

К. А. СОХТ, Е. И. ТРУБИЛИН, В. И. КОНОВАЛОВ

# **ДИСКОВЫЕ БОРОНЫ И ЛУЩИЛЬНИКИ**

Проектирование технологических параметров

МИИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА «ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ В АГРОБИЗНЕСЕ»

К. А. СОХТ, Е. И. ТРУБИЛИН, В. И. КОНОВАЛОВ

## **ДИСКОВЫЕ БОРОНЫ И ЛУЩИЛЬНИКИ**

Проектирование технологических параметров

Учебное пособие

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия»

Краснодар 2014

**УДК 631.313. (075.8)**

**ББК 40.722**

**С68**

**Рецензенты:**

**В.Б. Рыков** – заместитель директора по научной работе ГНУ СКНИИМЭСК Россельхозакадемии, профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», доктор технических наук.

**Е.И. Винецкий** – профессор кафедры «Процессы и машины в агробизнесе» Кубанского ГАУ, доктор технических наук.

**Сохт К.А.**

**С68 ДИСКОВЫЕ БОРОНЫ И ЛУЩИЛЬНИКИ.** Проектирование технологических параметров: учеб. пособие / К.А. Сохт, Е.И. Трубилин, В.И. Коновалов. – Краснодар: КубГАУ, 2014 – 164 стр.

В книге рассмотрены состояние и актуальные вопросы разработки и производства дисковых борон и лушительников, определено их место в основных рекомендуемых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Особое внимание уделено проблемам выбора технологических параметров, повышению технологической эффективности и надежности, определены место и роль дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих и посевных агрегатах.

Учебное пособие предназначено для специалистов сельского хозяйства, научных работников, преподавателей, аспирантов, магистров и студентов аграрных вузов РФ по направлению подготовки «Агроинженерия».

**УДК 631.313. (075.8)**

**ББК 40.722**

© Сохт К.А., Трубилин Е.И.,  
Коновалов В.И., 2014

© ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| Введение.....  | 5   |
| 1. Физико–механические и технологические свойства почвы, определяющие качество её обработки дисковыми боронами и луцильниками..... | 8   |
| 2. Исходные агротехнические требования к дискованию и лушению почвы.....   | 12  |
| 3. Дисковые бороны и луцильники в системе основной и предпосевной обработки почвы. Проблемы и пути их решения.....                 | 16  |
| 4. Назначение и типы дисковых борон и луцильников.....   | 23  |
| 5. Прогнозирование технологических параметров дисковых рабочих органов на этапе проектирования.....                                | 39  |
| 6. Рабочие органы дисковых борон и луцильников.....  | 53  |
| 7. Повышение технологической эффективности дисковых борон.....   | 68  |
| 8. Повышение технологической надежности дисковых борон и луцильников.....  | 75  |
| 9. Заглубляющая способность дисковых борон и луцильников .....   | 86  |
| 10. Прикатывающие катки дисковых борон и луцильников   | 98  |
| 11. Равномерность глубины обработки почвы дисковыми боронами и луцильниками.....   | 109 |
| 12. Равновесие дисковых борон и луцильников в горизонтальной плоскости.....  | 118 |
| 13. Ротационные дисковые рабочие органы – как базовый элемент комбинированных агрегатов для обработки почвы и посева.....          | 128 |
| 14. Экономическая эффективность дисковых борон и луцильников .....   | 152 |

|  |     |
|--|-----|
| Контрольные вопросы .....              | 157 |
| Список использованных источников ..... | 160 |

## ВВЕДЕНИЕ

Роль обработки почвы в повышении её плодородия велика. Обработка почвы в соответствии с исходными требованиями является залогом получения высоких урожаев, влияет на развитие болезней и вредителей, засоренность посевов, влажность почвы, её плотность, устойчивость к дефляции и эрозии.

В сельскохозяйственном производстве в зависимости от почвенно-климатических условий применяется три основных технологии подготовки почвы: интенсивная (традиционная) технология на основе отвальной вспашки, минимальная поверхностная технология и прямой посев без предварительной обработки почвы (No Till). После уборки предшественника проводится поверхностная обработка почвы ротационными дисковыми орудиями с целью задержания и сохранения остаточной влаги и влаги выпадающих остатков, заделки семян сорняков с целью получения провокационных всходов и последующего их уничтожения или механической обработкой или гербицидами. При применении традиционной технологии обработки почвы на основе отвальной вспашки дисковые бороны применяются для разделки пахоты, а при применении технологии минимальной обработки - основной обработки на глубину 8...12 см. Даже в технологии нулевой обработки почвы часто приходится применять дисковые бороны для выравнивания почвы. Таким образом, при возделывании практически всех полевых культур дисковые бороны применяются во всех применяемых технологиях подготовки почвы к посеву. Особенно с появлением современных многорядных дисковых борон и мульчировщиков с индивидуальным креплением рабочих органов укрепились позиции этих орудий в подготовке почвы. Однако все еще не полностью используются их потенциальные возможности в силу отсутствия последовательного и всестороннего исследования

их технологической эффективности и надежности, курсовой устойчивости, заглубляемости дисковых рабочих органов и других технологических параметров. К качеству обработки почвы предъявляется ряд агротехнических требований, выполнение которых возможно только с учетом зависимости качественных показателей от технологических параметров при проектировании орудий. В связи с вышеизложенным вопросы технологического проектирования становятся фундаментом и остальных проблем, без которых нельзя получить максимальный эффект при использовании дисковых борон и лушильников.

В России и во многих других странах Европы, США и Канаде проведен ряд важных исследовательских работ и конструктивных разработок по совершенствованию дисковых борон и лушильников (мульчировщиков). Однако отсутствие общей методики обоснования оптимальных технологических параметров дисковых ротационных орудий, к сожалению, приводит к серьезным просчетам при проектировании новых. Многие изготовители, копируя чужие разработки, допускают совершенно необоснованные решения. В этих условиях неудивительно, что ни одна отечественная борона не сопровождается инструкцией по сборке, настройке и эффективному использованию.

Исследования по изложенному в книге материалу были начаты в Краснодарском НИИ сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко и затем продолжены и окончательно оформлены в Кубанском государственном аграрном университете. Выражаем благодарность всем научным сотрудникам, преподавателям, конструкторам, лаборантам и рабочим, без помощи которых написание данной книги было бы невозможно.

Книга предназначена для широкого круга специалистов сельскохозяйственного производства, научных работников и конструкторов, занятых разработкой, испытанием, производством и

эксплуатацией почвообрабатывающих машин. Также она полезна преподавателя, аспирантам, магистрам и студентам высших учебных заведений.



# **1. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВО ЕЁ ОБРАБОТКИ ДИСКОВЫМИ БОРОНАМИ И ЛУЩИЛЬНИКАМИ**

Качество работы почвообрабатывающих орудий зависит от правильного выбора их оптимальных параметров и режимов работы, которые полностью определяются не только их конструктивными особенностями, но и условиями эксплуатации. Зависимость качества работы от условий работы порой оказывается настолько ощутимой, что появляется необходимость разработки модельного ряда орудий для каждой почвенно-климатической зоны. Более того, в пределах одной и той же почвенно-климатической зоны, в условиях разных предшественников и даже одного и того же поля широкий диапазон изменения большинства свойств почвы часто бывает основной причиной нарушения качества работы. Поэтому исследование механизма влияния физико-механических свойств почвы на качество обработки почвы является необходимым условием при разработке технологических параметров дисковых борон и луцильников.

И все же дисковые бороны и луцильники заслужили славу «всепогодных» в том понимании, что диапазон изменения условий их нормального функционирования существенно выше, чем у орудий с пассивными рабочими органами - отвальных плугов, культиваторов, большинства комбинированных агрегатов, других почвообрабатывающих орудий.

Физико-механические и технологические свойства составляют достаточно сложную систему показателей, от которых зависит качество работы почвообрабатывающих машин и орудий. Важнейшим из них является твердость почвы. Величина твердо-

сти почвы формируется через ее влажность и эти два свойства тесно связаны.

Профессора Г.Н.Синеоков и И.М.Панов [27] отмечают, что на преодоление сил трения, возникающих на поверхности рабочих органов почвообрабатывающих орудий, затрачивается до 50% крюковой мощности трактора. Коэффициент трения скольжения имеет сложную зависимость от влажности и типа почвы и до настоящего времени все еще остаются невыясненные моменты. И все же однозначно понятно, что коэффициент трения скольжения зависит от типа почвы, ее влажности, от материала рабочего органа, состояния ее поверхности и относительной скорости почвы и рабочего органа. Установлено, что при всех сочетаниях приведенных выше факторов при изменении влажности почвы коэффициент трения сначала увеличивается до определенного предела для каждого типа почвы, а затем снижается. Так, например, коэффициент трения почвы по стали изменяется в довольно широких пределах - от 0,25 для песчаных почв до 0,9 для тяжелых суглинистых и глинистых почв при изменении влажности от 5% до 35%.

Тяговое сопротивление почвы увеличивается при повышении липкости почвы, которая в свою очередь зависит от дисперсности почвы. У глинистых почв липкость выше, чем у суглинистых и песчаных. В целях снижения налипания почвы предлагалось много различных способов. Наиболее эффективным из них оказалось покрытие рабочих органов пластмассовыми покрытиями, но и они не нашли распространения. В последние годы широкое распространение получили рабочие органы с прорезями с целью уменьшения площади налипания почвы, что позволяет снизить силы трения скольжения.

Так, с целью снижения тягового сопротивления дисковых борон и луцильников, предложен дисковый рабочий орган [21]. В предлагаемом изобретении благодаря прорезям в средней части

диска в направлении от края к центру уменьшена общая площадь контакта диска с почвой. Поэтому нормальное напряжение на оставшейся части будет выше, а общая площадь, где возможно налипание будет меньше на площадь выреза, что приводит к уменьшению сопротивления трения скольжения почвы по поверхности диска за счет уменьшения площади налипания.

Абразивные свойства почвы совместно с материалом, из которого изготовлен диск, определяют износостойкость рабочих органов. Износостойкость любых почвообрабатывающих рабочих органов можно определять площадью, обработанной одним рабочим органом до состояния, уже непригодного для эксплуатации. При неизменных абразивных свойствах почвы износостойкость рабочих органов можно повышать только применением более износостойких материалов для рабочих органов. Износ рабочих органов приводит к нарушению технологического процесса. Например, при затуплении лезвия диска возникает затылочная фаска, что в конечном итоге приводит к его вымелению, к дополнительным затратам энергии, снижению всех технико-экономических показателей.

Большую трудность при проектировании дисковых борон и луцильников оказывает непостоянство механических свойств почвы, что обусловлено, в основном, погодными условиями. Поэтому необходимо ориентироваться не на средние показатели физических и механических свойств, а на более жесткие условия, в том числе и на перенастраиваемые варианты. При обработке почвы характер деформации и её перемещения зависит от параметров сферических дисков и их ориентации в почве во взаимодействии с физико-механическими свойствами почвы. Проявление сил трения, деформации изгиба, сжатия и растяжения, усилие резания почвы, пожнивных остатков и корневищ оказывают совместное влияние на выбор технологических параметров. В целом знание и

учет физико-механических свойств почвы является необходимым условием разработки новых, более эффективных, почвообрабатывающих орудий и оптимальной их эксплуатации.

## 2. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДИСКОВАНИЮ И ЛУЩЕНИЮ ПОЧВЫ

Исходные агротехнические требования на машинные технологические операции в растениеводстве являются основной базой при разработке сельскохозяйственной техники, её настройки и эксплуатации. Они должны разрабатываться для каждой зоны с учетом почвенно-климатических условий и особенностей применяемых технологий. По мере совершенствования отдельных агротехнических приемов или разработки принципиально новых технологий и сортов агротехнические требования могут меняться. Для разработки агротехнических требований для любой технологической операции необходимо выполнить достаточно серьезную и сложную научно-исследовательскую работу с целью выяснения степени воздействия на весь спектр оценочных показателей параметров выполняемой операции. Для получения обоснованных значений параметров исследуемых операций и их допусков необходимо проводить такие исследования до получения результатов во всем диапазоне меняющихся условий в каждой зоне. В этих исследованиях необходимо предусматривать модельные опыты для исключения влияния конкретной машины, предназначенной для выполнения исследуемой операции. Полученные таким методом результаты должны служить отправной точкой не только для разработчиков техники, но и специалистов производства для оценки настройки сельскохозяйственных машин и орудий на рекомендуемые параметры. Недостаточно обоснованные параметры технологии и их расширенные допуски могут стать причиной серьезных потерь урожая из-за нарушения оптимальных условий роста растений или повышения сложности и стоимости разрабатываемых машин из-за необоснованно высоких требований, дополнительных затрат в процессе эксплуатации.

