рабочих органов // Проблемы создания, эффективного использования и сервиса ресурсосберегающей техники и технологии сельского хозяйства и транспорта. Республиканская научно-практическая конференция. – Карши: "Photo Express" ИЧК, 2015. – Ч. 1. – С. 248-251.
123. Akhmetov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symetric leg // International Journal of Applied and Fundamental Research. – Neulsenburg, Germany. – 2012. – No 2. – P. 51-56.
124. Милюткин С.А. Исследование рабочих органов агрегата для основной обработки почвы под озимые культуры. // Исследование и разработка почвообрабатывающих и посевных машин: Сб. науч. тр./ ВИСХОМ. – М.: ВИСХОМ, 1988. – С. 107-114.
125. Хаджиев А. Технологические основы механизации внесения органо-минеральных удобрений под хлопчатник.

- Янгиюль: – УзНПЦСХ, 2002. – 171 с.
126. Матяшин Ю.И., Гринчук И.М., Егоров Г.М. Расчет и проектирования ротационных почвообрабатывающих машин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 176 с.
127. Проспект ВАТ «Борекс». –1 с. E-mail: nnc-imesg @ ukr.net.
128. Байметов Р.И., Ахметов А.А., Шадыев А.Р., Пальмин Г.И., Тухветов Г.З. Ориентированное внесение минеральных удобрений относительно будущих рядков растений // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1991. – №7. – С. 3-4.
129. Циммерман М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1978. –267 с.
130. А.с. SU1521313. Почвообрабатывающее орудие /Байметов Р.И., Ахметов А.А., Хаджи-Муратов А.О., Пальмин Г.И.// Бюлл. Изобр. – 1989. – №42.
131. А.с. SU1653562. Почвообрабатывающее орудие /Ахметов А.А., Насритдинов А.А. // Бюлл. Изобр. –1991. – №21.
132. А.с. SU1773314. Почвообрабатывающее орудие /Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. –1992. – №41.
133. А.с. SU1713455. Глубокорыхлитель / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1992. – №7.
134. А.с. SU 1584775. Почвообрабатывающий рабочий орган/ Байметов Р. И., Ахметов А.А., Насритдинов А.А., Дулабаев А.Т. // Бюлл. Изобр. – 1990. – №30.
135. Байметов Р.И., Ахметов А.А., Насритдинов А.А. Совершенствование рабочих органов чизель-культиватора // Тракторы и сельхозмашины. – М., 1990. – № 4. – С. 15-16.
136. А.с. SU 1519535. Почвообрабатывающий рабочий орган/ Байметов Р. И., Хаджи-Муратов А.О., Пальмин Г.И., Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1989. – №41.
137. А.с. SU 1727566. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1992. – №15.
138. Ахметов А.А. Обоснование углов раствора лезвий крыльев асимметричной лапы // Проблемы и перспективы технических наук: Тез. докл. Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2015. – С. 35-36.

139. Ахметов А.А. Рабочие органы для прогрессивных технологий обработки почвы / Под ред. Р.Д. Матчанова. – Гулистан: «Зиё», 2002. – 55 с.
140. А.с. SU1727569. Рабочий орган культиватора / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1992. – № 15. – С.4.
141. А.с. SU 1692318. Почвообрабатывающее орудие / Курбанов Э.С., Байметов Р.И., Тухтакузиев А., Тукубаев А.Б., Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1992. – №15.
142. Ахметов А.А. Обоснование угла раствора крыльев асимметричной лапы // Проблемы механики. – Ташкент, 2015. – № 1. – С. 54-56.
143. А.с. SU 1704650. Почвообрабатывающее орудие / Тукубаев А.Б., Тухтакузиев А., Ахметов А.А., Насритдинов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1992. – №2.
144. Ахметов А.А., Алланазаров М.А. К обоснованию угла раствора полольной лапы с разновеликими крыльями / В кн. Результаты исследований машинных процессов возделывания хлопчатника. Труды УзНИИМЭ, вып.34. – Т., 1992 г. – С.67-71.
145. Патент UZ. FAP 00741. Тупрокка ишлов берувчи курол / Тухтакузиев А., Имомкулов К.Б., Калимбетов М. // Расмий ахборотнома. – 2012. – №8.
146. Руденко Н. Е., Падальцин К. Д. Энергосбережение при сплошной обработке почвы // Проблемы механизации и электрификации сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции 6 декабря 2013 года. – С. 108-111.
147. Руденко Н. Е., Калугин Д. С. Инновационный пропашной культиватор // Проблемы механизации и электрификации сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции 6 декабря 2013 года. – С. 103-105.
148. Ахметов А.А. Исследование угловых колебаний шарнирно закрепленной к стойке лапы // Вестник ТАДИ, 2013. – № 1-2. – С. 23-29.
149. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. – М.: Наука, 1980. – 272 с.
150. Гернет М.М. Курс теоретической механики. – М.:

- Высшая школа, 1987. – 344 с.
151. А.с. SU1630623. Рабочий орган для рыхления почвы и внесения удобрений /Ахметов А.А., Хаджиев А., Байметов Р.И. и др. // Бюлл. Изобр. – 1991. – №8.
152. Ахметов А.А., Атакулов Х.К. Исследование параметров комбинированного рабочего органа для рыхления почвы и внесения удобрений // Горный вестник, 2014. – №2 (№57). – С.117-119.
153. Дерепаскин А.И., Кубаев А.Н., Токарев И.В., Киркилевский В.В. Проблемы внутрипочвенного внесения удобрений и рабочие органы для выполнения данного технологического процесса // Международная агроинженерия, 2015. -- №3(15). – С.68-76.
156. Bellota Agrisolutions. Guipuzcoa. Espana, 2008. –127 p.; e-mail: marketing. agrisolutions @ bellota.com. www. bellota.com.
157. Front mounted cultivator Topas // Проспект фирмы Lemken. – 4 с. E-mail: lemken @ lemken. com. Internet: http: // www. lemken. com.
158. Обзор программы RAU // Проспект фирмы Rau. – 8 с.
159. Cultiplow Rotor (With angled blades) // Проспект фирмы Kuhn. – 2 с.
160. Superspike Rotors // Проспект фирмы Howard. – 2 с.
161. Ротационные почвообрабатывающие машины / Яцук Е.П. и др. – М.: Машиностроение, 1971. – 255 с.
162. Кочев В.И. Комбинированная почвообрабатывающая машина // Техника в с/х-ве, 1979. – №12. – С.13-14.
163. Фреза фирмы Рюмтстад // Проспект фирмы Rumpstad (Нидерланды). – 6 с.
164. Почвофреза 170 //Проспект фирмы Reekie – 2 с.
165. А.с. SU1797762 Почвообрабатывающий ротационный рабочий орган// Ахметов А.А., Алланазаров М.А. // Бюлл. Изобр. – 1993. – №8.
166. А.с. SU12022497. Фрезерное почвообрабатывающее орудие // Купрянов В.К., Никитин В.П. – 2 с.:ил.
167. Байметов Р.И. Орудие с шарнирно-молотковыми рабочими органами для обработки тяжелых глыбистых почв // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1971. – №11.

– С.3-5.