В традиционных технологических картах всегда указываются параметры технологических операций и переписываемые уже много десятилетий с неизвестным происхождением допусков на эти параметры. Практически на сегодняшний день отсутствуют обоснованные допуски, как результат целенаправленных исследований. Отдельные исследования, которые могли бы ответить на некоторые вопросы, к сожалению не находили применения из-за отсутствия адресной ответственности. В государственных программах подобная проблема никогда не ставилась ранее. С переходом на коммерческие разработки еще более обостряется этот вопрос. Обоснованные результаты по допускам на технологические операции не найдут потребителя из-за непонимания их ценности. Единственным выходом остается включение на бюджетной основе в программу НИОКР РАСХН по каждой зоне необходимого объема исследований по затронутому вопросу.

До настоящего времени интенсивно проводятся исследования по повышению качества посева сельскохозяйственных культур и в связи этим разрабатываются новые конструкции высевающих аппаратов, сошниковой группы и других устройств. А между тем большинство современных отечественных и зарубежных сеялок уже давно выполняют самые жесткие требования к качеству посева и дальнейшее повышение точности раскладки семян по глубине, в рядах или по площади не приводит к росту урожайности. Это может быть объяснено достаточно высокой пластичностью большинства возделываемых культур, особенностями развития корневой системы, другими физиологическими особенностями растений. Например, модельные исследования, проведенные в Краснодарском НИИСХ им. П.П.Лукияненко по сравнению рядкового, полосового и безрядкового посевов озимых колосовых культур не выявили преимущества ни одного из сравниваемых способов [13].

При всех очевидных недостатках действующих исходных требований на базовые машинные технологические операции в растениеводстве, они все же остаются на сегодняшний день единственным документом, регламентирующим и дисциплинирующим разработки новых сельскохозяйственных машин, их настройки и ответственной эксплуатации. Согласно этим требованиям операция «Лущение почвы» предназначена для рыхления почвы на глубину до 6 см с целью «закрытия» влаги после уборки предшествующей культуры, провоцирования семян сорняков и падалицы к прорастанию с целью их уничтожения последующей механической или химической обработкой. Отклонение средней глубины обработки от заданной не должно превышать  $\pm 1$  см. В результате лущения содержание фракций почвы размером от 1 до 5 см должно быть не менее 90 %, в том числе фракций размером от 1 мм до 2,5 см не менее 75 %. Не допускается образование глыб крупнее 10 см. Подрезание сорных растений должно быть полным (100 %). Коэффициент надежности технологического процесса должен быть не менее 0,99.

Исходные требования на базовую машинную технологическую операцию «Дискование» содержат более сложную схему назначения и конкретных требований. Так, дискование проводится для разработки пласта после вспашки и на невспаханных почвах в режиме основной обработки почвы. Учитывая направление излагаемого материала, наибольший интерес представляет дискование на невспаханных почвах в качестве основной обработки почвы. Такая технология основной обработки почвы при насыщенных севооборотах за последние годы нашла широкое применение во многих регионах России. Например, более 50 % посевов озимых колосовых культур в Краснодарском крае проводится после дискования почвы по пропашным культурам - кукурузе на зерно, подсолнечнику, сахарной свекле и других культур, когда от уборки до

наступления оптимальных сроков посева остается очень мало времени. В таких условиях дискование почвы проводится на глубину 6...12 см. Колебание глубины дискования не должно превышать  $\pm 3$  см. Фракции почвы размером до 5 см должны составлять не менее 80 %. Комки размером более 10 см не допускаются. Коэффициент надежности технологического процесса не менее 0,99.



### **3. ДИСКОВЫЕ БОРОНЫ И ЛУЩИЛЬНИКИ В СИСТЕМЕ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Считается, что доля обработки почвы в формировании урожайности составляет до 20% [1]. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве наибольшее распространение получили интенсивная (традиционная) технология на основе отвальной вспашки и минимальная поверхностная технология обработки почвы. Нулевая технология – прямой посев без предварительной обработки почвы (No Till) пока ещё находится на стадии исследования и производственной проверки. Разработка сельскохозяйственных машин и орудий для обработки почвы требует знания технологий основной и предпосевной обработки почвы, учитывающая предшественника, характеристику поля после предшествующей операции, исходные требования на операции.

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур определяются почвенно-климатическими условиями их возделывания в каждой зоне, которые определяют типаж сельскохозяйственных машин и, в особенности, почвообрабатывающих машин и орудий. Подготовка почвы начинается со своевременной и качественной уборки урожая предшествующей культуры. Здесь имеется ввиду уборка урожая в кратчайшие сроки в целях своевременного и незамедлительного начала подготовки почвы, качественное измельчение и равномерное распределение пожнивных остатков по полю, как необходимое условие сохранения влаги, качественной обработки почвы в предусмотренные сроки и повышения производительности почвообрабатывающих агрегатов.

Основными предшественниками озимых колосовых культур в севооборотах Краснодарского края являются многолетние травы, горох, кукуруза на силос, кукуруза на зерно, подсолнечник, сахар-

ная свекла, озимая пшеница (но не более двух лет на одном поле подряд).

После уборки рано убираемых предшественников (горох, кукуруза на силос, озимая пшеница, ячмень и др.) по варианту интенсивной технологии необходимо немедленно провести лушение (мульчирование) поля с целью сохранения влаги, уничтожения проросших сорняков, мелкой заделки семян сорняков для получения провокационных всходов и последующего их уничтожения или механической обработкой или химическим путем при обработке гербицидами с последующей немедленной отвальной вспашкой. Глыбистую вспашку необходимо доработать до посевного состояния дисковыми боронами. Дальнейший уход за полем заключается в поддержании его в чистом виде от сорняков периодической обработкой паровыми культиваторами.

Подготовка почвы после пропашных культур (кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы и других культур) имеет свои особенности. Часто уборка этих культур проходит при наступлении сроков сева озимых колосовых культур, особенно, в северной зоне края, где посев начинается в более ранние сроки. В этих условиях основной обработкой почвы является дискование поля дисковыми боронами на глубину 10...12 см, которая позволяет получить более высокое качество крошения почвы. Такая мелкая по глубине обработка почвы как вариант минимальной обработки почвы позволяет в сжатые сроки подготовить её к посеву с минимальными затратами. Следовательно, с агротехнической точки зрения в обеих наиболее распространенных технологиях возделывания озимых колосовых культур дисковые почвообрабатывающие орудия занимают лидирующее положение в перечне всего комплекса орудий для подготовки почвы. Аналогичное положение наблюдается и по другим культурам. Этому подтверждением яв-

ляется и появление на рынке большого выбора отечественных и зарубежных дисковых борон и мульчировщиков.

Дисковые ротационные орудия обладают рядом ценных качеств, которые делают их предпочтительными в сравнении с другими орудиями, предназначенными для выполнения той же операции, что и бороны и мульчировщики. Это простота конструкции, более высокая технологическая надежность, способность поверхностной обработки почвы, относительно низкий износ рабочих органов.

Дисковые почвообрабатывающие орудия нового поколения с индивидуальным креплением рабочих органов к раме, безусловно, приобрели новые качества в результате введения ряда принципиально новых и перспективных конструктивных элементов. Однако одновременно открылись и новые задачи, разрешение которых может поднять эффективность этих орудий на новую ступень. Поэтому анализ особенностей конструкций дисковых почвообрабатывающих орудий и тенденций их развития, безусловно, является основанием и программой новых исследований с целью дальнейшего повышения их эффективности.

В первую очередь следует заметить, что необходимо разобраться с многообразием схем размещения и способов соединения рабочих органов с рамой. В России наибольшее распространение получили дисковые бороны и луцильники с их индивидуальным креплением на отдельной стойке к раме. Такое соединение рабочего органа с рамой дало возможность наклонить каждый диск к поверхности поля, что позволило увеличить пропускную способность в междисковом пространстве, а также повысить технологическую надежность и степень перемешивания пожнивных остатков с почвой. Кроме этого индивидуальное крепление облегчает ремонт бороны или луцильника в случае поломки по сравнению со схемой батарейной сборки, которая требует полной разборки

всей батареи, и замены поломанной части. Индивидуальное же крепление позволяет выполнить эту же операцию легко в полевых условиях, имея при себе запасной диск. Похожие проблемы возникают с орудиями батарейного типа при их забивании на влажных почвах или наличии большого количества пожнивных остатков. В этих случаях для устранения возникшей проблемы чаще всего требуется наличие подъемных средств и затрат времени. К сожалению, дисковые орудия с индивидуальным креплением к раме рабочих органов существенно дороже. К этому следует ещё добавить, что в конструкциях зарубежных дисковых борон чаще всего встречаются именно схемы батарейного типа, а трех - четырех рядные дисковые бороны с индивидуальным креплением практически отсутствуют, хотя количество дисков на единицу ширины захвата одинаково с многорядными. Такое положение в первую очередь объясняется созданием более облегченных условий работы дисковых борон. Это почвы с более легким физико-механическим составом и более тщательная подготовка поля при уборке предшественника в соответствии с исходными требованиями. Бороны зарубежного производства имеют повышенную техническую надежность. Однако их высокая стоимость мешает большему распространению. Следовательно, для проектирования оптимального варианта или рекомендации при выборе из представленных на рынке вариантов необходимо учитывать физико-механические свойства почвы, уровень культуры подготовки поля при уборке предшественника и на их основе выбрать вариант, удовлетворяющий требованиям технологической надежности, степени крошения почвы, перемешивания пожнивных остатков с обрабатываемым слоем почвы, других агротехнических требований, технической надежности, ремонтпригодности и срока службы. Рекомендуется обратить особое внимание на себестоимость выполняемых работ. Решение каждого из перечисленных требова-

ний связано с необходимостью разработки новых конструкций и оптимизации всех их параметров.

Одним из важных агротехнических требований является способность бороны или луцильника заглубляться на заданную исходными требованиями глубину. Бесспорно, что заглубляемость дисковых борон зависит от ряда конструктивных параметров. Однако, если бороны и луцильники зарубежного производства у себя на «родине» показывают отличные результаты по заглубляемости, то в более жестких почвенных условиях, например в центральной зоне Краснодарского края, этот показатель, к сожалению, не подтверждается. Причина здесь одна - низкая вертикальная нагрузка на диск. Такие же плохие результаты показывают и большинство отечественных орудий с аналогичным диагнозом. И это результат слепого копирования нашими производителями зарубежных конструкций, не желающих вкладывать средства в новые разработки, учитывающие различие почвенных условий. Следовательно, необходимость разработки новых конструкций, обеспечивающих высокую заглубляемость борон и луцильников очевидна.

Конструктивно дисковые бороны и мульчировщики очень похожи. И эта схожесть помешала нашим производителям заметить их принципиальное отличие, исходящее от различия исходных требований к ним. Согласно требованиям мульчирование (лушение) необходимо проводить на глубине до 6 см, а боронование - 8...12 см. К операции мульчирования предъявляются более высокие требования к степени крошения почвы, чем к боронованию. Известно также, что согласно теории деформации почвы и её крошения наилучшие результаты можно достичь при меньшем диаметре и меньшей кривизне сферы диска. Меньший диаметр диска также легче заглубляется в почву при меньшей нагрузке, приходящейся на один диск, его угловая скорость выше. Все вы-

шеприведенные параметры, присущие мульчировщикам, дают более высокие показатели качества обработки почвы. Однако большинство мульчировщиков отечественного производства снабжены дисками такого же диаметра что и бороны (560 мм).

Как было сказано выше, мульчирование почвы проводится на глубине до 6 см с отклонениями не более  $\pm 1$  см. Такие жесткие требования невозможно выполнить без копирования рабочими органами профиля поверхности поля. Однако у большинства отечественных мульчировщиков рабочие органы закреплены жестко к раме на ширине от 3 до 8 м. На такой ширине захвата неровности поверхности поля соизмеримы с установочной глубиной обработки почвы, а порой даже превышают ее в несколько раз. Поэтому при проектировании мульчировщиков необходимо обратить внимание и на этот факт.

Одним из наиболее важных параметров дисковых орудий является угол атаки. От угла атаки диска зависит ширина его захвата, степень крошения почвы, заглублиение. При увеличении угла атаки все эти параметры повышаются, но увеличивается возможность забивания междискового пространства почвой и пожнивными остатками. Анализ этого параметра на большом количестве орудий показывает, что угол атаки выбирается в пределах до  $25^\circ$ . На большинстве орудий отечественного производства угол атаки регулируется, но ни на одном орудии зарубежного производства этот параметр не регулируется. На первый взгляд создается впечатление, что регулирование угла атаки необходимо при меняющихся условиях работы для достижения максимально возможного эффекта с одной стороны, с другой стороны, как многие специалисты подмечают, пользователи часто оказываются неспособны правильно в соответствии с конкретными условиями выбрать интуитивно наилучший вариант. К тому же ещё следует иметь в виду, что система регулирования угла атаки тоже удорожает про-

дукцию. В связи с вышеизложенным, следует рекомендовать при разработке исходных требований решить проблему необходимости регулирования угла атаки. В этой ситуации надо проанализировать необходимость частой регулировки этого параметра исходя из реально меняющихся параметров условий эксплуатации. Если разработчик планирует ввести в конструкцию орудия регулирование угла атаки, то стойка диска очевидно должна быть расположена только со стороны внутренней сферы диска. Отказ же от регулирования угла атаки дает возможность установить стойку вместе с подшипниковым узлом на наружной стороне сферы, обеспечивая тем самым более беспрепятственный подъем почвы по поверхности внутренней сферы и её проход в междисковом пространстве.

Пожалуй наибольшая неразбериха в дисковых орудиях при выборе прикатывающих катков. Можно перечислить более десятка катков разной конструкции, приобретенных в разных хозяйствах с одинаковыми условиями эксплуатации. В такой обстановке, пожалуй, лучшим вариантом будет выпуск катков к каждой бороне в виде опций для различных условий - крошащего типа для сухих и пересушенных почв, спирального типа для выравнивания поверхности поля, опорно-копирующие для влажных и переувлажненных почв и т. д. Решением этого важного вопроса должны заниматься не только производители, но и специалисты производства. Разработка дисковых борон и луцильников в обязательном порядке должна учитывать технологическую эффективность и надежность, техническую надежность, равновесие орудия и множество других параметров, без удачного решения которых невозможно получить в производстве успех. И эту достаточно сложную проблему призваны решить научные и конструкторские организации совместно со специалистами сельскохозяйственного производства.

#### 4. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ

Назначение ротационных дисковых орудий, безусловно, в первую очередь определяется их ролью в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому предпочтение тем или иным дисковым орудиям определяется почвенно-климатическими условиями, набором сельскохозяйственных культур, технологиями подготовки почвы к посеву, принятыми исходными агротехническими требованиями.

В технологиях, предусматривающих после уборки предшественника мелкую обработку почвы с целью сохранения в ней влаги и борьбы с сорняками, применяют дисковые лущильники, которые предназначены для обработки почвы на глубину 4...6 см. В литературе более ранних изданий часто встречается лущильники, предназначенные для обработки почвы на глубине до 15 см. Это различие объясняется тем, что в то время более тяжелые дисковые бороны применялись только для предпосевной подготовки почвы после отвальной вспашки и не применялись как самостоятельное орудие для основной обработки почвы. Однако применявшиеся тогда достаточно легкие дисковые лущильники могли обработать почву в соответствии с агротехническими требованиями только в результате многократных проходов, а для дисковых борон рекомендовали даже отрицательный затылочный угол, так как они служили только для крошения глыб и крупных комков почвы после отвальной вспашки и не были предназначены для обработки ещё нетронутой почвы [27].

Разработка новых технологий и появление более совершенных дисковых борон существенно изменило расстановку дисковых борон и лущильников по своему назначению. Согласно минимальной обработки почвы, которая за последние годы получает



все большее признание в отличие от традиционной (интенсивной) технологии, требуется проводить основную обработку почвы только на глубину 8...12 см с измельчением пожнивных остатков и перемешиванием их с почвой. С такой обработкой, исходя из особенностей конструкции, не могут справиться подрезающие рабочие органы культиваторного типа. В наибольшей степени этим требованиям отвечают ротационные дисковые рабочие органы, которые, перекатываясь по почве, измельчают пожнивные остатки и одновременно обрабатывают почву. Орудия с ротационными рабочими органами позволяют в отличие от полевых культиваторов и, особенно, от плоскорезов, проводить обработку почвы и на малых глубинах. За последние годы на рынке дисковых ротационных почвообрабатывающих орудий представлены новые дисковые бороны и луцильники - дискаторы и мульчировщики. Конструктивно они отличаются от луцильников и борон батарейного типа тем, что у них каждый рабочий орган имеет индивидуальное крепление к раме и кроме регулируемого угла атаки диски могут быть наклонены к почве, как у дисковых плугов. Однако все исходные агротехнические требования у мульчировщиков сохранились в полном соответствии с требованиями к дисковым луцильникам также как и у дисковых борон и дискаторов. Поэтому по своему назначению дисковые ротационные почвообрабатывающие орудия можно подразделить на два типа - на луцильники (мульчировщики) и бороны.

Дисковые луцильники из числа первых выпусков, прослуживших много лет производству, ЛД-5 (10, 15 и 20), а затем и их гидрофицированные модификации, представляли собой расположенные в один ряд симметричные дисковые рабочие органы диаметром 450 мм (рис.4.1). Для обеспечения лучшего копирования рельефа поля диски были объединены в секции-батареи по 9...10

рабочих органов. В секциях-батареях диски насажены на квадратный вал.

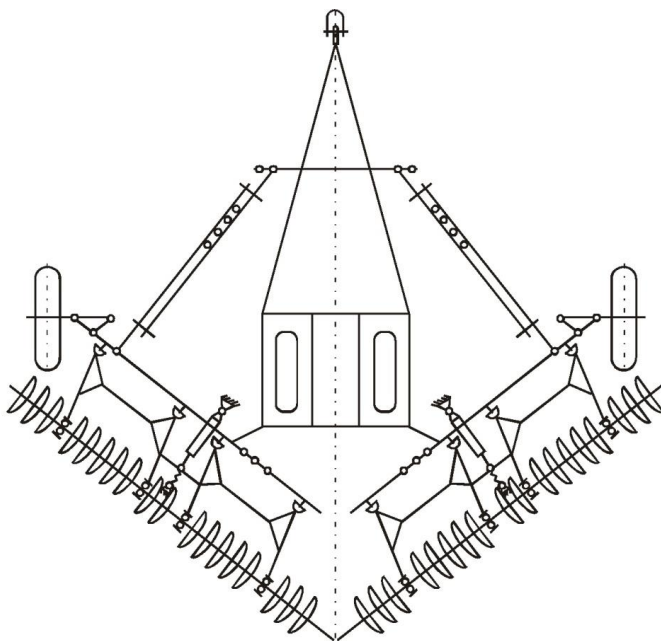


Рисунок 4.1 – Дисковый лушитель ЛДГ-10

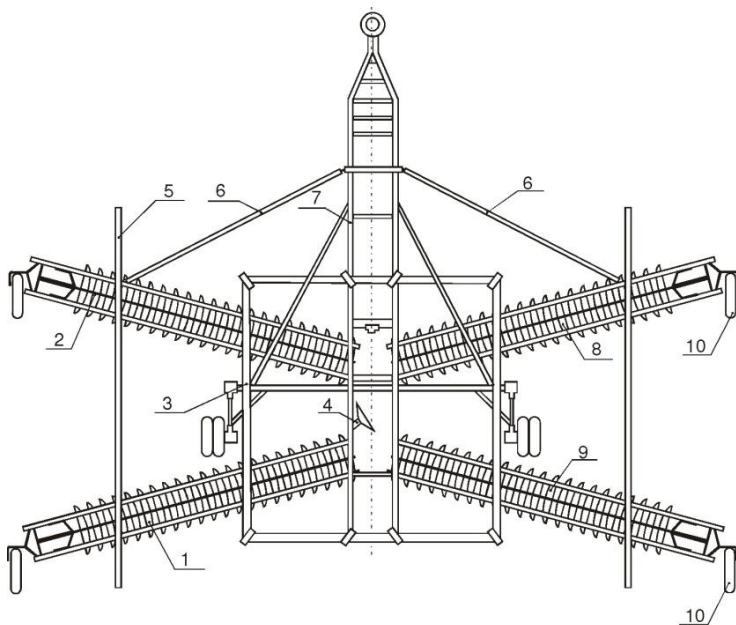
Для заглубления рабочих органов на секциях-батареях установлены ящики для дополнительных грузов. Угол атаки регулируется в пределах  $15^{\circ}$ ...  $35^{\circ}$ . Глубину обработки почвы можно было регулировать не только догрузкой в ящики, но и изменением угла атаки дисков, а также пружинами на каждой секции. Однако все вышеперечисленные регулировки установки глубины обработки почвы не обеспечивали достижения желаемых результатов. Вместимость балластных ящиков, установленных на секциях-батареях и заполняемых землей и камнями, незначительна и заметно нагрузку на каждый диск не повышает, результат других регулировок то же остается незначительным. На качество работы этих

луцильников отрицательно влияло и низкое качество подготовки поля к лущению. Поздние сроки начала обработки почвы после уборки по разным причинам (организационным, технологией, предусматривающей сбор соломы, недостатком техники) приводили к пересушиванию почвы. Однако, все же эти луцильники, выпускавшиеся длительное время заводом «Сибсельмаш», сыграли положительную роль в повышении уровня агротехники при подготовке почвы. В настоящее время аналог луцильников типа ЛДГ выпускается ОАО «Белагромаш-сервис» под маркой ЛДГ-12Б. При общей массе 3750 кг нагрузка на один диск не превышает 45 кг, что в первую очередь ограничивает их более широкое применение во всех зонах. ЗАО «Апшеронский завод «Лессельмаш» выпускает двухрядную дисковую борону батарейного типа БД-10Б (рис 4.2), которую можно было бы использовать и как луцильник.

Но у этой бороны нагрузка на диск при общей массе 4450 кг и количестве установленных дисков 120 шт. на ширине 10,5 м еще ниже (37 кг на диск). Эти бороны, широко применявшиеся ранее, при переходе на новые технологии, предусматривающие сохранение всех пожнивных остатков, оказались в прежнем виде мало-пригодными.

Появившиеся в последнее десятилетие упоминавшиеся уже мульчировщики в определенной степени перехватили первенство в лущении почвы. Особенностью этих мульчировщиков являются:

- фронтальное двухрядное расположение рабочих органов;
- индивидуальное плавающее соединение рабочих органов с рамой;
- увеличенное расстояние между дисками в одном ряду (250...300 мм);
- дисковые рабочие органы должны быть не вырезные, т.е. со сплошным лезвием.



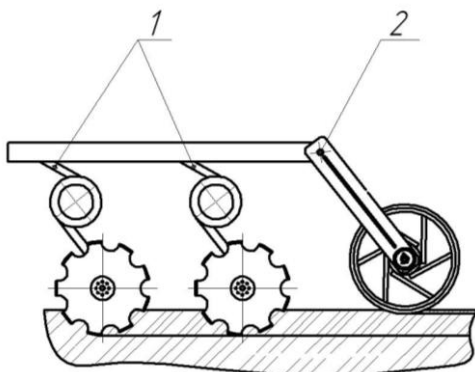
1, 2, 8, 9 - секции; 3 - рама с транспортными колесами; 4 - гребнерез; 5 - соединитель секций; 6 - передняя тяга; 7 - рама бороны; 10 - самоустанавливающиеся колеса

Рисунок 4.2 - Дисковая борона БД-10Б

Фронтальное расположение рабочих органов позволяет разработать более компактные конструкции дисковых орудий, а двухрядное расположение дисков по сравнению с дисковыми лущильниками типа ЛДГ повышает технологическую надежность, обеспечивает более полное подрезание сорняков и почвы по всей ширине обработки. В конструкциях мульчировщиков необходимо всегда предусматривать систему копирования рабочими органами поверхности почвы, так как глубина обработки почвы при лущении (4...6 см) соизмерима с вариацией профиля поверхности поля.