168. Матяшин Ю.И., Гринчук И.М., Егоров Г.М. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин. – М.:Агропромиздат, 1988. – 175 с.
169. Листопад Д.Н., Рубцов М.П., Лювасенко О.П. Фрезерні ґрунтообробні машини. – Київ: Урожай, 1985. – 64 с.
170. А.с. SU1024023. Почвообрабатывающее орудие / Байметов Р.И., Мамаджанов И., Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1983. – №23.
171. А.с. SU1253441. Почвообрабатывающее орудие / Байметов Р.И., Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1986. – №32.
172. А.с. SU1537152. Почвообрабатывающее орудие / Байметов Р.И., Ахметов А.А., Эльбаев Б.Б., Хаджи-Муродов А.О. // Бюлл. Изобр. – 1990. – №3.
173. А.с. SU1545958. Почвообрабатывающее орудие / Байметов Р. И., Ахметов А.А., Пальмин Г.И., Дулабаев А.Т., Булатов Н.Х. // Бюлл. Изобр. – 1990. – №8.
174. А.с. SU1787336. Рабочий орган почвообрабатывающей фрезы /Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1993. – №2.
175. Akhmetov A.A. Rotation soil cultivating machine with rotor equipped with colters with equidistant traveling locus// The USA Journal of Applied Sciences, Cibunet Publishing, 2015. – 3. – pp. 46-50.
176. Байметов Р. И. Рациональная форма рабочих органов орудия для обработки глыбистых почв // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1965. – №3. – С.7-9.
177. А.с. SU1530109. Почвообрабатывающий ротационный рабочий орган /Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1989. – №47.
178. А.с. SU1618294. Почвообрабатывающий ротационный рабочий орган /Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1991. – №1.
179. А.с. SU1797763. Почвообрабатывающий ротационный рабочий орган /Ахметов А.А., Байметов Р. И., Пальмин Г.И., Нурмихамедов Б.У., Аблаев Ш.К. // Бюлл. Изобр. – 1993. – №8.
180. Ахметов А.А., Алланазаров М.А., Юлдашев М.З. Обоснование некоторых параметров ротационного бесприводного рыхлителя РБР-4 // Механизация хлопководства. – Ташкент, 1991. – №10. – С. 4-5.

181. А.с. SU1618294. Почвообрабатывающий ротационный рабочий орган / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1991. – №1.
182. А.с. SU1808227. Ротационный почвообрабатывающий рабочий орган / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1993. – №14.
183. А.с. SU1797763, Почвообрабатывающий ротационный рабочий орган / Ахметов А.А., Байметов Р.И., Туранов Х., Пальмин Г.И., Нурмихамедов Б.У., Аблаев Ш.К. // Бюлл. Изобр. – 1993. – №8.
184. А.с. SU1102500. Почвообрабатывающее орудие / Байметов Р.И., Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1984. – №26.
185. А.с. SU990097. Почвообрабатывающий рабочий орган / Байметов Р.И., Ахметов А.А., Паномарев Е.И. // Бюлл. Изобр. – 1983. – №3.
186. Байметов Р.И., Ахметов А.А. Влияние формы деформаторов на качество разрушения комка / В кн. Механизация сельскохозяйственных процессов в хлопководстве. Труды САИМЭ, вып. 27. – Ташкент, 1986 г. – С. 4-7.
187. Патент UZ IDP 03868. Зубчатый ротор почвообрабатывающего орудия / Ахметов А.А., Узакбергенов Ж.К. // Расмий ахборотнома. – 1996. – № 4.
188. Ахметов А.А. Пути универсализации применения ротационных рабочих органов // Горный вестник, 2011. – №4. – С. 94.
189. Ахметов А.А., Узакбергенов Ж.К. Форма и параметры универсального ротора для сплошной и гребневой обработки почвы // Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производство. Сборник научных трудов IV Республиканской научно-технической конференции. – Жиззах, 2012. – С.72-74.
190. А.с. SU240357. Нож к фрезе для сплошной обработки почвы / Догановский М.Г., Фомичев Н.М., Вайнруб В.И. и др. // Бюлл. Изобр. – 1969. – №12.
191. А.с. SU940665. Почвообрабатывающая фреза / Марченко О.С., Бычков В.В., Панов И.М. и др. // Бюлл. Изобр. – 1982. – №25.
192. А.с. SU1431697. Почвообрабатывающая фреза /