Наиболее близкую к изложенным требованиям конструкцию мульчировщика предложило ООО «Белагромаш-сервис» (рис. 4.3).

Предложен модельный ряд мульчировщиков к тракторам различного класса тяги шириной захвата от 3,2 м до 9,2 м. На них диски установлены на индивидуальных спиральных стойках, которые способны копировать микронеровности поля и тем самым обеспечить требуемое качество работы на малых глубинах.



1 – дисковые рабочие органы на индивидуальных спиральных стойках; 2 – каток

Рисунок 4.3 – Дисковый мульчировщик ДМ-9,2

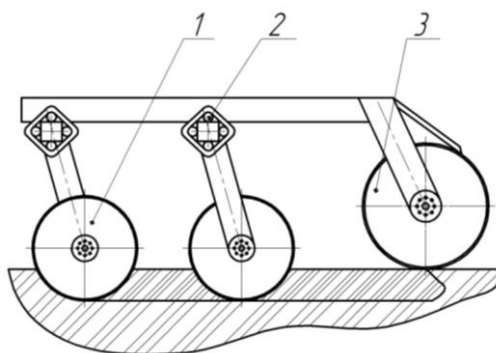
Однако применение дисков со сплошным лезвием обеспечивало бы лучшее измельчение пожнивных остатков, что особенно важно для малой глубины обработки почвы. Расстояние между следами дисков в 125 мм двухрядных мульчировщи-

ков серии ДМ не обеспечивает подрезание почвы и сорняков по всей ширине захвата и, особенно, на малых глубинах мульчирования (4...6) см за один проход. В арсенале этого общества есть и четырехрядный мульчировщик, единственным отличием технологической схемы которого от двухрядных является расстояние между следами дисков в плане (100 мм), что позволяет за один проход обработать почву с полным её подрезанием на всем диапазоне заявленной глубины до 12 см.

К сожалению, многие отечественные производители именуют производимые ими двухрядные дисковые орудия мульчиров-

щиками, не делая при этом разницы между мульчированием (лушением) и боронованием ни по исходным агротехническим требованиям, ни по требованиям копирования рельефа поля, ни по выбору типа рабочего органа.

Интерес представляет луцильник фирмы Amazone (ФРГ) Catros (рис.4.4). Этот луцильник снабжен гладкими сферическими дисками диаметром 460 мм, установленных отдельно каждый на



1 – сферический диск; 2 – эластичный резиновый демпфер; 3 - резино-клиновыи каток

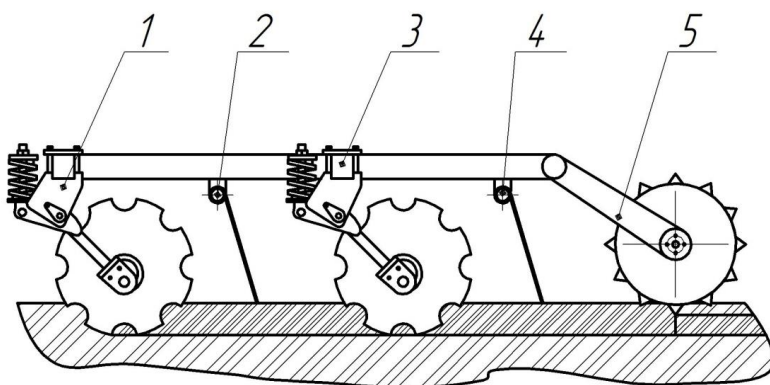
Рисунок 4.4 – Дисковая борона-луцильник Catros фирмы Amazone

эластичных резиновых демпферах, которые служат для копирования рельефа поля и предохранительного устройства.

Высокая угловая скорость диска с относительно небольшим диаметром способствует бо-

лее интенсивному воздействию на почву и её крошению. Большим успехом конструкции этого луцильника является возможность регулирования взаимного расположения рядов в зависимости от состояния почвы и глубины её обработки. Нагрузка на один диск составляет всего 70 кг, но для сохранения качества обработки почвы борона-луцильник снабжается съемным дополнительным балластом в качестве опции. Для комплектования этих орудий в зависимости от почвенных условий предлагаются катки различной конструкции, наиболее признанным из которых являются резино-клиновые катки.

Большое распространение в России нашли универсальные дисковые бороны-луцильники Рубин фирмы Lemken (ФРГ) (рис.4.5). В основном эти орудия предназначены для боронования на глубину до 14 см. Однако они также отвечают большинству требований и к луцильникам. Плавающая система подвески дисков к раме, неглубокие вырезы по периметру диска, двухрядное расположение, увеличенные угол атаки и угол наклона дисков уже на глубине 7 см дают сплошное подрезание почвы.



1,3 – дисковые рабочие органы; 2,4 – штригель; 5 – каток  
Рисунок 4.5 – Дисковая борона Рубин 9 600/KU фирмы Lemken (ФРГ)

Однако заглабляемость этих орудий в условиях тяжелых черноземов и при наличии большого количества пожнивных остатков недостаточна. Для их качественной работы требуется более тщательная подготовка поля при уборке предшественника.

С переходом на минимальную обработку почвы на больших площадях потребность в дисковых орудиях резко повысилась. Этот переход на новую технологию подготовки почвы послужил поводом появления принципиально новых в технологическом и конструктивном исполнении дисковых борон. Если раньше диско-

вые бороны и луцильники выпускались для всей страны практически одним заводом «Сибсельмаш» (г. Новосибирск), то уже только в России их выпускают несколько десятков небольших предприятий. Еще больше на российском рынке представлено борон зарубежного производства.

Особенностью нового поколения дисковых борон является установка каждого рабочего органа - диска на отдельной стойке и его наклон к вертикальной плоскости как у дисковых плугов. При этом диски располагаются фронтально в несколько рядов на поперечных балках. В России сначала идея установки плоских наклонных дисков на отдельных стойках была проверена Сибирским научно-исследовательским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства (СИБИМЭ) совместно с ГСКБ на машинах для улучшения лугов и пастбищ, но исследования были прекращены в связи с усложнением конструкции и существенным повышением стоимости. В начале 1985 году Краснодарский НИИ сельского хозяйства опубликовал впервые результаты исследований экспериментального образца бороны с наклонными сферическими дисками на отдельных стойках [8]. Полученные результаты показали высокую результативность по всем основным агротехническим результатам, но по тем же необоснованным причинам и эти исследования были прекращены.

В настоящее время в России производится большое количество дисковых борон, производимых многочисленными малыми и средними предприятиями, принципиально мало отличающимися друг от друга. Но их можно разделить на группы по следующим параметрам:

- бороны батарейного типа и на индивидуальных стойках;
- бороны навесные и полунавесные;
- по количеству рядов (2-х, 3-х и 4-х рядные);



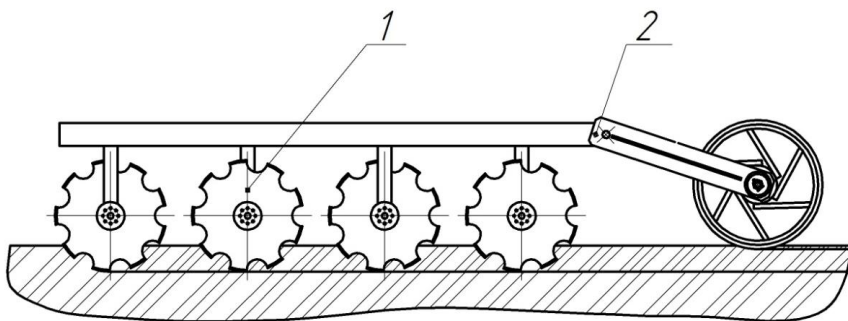
- по способу соединения рабочих органов к раме (жесткое и плавающее);

- по типу рамы бороны - жесткая цельная рама для ширины захвата до 4-х метров и секционная - при ширине захвата более 4-х метров.

Важным отличием многорядных дисковых борон (два и более ряда) является технологическая схема размещения рабочих органов, которая в большой степени решает качество обработки почвы. Выбор типа рабочего органа и его параметры вместе с оптимально выбранной технологической схемой определяют успех операции обработки почвы и всей дисковой бороны.

Основными производителями дисковых борон в России являются ООО «Белагромаш-сервис» (г. Белгород), ООО «БДМ-Агро» (г. Краснодар), ЗАО «Апшеронский завод «Лессельмаш», ООО «Промагро» и др. Большую долю в реализации дисковых борон и луцильников занимают многие зарубежные фирмы: Lemken и Amazone (ФРГ), Väderstad (Швеция), Kuhn, Agrisem и Gregoire Besson (Франция), Gaspardo (Италия), Keis и Sanflorer (США) и др. Российскими производителями представлено наибольшее количество дисковых борон в четырехрядном исполнении, а зарубежными – только двухрядные. Разработаны и выпускается весь модельный ряд борон для тракторов различного класса тяги. Борона ООО «Белагромаш-сервис» БДМ-4×4ПМ в четырехрядном исполнении с жестким индивидуальным креплением к раме дисков (рис.4.6) предназначена для основной обработки почвы после уборки предшественника на глубину до 14 см, измельчения пожнивных остатков и перемешивания их с взрыхленной почвой, а также её выравнивания и прикатывания.

Для сухих почв, когда на поверхности почвы после прохода дисков остается большое количество крупных комков, борона комплектуется кольчато-шпоровым катком.



1 – дисковые рабочие органы; 2 – каток

Рисунок 4.6 – Дисковая борона БДМ-4×4ПМ ООО «Белагро-маш-сервис»

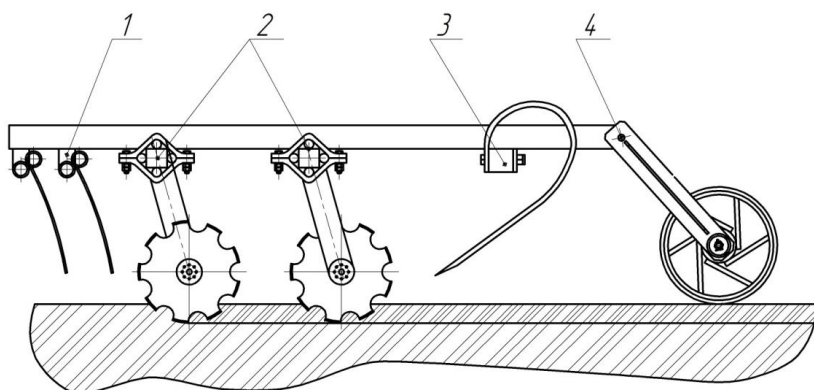
В случае обработки легких почв с оптимальной влажностью спиральный каток, который выпускается для этой бороны, лучше выравнивает почву. Расстояние между дисками в одном ряду 400 мм, что почти в два раза больше, чем у борон батарейного типа. Поэтому эти бороны обладают очень высокой технологической надежностью, близкой к 1. Угол атаки дисков регулируется до  $30^\circ$  и это дает возможность на сухих и твердых почвах увеличить угол атаки, тем самым добиваясь положительного затылочного угла. В случае же влажной или переувлажненной почвы угол атаки необходимо уменьшить для предотвращения забивания дисков. При общей массе бороны 3462 кг и общем количестве рабочих органов 40, удельная нагрузка на диск составляет 86 кг. На сухих и твердых почвах, особенно при наличии большого количества пожнивных остатков, такой нагрузки на диск может оказаться недостаточно для заглубления бороны на требуемую глубину. Поэтому для потребителей с жесткими почвенными условиями необходимо предусмотреть в качестве дополнительной опции балласт, определив заранее место их установки.

Дискатор БДМ-8×4П производства БДМ-Агро (г. Краснодар) спроектирован по аналогичной технологической схеме. Дискатор шириной захвата 8,1 м имеет секционную раму и обеспечивает все требования для транспортировки по дорогам.

Нагрузка на один диск при общей массе 8025 кг и количестве дисков 79 составляет 101 кг, что гарантирует лучшее заглубление в почву. По желанию заказчика и в зависимости от характеристики условий эксплуатации борона может быть укомплектована различными катками: спиральными - ШКС, шевронным - ШКШ, трубчатыми - ШКТ, обрезиненными - ШКО.

Шведская фирма Väderstad выпускает на основе дисковых орудий многофункциональную машину для обработки почвы Carrieg, которая может разрыхлить почву, равномерно распределить по полю пожнивные остатки, измельчать их и равномерно перемешивать с почвой, выравнивать почву и прикатывать её. При применении Carrieg все должно быть направлено на повышение её производительности: применение агрегата с максимально возможной шириной захвата, высокие скорости обработки почвы, круглосуточный режим работы агрегата, подбор квалифицированных механизаторов. Обработка почвы после уборки предшественника в кратчайшие сроки окупает себя повышенным качеством обработки, созданием необходимых условий для прорастания семян и вегетации растений, а также экономией топлива и затрат труда. Дисковое орудие имеет несколько вариантов сочетания рабочих органов.

Основной вариант дисковой бороны Carrieg (рис.4.7) включает два ряда фронтально установленных на поперечных балках конических дисков, установленных на резиновых стойках.



1 – распределитель пожнивных остатков; 2 – конический диск; 3 – выравниватель; 4 – каток

Рисунок 4.7 – Дискový культиватор Carriger фирмы Väderstad

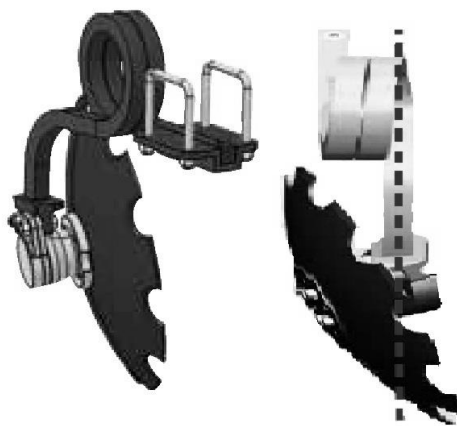
За ними следуют выравниватель почвы и прикатывающий каток из стальных колец для рыхления и выравнивания почвы. При наличии на поверхности почвы куч пожнивных остатков или неравномерно разбросанной комбайном измельченной соломы, на раму орудия устанавливается распределитель. Важной особенностью этой бороны является то, что на ней установлены не сферические, как на всех других бороны, а конические диски, которые при износе диска по диаметру рабочий угол сохраняют неизменным.

Двухрядная фронтальная дисковая бороны Ufo (Италия) отличается оригинальной конструкцией пружинной амортизирующей стойки.

Стойка диска представляет собой винтовую навивку проволоки квадратного сечения, горизонтальный конец которого соединен с рамой, а вертикальный - с корпусом подшипникового узла диска.

Такая система подвески дает возможность отклоняться диску при превышении действующей силы выше расчетной. Это предохраняет диск от поломок и за счет колебательного

движения уменьшаются энергозатраты. Аналогичное устройство стойки диска содержится в дисковой бороне Disk-O-Mulch французской фирмы Agrisem по евразийскому патенту №007702, отличие которых заключается в направлении навивки спирали по отношению к боковой силе (рис. 4.8).



а – рабочий орган дисковой бороны Disk-O-Mulch; б – рабочий орган дисковой бороны Ufo.

Рисунок 4.8 – Дисковые рабочие органы на инвильвальных спиральных стойках

Хорошо зарекомендовали себя двухрядные дисковые бороны Diskomat фирмы Farmet (Республика Чехия). Диски на боронах этой фирмы имеют внутреннюю заточку, а после каждого ряда установлены дефлекторы с гидравлическим управлением рабочей высоты. В целях более качественного обратного уплотнения почвы применяются шины в два ряда.

Несмотря на очевидные преимущества дисковых борон и лушильников с индивидуальным креплением рабочих органов к раме, не прекращается выпуск и борон батарейного типа в Европе и особенно в Северной Америке. Это объясняется тем, что применяющаяся технология уборки основных культур предполагает одновременное измельчение и равномерное разбрасывание пожнив-

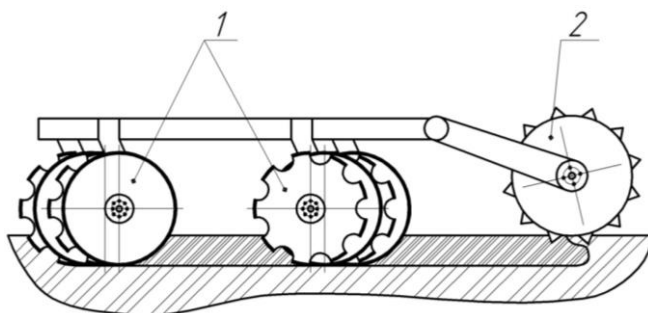
ных культур, наличие в хозяйствах достаточного количества почвообрабатывающей техники, повышение их производительности, что позволяет своевременное выполнение всего объема работ по обработке почвы на освобождающихся полях.

ЗАО «Апшеронский завод Лессельмаш» производит дисковые тяжелые бороны батарейного типа БДТ-3, БДТ-7К-01, БДТ-9,4, БДТ-10,2 и БДТ-12. Технологические параметры этих борон не изменились по сравнению с боронами БДТ-7 и БДТ-3, которые производились ранее ООО «Сибсельмаш». Изменились лишь ширина захвата и масса. ОАО РТП «Петровское» (г. Светлоград) выпускает серию дисков батарейного типа БД-6,6, БД-4,2, БД-9,3/8 и др. Основным и очень важным преимуществом дисковых борон батарейного типа является их более низкая цена по сравнению с боронами с индивидуальным креплением дисков к раме.

За последние годы существенно изменились технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Сократилась традиционная технология с отвальной обработкой почвы, и увеличились площади с применением почвозащитной и минимальной обработки почвы. Повысилась культура подготовки поля в период уборки предшественника. Реже стали применять раздельную и копенную технологии уборки зерновых колосовых, которые задерживали начало обработки почвы. Появилась более производительная уборочная техника с измельчителями-разбрасывателями соломы. В связи с этим исчезли и некоторые причины, которые снижали качество обработки почвы и производительность дисковых луцильников и борон. В связи с вышеизложенным многие производители борон и луцильников и до сих пор не прекращают выпуск этих орудий в батарейном исполнении, но еще более совершенные и широкозахватные, чем ранее.

Фирма Gregoire Besson (Франция) выпускает X-образные дисковые бороны под тракторы от 150 до 320 л.с. для различных

почвенно-климатических условий: Вiq Pro-для легких условий (нагрузка на диск 75...88кг), средняя серия (нагрузка на диск 113...121 кг) и тяжелые бороны (нагрузка на диск 150...161 кг) (рис. 4.9.)



1 – батарея чередующихся дисковых рабочих органов; 2 – каток

Рисунок 4.9 – Дисковая борона Gregoire Besson (Франция)

Бороны оснащены оригинальными, легко доступными и удобными органами настройки. Для обратного уплотнения к бороне можно подобрать наиболее подходящие прикатывающие катки. Аналогичную технологическую схему имеет и другая французская дисковая борона Diskover. В боронах Diskover и Gregoire Besson гладкие и вырезные диски чередуются в рядах в целях сохранения противоречащих показателей измельчения пожнивных остатков и технологической надежности.

Дисковые бороны батарейного типа выпускают практически по схожей технологической схеме фирмы Salford (Канада), Gaspardo (Италия) и Krause (США).

Несмотря на обилие дисковых борон и лушильников отечественного и зарубежного производства на нашем рынке все же остается ещё много проблем, решение которых для почвенных условий каждой зоны является совместной задачей исследователей, конструкторов, технологов и специалистов производства.

## 5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

К основным технологическим параметрам рабочих органов дисковых борон и луцильников, обеспечивающим качество обработки почвы в соответствии с исходными требованиями, высокую технологическую надежность и эффективность относятся диаметр диска  $D$  и радиус кривизны сферы диска  $R$ . От значения этих параметров зависят многие технологические показатели работы дисковых борон и луцильников: качество крошения почвы, заглубляемость, измельчение и заделка пожнивных остатков, технологическая надежность, ширина захвата диска. Порядок расчета параметров дисков зависит от физико-механических свойств почвы, предшественников, способа их уборки, которые определяют условия работы, технологии подготовки почвы под последующую культуру, определяющей исходные агротехнические требования, а также от технологической схемы борон и луцильников.

В зависимости от условий работы и исходных требований определяются первоочередные требования к качественным и эксплуатационным показателям работы орудия. С учетом этих требований выбирают диапазон значений параметров дисков, которые корректируются при рассмотрении других показателей. В научной литературе встречается большое количество аналитических зависимостей значений параметров дисков и их ориентации в почве от показателей, характеризующих условия работы, сопровождаемые экспериментально подтвержденными данными. Но, к сожалению, в большинстве случаев эти результаты не воспроизводятся на практике из-за постоянно изменяющихся условий работы. Это обстоятельство указывает на необходимость проведения экспериментальных исследований в самых разных условиях, вплоть до



критических. В таких сложных объектах, как почва и исследования связанных с ней следует предпочтение отдать экспериментальным работам. Теоретические же исследования должны при этом служить первоначальным ориентиром для выбора действующих на объект факторов и направления движения к оптимуму.

При возделывании озимых колосовых культур по поздно убираемым пропашным культурам по современной технологии основную обработку почвы проводят дисковыми боронами. При этом условия работы характеризуются часто повышенной твердостью почвы и наличием большого количества крупностебельных пожнивных остатков. После уборки зерновых колосовых культур обычно почва легко обрабатывается и пожнивны культуры не требуют дополнительного измельчения - условия работы дисковых борон и лушительников более легкие. В этом случае ранжировка показателей качества обработки почвы меняется. Совершенно другой подход потребуется для пересушенной или переувлажненной почвы. Чтобы не упустить рекомендуемые сроки сева, как весьма существенный фактор для будущего урожая, иногда приходится и в таких жестких условиях начинать обработку почвы.

Однако, при любом состоянии поля, подлежащего обработке, следует в первую очередь рассмотреть вопрос технологической надежности, которая зависит от забивания почвой и пожнивными остатками междискового пространства, когда невозможно продолжать работу. В силу конструктивных особенностей этот параметр является наиболее важным для дисковых борон батарейного типа. У этих борон междисковое расстояние на одной батарее составляет всего лишь 220 мм и все диски вращаются синхронно. Эти два обстоятельства являются причиной частого забивания этих борон. Поэтому для борон батарейного типа следует начинать решение проблемы оптимизации параметров диска с полного устранения забивания бороны почвой и пожнивными остатками.

Собственно, в основном именно по этой причине многие производители прекратили выпуск борон батарейного типа, хотя они еще далеко не исчерпали свои возможности и имеют ряд преимуществ в сравнении с боронами с фронтальным расположением дисков на раме в несколько рядов на индивидуальных стойках. При таком размещении рабочих органов междисковое расстояние увеличивается в 1,5...2 раза по сравнению с боронами батарейного типа. И в этих условиях отпадает проблема забивания почвой и пожнивными остатками междискового пространства и на первый план выступает заглубляемость дисков. Заглубляемость дисков является важным показателем, ибо от нее зависит и количество проходов по полю для достижения требуемой глубины.

Крошение почвы дисковыми боронами и лушильниками зависит не только от почвенных условий, но и от параметров дисков, их ориентации в почве и параметров размещения на раме. Почва, после отрыва от монолита поднимаясь по внутренней поверхности сферы диска, крошится от деформаций сжатия и изгиба. Чем меньше радиус сферы, т.е. больше ее кривизна, тем выше деформация почвы, а следовательно и крошение. Степень крошения почвы зависит также и от угла атаки дисков. Увеличение угла атаки дисков способствует повышению качества обработки почвы. Но чрезмерное увлечение этим параметром может приводить к забиванию бороны почвой и пожнивными остатками. Это объясняется тем, что при увеличении угла атаки, в зависимости от условий работы, наблюдается протаскивание дисков без вращения, а также снижается проходимость почвенной массы в сужающемся пространстве между дисками.

Повышение скорости обработки почвы и увеличение кривизны дисков способствует лучшему перемешиванию пожнивных остатков с почвой. Но эти два фактора при этом снижают заглубляемость при одном и том же диаметре и увеличивают сопротив-

ление почвы. Ранее в традиционных технологиях уборки и отвальной обработки почвы измельчению пожнивных остатков не уделялось достаточно внимания. Вся солома стаскивалась с поля и скирдовалась. При минимальной и почвосберегающей технологиях подготовки почвы, в процессе уборки практически всех основных культур одновременно с уборкой измельчается вся солома и остается решить вопрос заделать ее в почву при обработке дисковыми боронами или оставить для защиты почвы от эрозии и дефляции почвы при поверхностной ее обработке плоскорезами. Поэтому проблема измельчения пожнивных остатков дисковыми орудиями практически сегодня переключалась в область уборки сельскохозяйственных культур.