- Максимов О.А. // Бюлл. Изобр. – 1988. – №39.
193. Ахметов А.А. Выбор вида и типа уплотняющего рабочего органа комбинированной почвообрабатывающей машины // Вестник ТАДИ. – Ташкент, 2012. – №1, 2. – С.11-15.
194. А.с. SU 1771550. Почвообрабатывающая фреза / Ахметов А.А., Нурмихамедов Б.У. // Бюлл. Изобр. – 1992. – №40.
195. А.с. SU 1561846. Почвообрабатывающая фреза / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1990. – №17.
196. А.с. SU 1827738. Почвообрабатывающая фреза / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 199. – ДСП.
197. Ахметов А.А. Повышение качество работы кожухов и фартуков-выравнивателей ротационных машин // Горный вестник, 2015. – №2 (№61). – С. 92-95.
198. А.с. SU 1808228 Почвообрабатывающая фреза / Ахметов А.А., Байметов Р.И., Мамаджанов И., Нурмихамедов Б.У. // Бюлл. Изобр. – 1990. – №14.
199. Патент UZ IDP 02870. Почвообрабатывающая фреза / Ахметов А.А., Нурмихамедов Б.У., Адизов Н.О // Расмий ахборотнома. –1995. – № 4.
200. UZ IDP 02873. Фрезерное почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А., Узакбергенов Ж.К. // Расмий ахборотнома. –1995. – № 4.
201. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – Изд. 9-е. – М.: Госиздат физико-математической литературы, 1962. – 608 с.
202. А.с. SU 1641205. Почвообрабатывающее орудие / Байметов Р.И., Тухтакузиев А., Ахметов А.А., Аминов С. // Бюлл. Изобр. – 1991. – № 14.
203. Ахметов А.А., Иноятов И.А. Влияние параметров пружинно-поводкового механизма катка на уплотнение почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2001. – №1. – С. 11-12.
204. Байметов Р.И., Тухтакузиев А., Ахметов А.А., Аминов С. К вопросу повышения уплотняющей способности катка / В кн. Совершенствование машин и механизмов для хлопководства. Труды САИМЭ, вып.30. – Ташкент, 1988г. – С.3-9.

205. UZ IDP 02460. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А., Иноятв И.А. // Расмий ахборотнома. – 1995. – № 2.
206. Саакян С.С. Сельскохозяйственные машины. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 328 с.
207. А.с. SU1801290. Почвообрабатывающий каток / Ахметов А.А. // Бюлл. Изобр. – 1993. – №10.
208. Ахметов А.А., Ахмедов Ш.А. Повышение эффективности нагрузочного устройства, создающего дополнительное давление катка на почву // Проблемы механики, 2012. – №1. – С.87-89.
209. А.с. SU1817952. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А., Байметов Р. И., Рудаков Ю.М., Нурмихамедов Б.У., Арипов Ф.А.// Бюлл. Изобр. – 1993. – №20.
210. А.с. SU1518930. Способ уплотнения почвы /Байметов Р. И., Тукубаев А.Б., Ахметов А.А., Насыров И.З., Пальмин Г.И., Аминов С. // Бюлл. Изобр. – 1989. – ДСП.
211. UZ IDP 02459. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А., Иноятв И.А., Арипов Ф.А. // Расмий ахборотнома. –1995. – № 2.
212. UZ IDP 02464. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А., Иноятв И.А. // Расмий ахборотнома. –1995. – № 3.
213. UZ IDP 02869. Почвообрабатывающее орудие / Ахметов А.А., Иноятв И.А. // Расмий ахборотнома. –1995. – № 4.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
1.1. Технология предпосевной обработки почвы и основные требования к выполняемым их почвообрабатывающим машинам.....	6
1.2. Краткий обзор проведенных в республике исследований по технологиям и машинам для предпосевной обработки почвы	8
1.3. Обзор мировых достижений в области техники и технологий по предпосевной подготовке почвы	11
ГЛАВА 2. ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУКЦИИ МАШИН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	15
2.1. Тенденция развития технологии предпосевной обработки почвы.....	15
2.2. Машины для предпосевной обработки почвы и тенденция совершенствования их конструкции.....	18
2.2.1. Общие сведения.....	18
2.2.2. Бороны	18
2.2.4. Выравниватели и рыхлители-выравниватели	42
2.2.5. Мала-выравниватели.....	48
2.2.6. Катки	52
2.2.7. Мотыги.....	57
2.2.8. Комбинированные машины.....	59
ГЛАВА 3. ПАССИВНЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ.....	82
3.1. Тенденция совершенствования конструкции пассивных рабочих органов	82
3.2. Классификация пассивных рабочих органов	89
3.3. Перспективные направления совершенствования конструкций пассивных рабочих органов	94
3.3.1. Пассивные рабочие органы, обеспечивающие само очистки от растительных остатков.....	94
3.3.2. Пассивные рабочие органы производящие поярусное рыхление почвы	101
3.3.3. Быстросъемные пассивные рабочие органы	106
3.3.4. Энергосберегающие пассивные рабочие органы.....	109
3.3.4.1. Пассивные рабочие органы производящие полудеблокированное рыхление почвы	109