Подводя итоги выше изложенному, следует заметить, что выбор параметров дисков для борон и луцильников требует комплексного подхода.

Для дисковых борон батарейного типа соотношение между диаметром диска  $D$  бороны батарейного типа и глубиной обработки почвы  $a$  выражается зависимостью [27].

$$D = ka, \quad (5.1)$$

где  $k$ - коэффициент, учитывающий склонность к забиванию междискового пространства обрабатываемой почвой и пожнивными остатками.

Коэффициент  $k$ , как установила практика, для борон находится в пределах 4...6. Для исключения забивания почвой и пожнивными остатками рекомендуется расстояние между дисками  $b$  тоже выбирать в зависимости от глубины обработки почвы.

$$b \geq 1,5a, \quad (5.2)$$

При установке дисков на отдельных стойках под углом атаки  $\alpha$  и наклоном его оси к горизонтали случаи забивания междискового пространства лишь изредка наблюдаются при увеличении расстояния  $b$  до 300...400 мм. Но при выборе диаметра диска и расстояния между дисками на батарее необходимо учесть и допустимую высоту гребней  $e$ , образуемую между соседними дисками. При батарейном размещении дисков расстояние между дисками в плане равно

$$b \cos \alpha = D_e \sin \alpha, \quad (5.3)$$

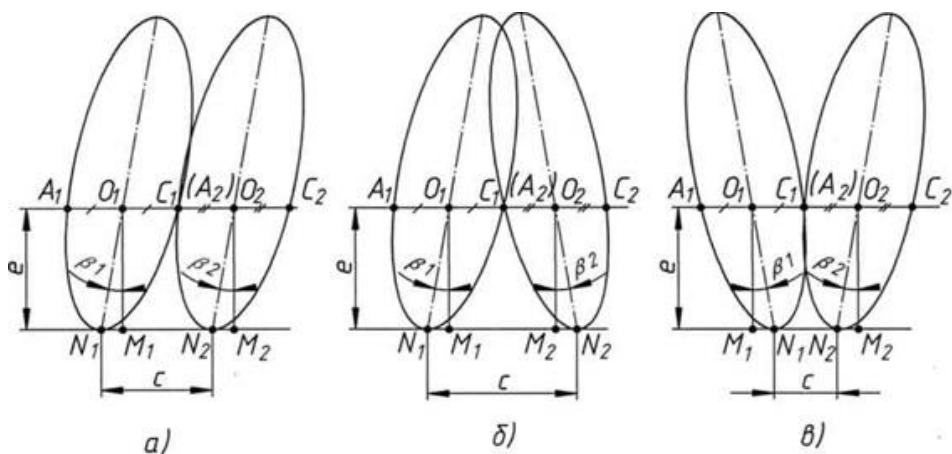
где  $D_e$  - диаметр диска на уровне допустимого значения высоты гребней.

$$D_e = D - e, \quad (5.4)$$

где  $e$  – допустимая высота гребня на дне борозды.

Следовательно, важнейшим показателем качества обработки почвы дисковыми боронами является соблюдение высоты продольного гребня дна борозды  $e$ , создаваемого между дисками, обрабатывающими смежные полосы земли (рис. 5.1). При этом эти диски могут быть расположены в разных рядах. Выбор диаметра диска, радиуса его сферы, угла заточки и других параметров хорошо освещен в литературе [27].

В дисковых боронах батарейного типа расстояние между соседними дисками в одной батарее определяется исходя из принципа исключения заклинивания почвы между ними. При таком подходе даже наличие второго, смещённого относительно дисков первого ряда (передней батареи), ряда (задней батареи) не обеспечивало условие полного подрезания почвы без огрехов. Дисковые многорядные бороны лишены этого недостатка.



а) – в одном направлении; б) – в «развал»; в) – в «свал»  
 Рисунок 5.1 – Схема определения междискового расстояния при различном расположении дисков

Однако для оптимизации междискового расстояния дисковой многорядной бороны в одном ряду и расстояния между дисками, обрабатывающими смежные полосы земли с соблюдением агротехнического требования на высоту гребня на дне борозды, необходимо определить ширину захвата одного отдельно взятого диска, характеризуемого рядом параметров: диаметра диска  $D$ , угла атаки  $\alpha$ , угла наклона к вертикали  $\beta$ , допустимой высоты гребня на дне борозды  $e$  (рис.5.2).

Диск, установленный на стойке под углом наклона  $\beta$  и с углом атаки  $\alpha$ , проецируется на фронтальную плоскость в виде эллипса.

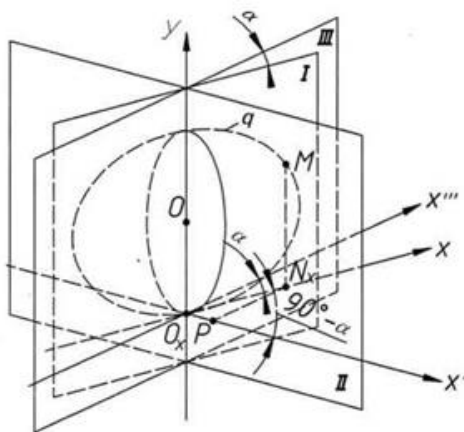


Рисунок 5.2 – Схема определения уравнения эллипса

Рассмотрим случай, когда проекции смежных дисков (эллипсы) ориентированы в одном направлении.

Расположим диски под углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$  к вертикали (рисунок 5.1а).

Обозначим  $c$  – междисковое расстояние. Из рисунка 5.1 видно, что

$$c = N_1 N_2 = N_1 M_1 + M_1 M_2 - N_2 M_2, \quad (5.5)$$

где  $N_1 M_1 = \text{etg } \beta_1$ ,

$$M_1 M_2 = O_1 O_2 = O_1 C_1 + A_2 O_2 = \frac{A_1 C_1}{2} + \frac{A_1 C_2}{2},$$

$$N_2 M_2 = \text{etg } \beta_2$$

Тогда уравнение (5.5) примет вид:

$$c = \text{etg } \beta_1 + \frac{A_1 C_1}{2} + \frac{A_2 C_2}{2} - \text{etg } \beta_2, \quad (5.6)$$

или

$$c = \operatorname{etg} \beta_1 + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2} - \operatorname{etg} \beta_2, \quad (5.7)$$

где  $b_1$  и  $b_2$  – ширина захвата соответственно 1-го и 2-го дисков.

Если диски установлены одинакового диаметра  $D$ , с одинаковыми углами наклона  $\beta$  и углами атаки  $\alpha$ , т.е.  $D_1=D_2$ ,  $\alpha_1=\alpha_2$  и  $\beta_1=\beta_2$ , то

$$c = A_1 C_1 = A_2 C_2, \quad (5.8)$$

или

$$c = b_1 = b_2, \quad (5.9)$$

Пусть диаметр диска  $D$  соответствует окружности  $q$ , лежащей в плоскости I, и проектируемой на фронтальную плоскость II (рисунок 5.2).

Из рисунка 5.2 видно, что плоскость I находится под углом  $\alpha$  к плоскости III. Тогда угол между плоскостями I и II составляет  $90^\circ - \alpha$ .

Возьмём произвольную точку окружности  $M$ , тогда  $N_x$  – её проекция на ось  $x$ , и  $P$  – проекция точки  $N_x$  на ось  $x'$ .

Запишем уравнение окружности в параметрическом виде [7]:

$$\begin{cases} x = \frac{D}{2} \cos t \\ y = \frac{D}{2} \sin t + \frac{D}{2}, \end{cases} \quad (5.10)$$

где  $t$  – угловой коэффициент любой точки на окружности в параметрическом виде, например точки  $M$  на рисунке 5.2.

Выразим координаты точки  $P$ :

$$x' = O_x P = O_x N_x \cos(90^\circ - \alpha) = O_x N_x \sin \alpha, \quad (5.11)$$

где  $O_x N_x = x$ ,

Тогда уравнение (5.10) примет вид:

$$\begin{cases} x' = \frac{D}{2} \sin \alpha \cos t \\ y = \frac{D}{2} \sin t + \frac{D}{2}, \end{cases} \quad (5.12)$$

Диск установлен под углом  $\beta$  к вертикали (рисунок 5.3).

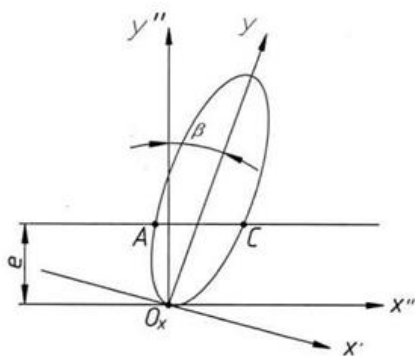


Рисунок 5.3 – Схема к определению уравнения эллипса

В целях приведения эллипса к общей системе координат  $x''$   $y''$  проведём соответствующее преобразование уравнения (5.12):



$$\begin{cases} x'' = \frac{D}{2} \sin \alpha \cos \beta \cos t + \left(\frac{D}{2} \sin t + \frac{D}{2}\right) \sin \beta \\ y'' = \frac{D}{2} \sin \alpha \sin \beta \cos t + \left(\frac{D}{2} \sin t + \frac{D}{2}\right) \cos \beta, \end{cases} \quad (5.13)$$

Точка пересечения двух дисков находится на расстоянии  $e$  от поверхности (рисунок 5.3).

Из рисунка 5.3 видно, что прямая  $y'' = e$  пересекает эллипс в точках  $A$  и  $C$ , расстояние между которыми и есть искомая ширина захвата  $b$ .

Подставляя уравнение  $y'' = e$  во второе из уравнений (5.13) и решая его, найдём координаты точек  $A$  и  $C$ :

$$-\frac{D}{2} \sin \alpha \sin \beta \cos t + \left(\frac{D}{2} \sin t + \frac{D}{2}\right) \cos \beta = e, \quad (5.14)$$

или

$$-\frac{D}{2} \sin \alpha \sin \beta \cos t + \frac{D}{2} \cos \beta \sin t + \frac{D}{2} \cos \beta = e, \quad (5.15)$$

Обозначим  $\frac{D}{2} \sin \alpha \sin \beta = K$  и  $\frac{D}{2} \cos \beta = N$ , тогда уравнение (5.15) примет вид:

$$\begin{aligned} -K \cos t + N \sin t + N &= e, \\ N \sin t - K \cos t + N - e &= 0, \end{aligned} \quad (5.16)$$

После соответствующих тригонометрических преобразований уравнения (5.16) получим значения параметра  $t$ :

$$t_{1,2} = 2\arctg \left[ \left( -N \pm \sqrt{K^2 - e^2 + 2Ne} \right) (N - e + K) \right] + 2\pi l, l \in Z, (5.17)$$

Найдём ширину захвата  $b$  как расстояние между двумя точками  $A$  и  $C$ :

$$b = \sqrt{(x_c - x_a)^2 - (y_c - y_a)^2}, (5.18)$$

Так как  $y_a = y_c = e$ , то уравнение (5.18) примет вид:

$$b = x_c - x_a, (5.19)$$

Подставляя координаты точек  $A$  и  $C$ , найденные с помощью уравнений (5.13) и (5.17), в формулу (5.19), находим ширину захвата диска  $b$ .

Аналогично предыдущему примеру рассмотрим случай, когда смежные диски расположены в «развал» (рисунок 5.1 б).

Из рисунка 5.1б видно:

$$c = N_1 N_2 = N_1 M_1 + M_1 M_2 + N_2 M_2, (5.20)$$

где  $N_1 M_1 = \text{etg } \beta_1$ ,

$$M_1 M_2 = O_1 O_2 = O_1 C_1 + A_2 O_2 = \frac{A_1 C_1}{2} + \frac{A_1 C_2}{2},$$

$$N_2 M_2 = \text{etg } \beta_2$$

Тогда уравнение (5.20) примет вид:

$$c = etg \beta_1 + \frac{A_1 C_1}{2} + \frac{A_2 C_2}{2} + etg \beta_2, \quad (5.21)$$

или

$$c = etg \beta_1 + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2} + etg \beta_2, \quad (5.22)$$

Если диски установлены одинакового диаметра  $D$ , с одинаковыми углами наклона  $\beta$  и углами атаки  $\alpha$ , т.е.  $D_1=D_2$ ,  $\alpha_1=\alpha_2$  и  $\beta_1=\beta_2$ , то

$$A_1 C_1 = A_2 C_2,$$

и уравнения (5.21) и (5.22) примут вид:

$$c = 2etg \beta + A_1 C_1 = 2etg \beta + A_2 C_2, \quad (5.23)$$

$$c = 2etg \beta + b_1 = 2etg \beta + b_2, \quad (5.24)$$

Если смежные диски расположены в «свал» (рисунок 5.1в), то:

$$c = N_1 N_2 = M_1 M_2 - M_1 N_1 - N_2 M_2, \quad (5.25)$$

где  $M_1 M_2 = O_1 O_2 = O_1 C_1 + A_2 O_2 = \frac{A_1 C_1}{2} + \frac{A_1 C_2}{2}$

$$M_1 N_1 = etg \beta_1,$$

$$N_2 M_2 = etg \beta_2$$

Тогда уравнение (5.25) примет вид:

$$c = \frac{A_1 C_1}{2} + \frac{A_2 C_2}{2} - \text{etg } \beta_1 - \text{etg } \beta_2, \quad (5.26)$$

или

$$c = \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2} - \text{etg } \beta_1 - \text{etg } \beta_2, \quad (5.27)$$

Если диски установлены одинакового диаметра  $D$ , с одинаковыми углами наклона  $\beta$  и атаки  $\alpha$ , т.е.  $D_1=D_2$ ,  $\alpha_1=\alpha_2$  и  $\beta_1=\beta_2$ , то:

$$A_1 C_1 = A_2 C_2,$$

и уравнения (5.26) и (5.27) примут вид:

$$c = A_1 C_1 - 2\text{etg } \beta = A_2 C_2 - 2\text{etg } \beta, \quad (5.28)$$

или

$$c = b_1 - 2\text{etg } \beta = b_2 - 2\text{etg } \beta, \quad (5.29)$$

Полученные данные применимы только для пластических масс, где отсутствуют деформации сжатия, изгиба и сдвига при обработке. Для реальной же почвы при обработке дисковыми рабочими органами в сторону уже открытой борозды (рисунок 5.1 а и 5.1в) за счёт отрыва и сдвига почвы в открытую борозду ширину захвата диска можно увеличить в зависимости от состояния почвы (влажность, твердость, наличие в почве корневых остатков) до 30% без ущерба полноты проработки почвы [7]. При следовании

же дисков друг за другом по варианту «развал» (рисунок 5.1 б) такого увеличения нельзя допускать.

Таким образом, полученные данные позволяют рассчитать величину расстановки рабочих органов, обрабатывающих смежные полосы земли, расстояние между дисками в одном ряду в зависимости от размера диска, угла его атаки  $\alpha$ , угла наклона  $\beta$ , а также их взаимной ориентации.

## 6. РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ

Рабочие органы дисковых борон и лущильников в зависимости от назначения, условий работы, конструкции и формы поверхности делятся на отдельные группы.

По назначению дисковые почвообрабатывающие орудия бывают полевые, садовые и болотные. Полевые дисковые бороны предназначены для основной обработки почвы после уборки предшественника и разделки почвы после вспашки. В севооборотах с разрывом по срокам от уборки предшественника до последующей культуры применяют более легкие почвообрабатывающие орудия - дисковые лущильники для обработки почвы на небольшую глубину (4...6) см с целью сохранения влаги от испарения и получения провокационных всходов сорняков. Рабочие органы таких орудий характеризуются меньшим диаметром, меньшей нагрузкой на каждый диск, меньшим радиусом кривизны сферической поверхности диска, а также меньшим расстоянием между дисками в одном ряду по сравнению с дисковыми боронами, что можно объяснить меньшим объемом почвы, перерабатываемым лущильниками. Самые распространенные дисковые почвообрабатывающие орудия – дисковые бороны снабжаются гладкими сферическими дисками со сплошным или вырезным лезвием, дисками конической формы и сферическими с гофрированной поверхностью на глубину погружения в почву. Гладкие сферические диски со сплошным лезвием увеличенного диаметра (550...700 мм) применяются при обработке почвы на глубину до 14 см и наличии на её поверхности крупностебельных пожнивных остатков. И наоборот диски меньшего диаметра - при лущении почвы на глубину 4...6 см и наличии на поверхности почвы легких пожнивных остатков, как например, измельченной соломы. Диски

со сплошным лезвием наиболее полно перерезают пожнивные остатки, но такие диски при определенных условиях (повышенная влажность и глубина обработки почвы) легче забиваются из-за проявления явления протаскивания с потерей оборотов. Вырезные диски даже при относительно небольших диаметрах более надежно захватывают пожнивные остатки и перерезают их или переступают через них, легче заглубляются в почву и более постоянно находятся в зацеплении с плотным дном борозды, что способствует сохранению оборотов диска, следовательно, и исключению явления протаскивания и забивания борон почвой и пожнивными остатками. Форма и размеры вырезов дисков бывают разные в зависимости от условий работы. Диски с вырезами по периферии получили название «ромашка». Первые диски типа «ромашка» устанавливались на боронах батарейного типа БДТ- 7, БДТ- 3 и

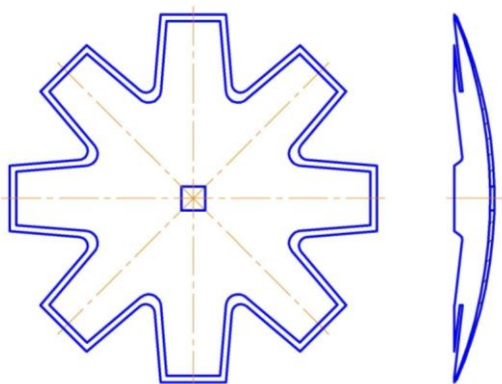


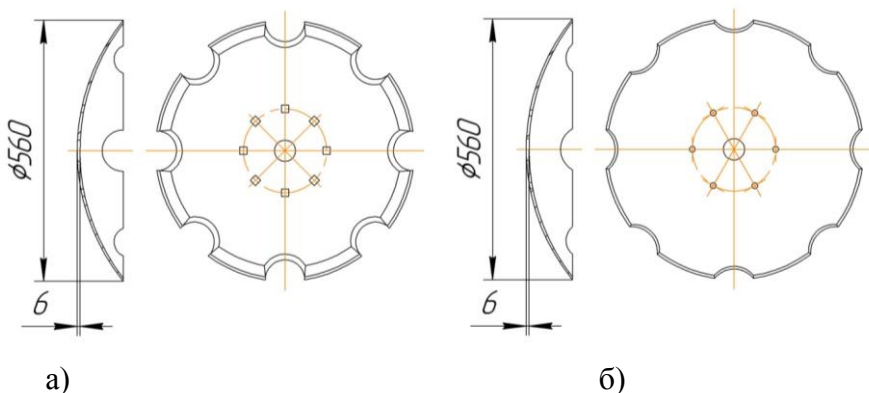
Рисунок 6.1 – Диск бороны «ромашка» с трапециевидальным вырезом

др. и имели вырезы трапециевидальной формы (рис. 6.1).

Впоследствии появились диски с вырезами полукруглой формы разных размеров (рис.6.2). Диски с вырезами большего размера с углублением в диск до 30...60 мм (рис.6.2

а) предназначены одновременно и для перерезания пожнивных остатков и для обеспечения более надежного сцепления с почвой. Диски же с вырезами радиусом до 30 мм (рис.6.2 б) в основном предназначены для обеспечения более надежного вращения диска.

В целях обеспечения более надежного вращения диска в соответствии с поступательной скоростью агрегата и перерезания крупностебельных пожнивных остатков (кукурузы, подсолнечника и др.) диски должны иметь ассиметричные вырезы, обеспечивающие резание со скольжением (рис. 6.3 а) [22]. Эти диски имеют вырезы, ориентированные в сторону центра диска, причем одна сторона выреза до его вершины выполнена радиально по прямой линии, другая часть выреза, сопрягаясь с радиусом диска, образует линию, обеспечивающую резание со скольжением пожнивных остатков, попадающих в вырез. Таким образом, наличие конструктивных элементов в виде вырезов диска позволяет захватить и зафиксировать стебель в почве, обеспечить резание пожнивных остатков.

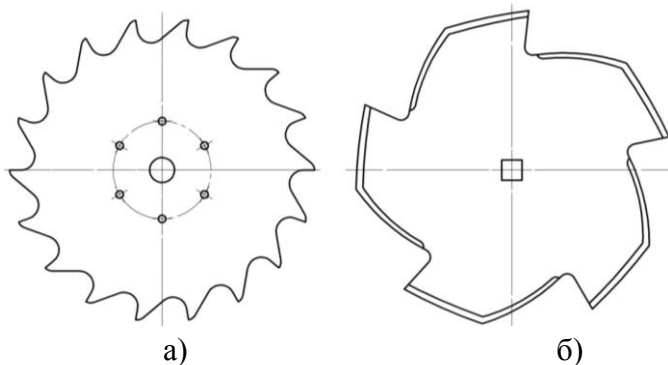


а – диски с вырезами 30...60 мм; б - диск с вырезами до 30 мм

Рисунок 6.2 – Диски с круглыми вырезами по периферии диска

С аналогичными вырезами диски большого диаметра «Флео-Флео» фирмы Quivogne (800...850 мм) (рис. 6.3 б) применяются для обработки почвы на глубину до 20 см и измельчения грубостебельных пожнивных остатков и кустарниковых растений.





а – диски с ассиметричными вырезами; б – диски «Флео-Флео» фирмы Quivogne

Рисунок 6.3 – Диски для обработки почвы и измельчения крупностебельных пропашных культур и кустарниковых растений

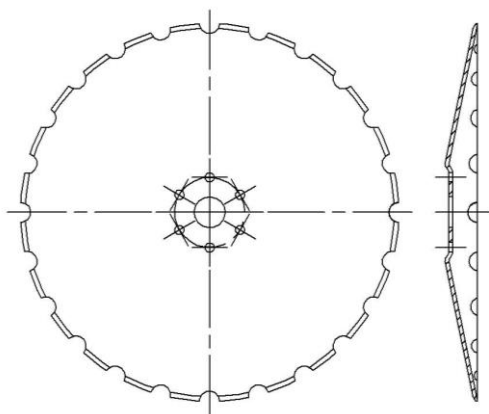


Рисунок 6.4 – Диски конической формы

Интерес представляют диски конической формы (рис. 6.4). У конических дисков всегда сохраняется рабочий угол (угол наклона к горизонтальной касательной к поверхности диска) при износе. Такие диски легко заглубляются в почву, но плохо

крошат почву по мере увеличения глубины её обработки.

Поэтому конические диски в сочетании с другими рабочими органами с повышенными крошащими свойствами показывают хорошие результаты. Диски диаметром 430 мм широко применяются на дисковых боронах Carrier и в комбинированных агрегатах

фирмы Väderstad (Швеция), а также на боронах Qualidisk фирмы Kverneland Group диаметром 573 мм.

С целью более интенсивного измельчения пожнивных остатков, крошения почвы и их перемешивания некоторые зарубежные фирмы применяют на дисковых боронах сферические диски с рифленным лезвием (рис.6.5). Диски такого типа выпускают фирмы Krause и Kuhn и под названием А-диски (фирма Bednar Strom).

Известна также и отечественная разработка (рис. 6.6) сферического дискового рабочего органа, периферийная часть поверхности которого выполнена волнистой для обеспечения плавно повторяющихся изменений угла атаки от его исходного значения [20]. Волна диска, начиная с режущей кромки, выполнена убывающей к центру диска с переходом в сферу. Обработка таким рабочим органом должна обеспечить повышение качества обработки почвы при снижении энергоемкости.

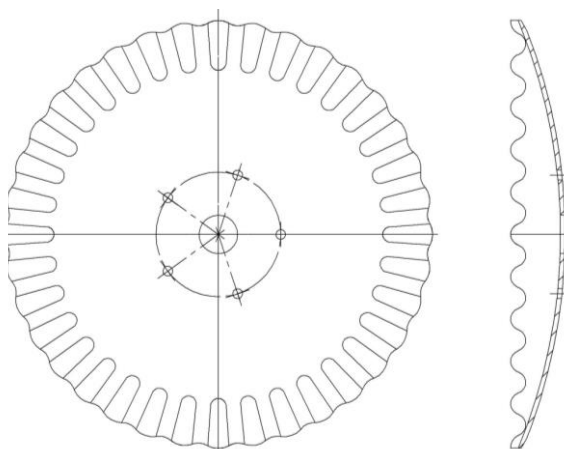


Рисунок 6.5 – Сферические диски с рифленным лезвием

Общим недостатком всех сферических дисков является образование затылочного давления на лезвие при наружной заточке и выпуклую внешнюю сферу, особенно на малых и средних углах атаки, что является одной из причин нарушения курсовой устойчивости дисковой бороны.