3.3.4.2. Пассивные рабочие органы производящие деблоки- рованное рыхление почвы	116
3.3.4.3. Другие формы энергосберегающих пассивных рабочих органов	117
3.3.5. Пассивные рабочие органы, совмещающие рыхлению почвы с внесением минеральных и органо-минеральных удобрений	124
3.3.6. Составные пассивные рабочие органы	132
ГЛАВА 4. РОТАЦИОННЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ	135
4.1. Тенденция совершенствования конструкции ротационных рабочих органов	135
4.2. Классификация ротационных рабочих органов	138
4.3. Перспективные направления совершенствования конст- рукции ротационных рабочих органов	141
4.3.1. Направления совершенствования конструкции ротацион- ных рабочих органов с горизонтальной осью вращения	141
4.3.1.1. Ротационные рабочие органы производящие послойную обработку почвы	142
4.3.1.2. Ротационные рабочие органы, производящие обработку почвы с эквидистантным перемещением вершины зоны дефор- мации	148
4.3.1.3. Шарнирно-молотковые ротационные рабочие органы ..	153
4.3.1.4. Комбинированные ротационные рабочие органы	159
4.3.1.5. Универсальные ротационные рабочие органы	161
4.3.2. Направления совершенствования конструкции ротацион- ных рабочих органов с вертикальной осью вращения	167
ГЛАВА 5. ВЫРАВНИВАЮЩИЕ И УПЛОТНЯЮЩИЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН	171
5.1. Общие сведения	171
5.2. Выравнивающие – уплотняющие рабочие органы традиционных почвообрабатывающих машин	171
5.3. Выравнивающие – уплотняющие рабочие органы комби- нированных машин	172
5.4. Основные направления совершенствования конструкции ко- жухов ротора и фартуков-выравнивателей	173

5.4.1. Совершенствование конструкции кожухов в направлении исключения повторного воздействия нежей ротора на отраженную от поверхности кожуха почву	174
5.4.2. Совершенствование конструкции кожухов и фартуков-выравнивателей в направлении устранения сгуживания почвы и снижения тягового сопротивления	181
5.5. Совершенствования конструкции катков	185
5.5.1. Основные направления совершенствования конструкции катков	185
5.5.2. Совершенствование конструкции тяговой штанги катков	187
5.5.3. Совершенствование конструкции устройств, создающих дополнительную нагрузку на каток	190
5.5.4. Совершенствование конструкции пружинно-поводкового устройства, создающего дополнительную нагрузку на каток ...	193
5.5.5. Совершенствование конструкции балластного устройства, создающего дополнительную нагрузку на каток	198
5.5.6. Совершенствование конструкции катков в направлении повышения качества их работы	201
5.5.7. Совершенствование конструкции катков в направлении опорожнения их внутренней полости от комков	206
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	213
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	215

АХМЕТОВ А.А.

ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ХЛОПКОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПОСЕВНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН-ОРУДИЙ

Монография написана в рамках Государственной научно-технической программы по проекту: 11-2016-5-5, 11-2016-5-11. «Изготовление и испытания комбинированной машины для предпосевной обработки почвы и универсальной сеялки».

Монография одобрено к публикации решением Ученого совета Каршинского инженерно-экономического института (Протокол №5 от 9 февраля 2017 года) и утверждено к печати решением Научно-технического совета АО "ВМКВ-Agromash" (Протокол №2 от 18 мая 2017 года).

**Дизайнер: Далабаева Н.
Компьютерная верстка: Имомов Ш.**

Изд. лиц. АЛ № 283, 11.01.16. Разрешено в печать 19.06.2017.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Гарнитура "Times New Roman".
Цифровая печать. Усл. п. л. 14,75. Изд. л. 15.
Тираж 50 экз. Заказ № 20

«ILMIY TEXNIKA AXBOROTI - PRESS NASHIRIYOTI»
100017, Ташкент, 11-5, 45/4. Тел. (факс): 234-98-37