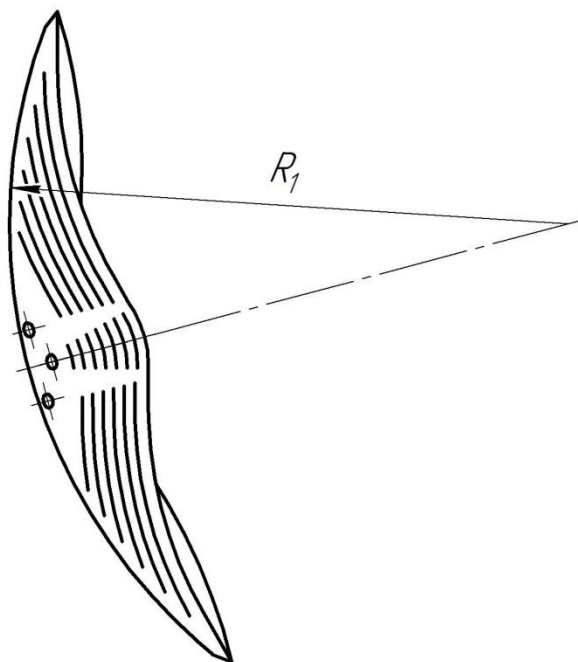


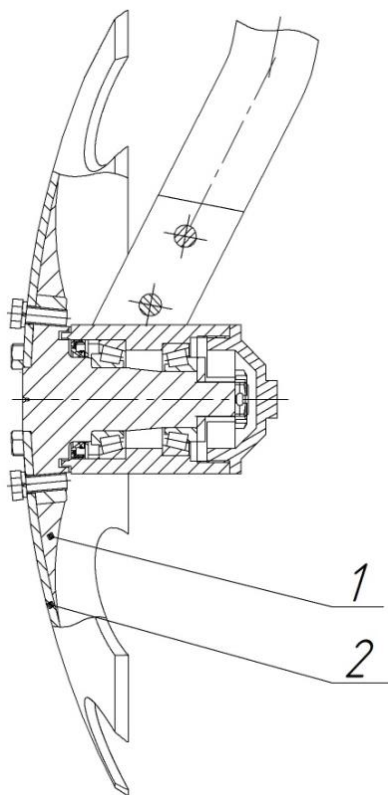
Рисунок 6.6 – Сферический диск с изменяющимся углом атаки

В целях устранения этого недостатка предлагаются дисковые рабочие органы с более сложной внешней и внутренней поверхностью. При увеличении кривизны диска, т. е. уменьшении радиуса сферы почва лучше крошится и интенсивней перемешивается с измельченными пожнивными остатками. Однако при этом заглубляемость ухудшается, снижается технологическая надежность. Увеличение же внутреннего радиуса сферы хотя и повышает заглубляемость, но снижается крошение почвы. Желание совместить в одном диске все необходимые параметры - хорошее заглубление, повышенная степень крошения почвы и устойчивость диска, привело к необходимости разработки нового диска с изменяющимся радиусом сферы от лезвия диска к его центру (рис. 6.7) [27].

У такого диска периферийная часть сферы диска на участке максимального заглабления диска в почву выполнена по большому радиусу, а далее к центру уменьшается по спирали Архимеда или другому закону с плавным уменьшением радиуса.

В центральной части диска предусмотрена площадка для крепления диска к корпусу подшипникового узла. Кольцо 1 в соприжении с внутренней поверхностью сферы диска 2 обеспечивает получение новой поверхности, которая представляет собой кольцевой криволинейный желоб вокруг подшипникового узла при его установке на внутренней сфере диска.

Этот кольцевой желоб в зависимости от высоты кольца и формы его сечения обеспечивает новую траекторию оборота пласта с уменьшающимся радиусом кривизны и повышение крошения почвы. Кольцо 1 сменное и может быть подобрано в зависимости от типа почвы и ее состояния. Получение формы внутренней поверхности диска может иметь



1 – кольцо; 2 – диск

Рисунок 6.7 – Сферический диск с изменяющимся радиусом кривизны

различное конструктивное исполнение.

Подводя итоги вышеизложенному, следует заметить, что выбор параметров дисков для борон и луцильников требует комплексного подхода.

Несмотря на обилие различных типов дисковых рабочих органов, всё же наиболее распространенными остаются сферические диски. Классический расчет параметров таких дисков [25,7,30] не лишен недостатков, но и поныне остаются наиболее подходящей из предлагаемых теорий для прогнозирования геометрических параметров диска на первом этапе проектирования.

Все геометрические параметры сферических дисков взаимозависимы и совместно определяют его качественные и энергетические показатели.

В связи с неоднородностью обрабатываемой среды - почвы, рекомендуемые значения всех параметров дисков имеют в основном интервальный характер. Последовательность определения параметров дисков при различных схемах их размещения отличается друг от друга. Если принять, что слабым звеном для однорядных или двухрядных дисковых борон и луцильников батарейного типа с синхронным вращением дисков является забиваемость междискового пространства, то следует сначала выбрать параметры, от которых зависит этот показатель. Известно, что забиваемость дисковых борон и луцильников зависит от физико-механических свойств почвы, ее влажности, наличия пожнивных остатков, диаметра диска, радиуса его сферы, междискового расстояния в батарее, глубины обработки почвы, и угла атаки дисков.

Как уже было отмечено, каждому сочетанию условий работы соответствуют свои оптимальные параметры дисков. Однако большую часть параметров невозможно регулировать в зависимости от складывающихся текущих условий. К ним нужно отнести такие параметры, как диаметр диска, его радиус сферы и углы за-

точки. Угол атаки диска и глубину обработки почвы следует отнести к регулируемым параметрам. С учетом изложенной структуры факторов, определяющих забиваемость борон и лущильников, следует провести предварительные исследования при самом сложном сочетании условий работы. Базовый уровень диаметра диска можно принять на основе предварительных расчетов.

Междисковое расстояние для борон батарейного типа определяется из выражения:

$$b = 2\sqrt{e(D-e)\operatorname{tg}\alpha}, \quad (6.1)$$

где  $e$  - допустимая глубина гребней на дне борозды по исходным требованиям.

У дисковых борон и лущильников диаметр диска  $D$  и его радиус кривизны внутренней сферы  $R$  связаны между собой соотношением [25,30]:

$$R = \frac{D}{2\sin\varphi}, \quad (6.2)$$

где  $\varphi$  – половина угла при вершине сектора ОАВ (рис.6.8).

В сечении диска (рис.6.8) в вертикальном положении плоскостью, проходящей через ось вращения, при известном значении диаметра диска  $D$  можно рассчитать радиус кривизны по выражению (6.2) при  $\varphi = \omega - \varepsilon - i$  имея ввиду, что задний угол отрицательный.

При положительном заднем угле  $\varepsilon$

$$\varphi = \omega - \varepsilon - i,$$

где  $i$  - угол заострения (угол между перпендикуляром к радиусу сферы в точках  $A$  или  $B$  и проекцией плоскости лезвия, рекомендуется принимать в пределах  $12^\circ \dots 25^\circ$ ).

*Направление  
движения диска*

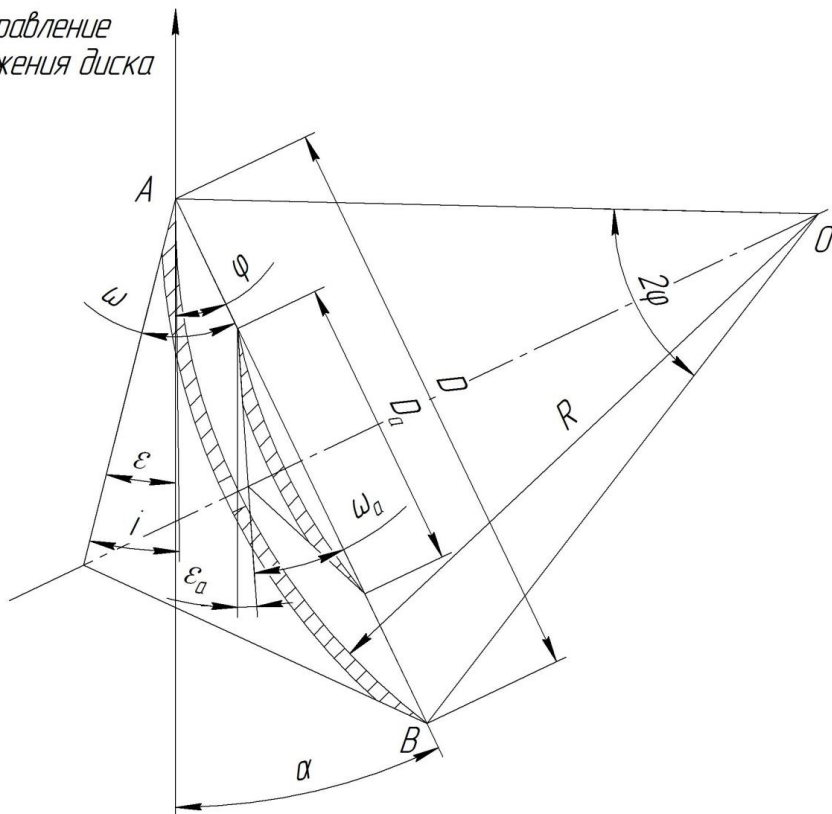


Рисунок 6.8 – Элементы геометрии сферического диска

Однако это сечение не является рабочим. Поэтому рассмотрим сечение диска на уровне почвы при заглублении на максимально планируемую глубину  $a$ . Для этого сечения угол атаки  $\alpha$  равен:

$$\alpha = \omega_a + \varepsilon_a \quad (6.3)$$

В данном выражении угол  $\varepsilon_a$  должен быть больше  $0^\circ$ , чтобы исключить явление затылочного давления. Поэтому рекомендуется угол  $\varepsilon_a$  принимать в пределах  $3^\circ \dots 5^\circ$ . По принятым значениям  $\alpha$  и  $\varepsilon_a$  находим угол образующей конуса в сечении на высоте  $a$  от дна борозды  $\omega_a$ .

$$\omega_a = \alpha - \varepsilon_a, \quad (6.4)$$

И тогда, учитывая, что [31]

$$\operatorname{tg} \omega_a = \frac{D_a}{D \operatorname{tg} \omega}, \quad (6.5)$$

где  $D_a$ - диаметр сечения диска на уровне его заглубления  $a$ , мм;

$$D_a = 2D \sqrt{\frac{a}{D} \left(1 - \frac{a}{D}\right)},$$

Далее, определив  $\omega$  из выражения (6.5), определяем угол  $\varphi$  при вершине сектора по выражению (6.2), т.е.

$$R = \frac{D}{2 \sin(\omega - \varphi)}, \quad (6.6)$$

Для дисковых борон нового поколения с индивидуальным креплением каждого рабочего органа к раме и их фронтальным расположением в несколько рядов в отличие от дисковых орудий с батарейным расположением дисков заклинивание почвы между



дисками практически не наблюдается. Это объясняется тем, что в этих орудиях в связи с размещением рабочих органов в 3 и 4 ряда возможность забивания междискового пространства маловероятна, так как расстояние между дисками в рядах в 1,5...2 раза больше, чем в боронах батарейного типа. А для дисковых луцильников вопрос заклинивания почвы между дисками не представляет опасности из-за небольшой глубины обработки почвы, т.е. и небольшого объема перерабатываемой почвы. Следовательно, для борон и луцильников с индивидуальным креплением дисков к раме нужно выбирать диаметр диска из других принципов. В этом случае главным показателем выступает способность диска перерезать пожнивные остатки. В любом случае диаметр диска следует выбирать минимально допустимым, так как от него зависит заглубляемость. При работе сферического невырезного диска возможны случаи, когда пожнивные остатки, например стержень кукурузы, выталкиваются из угла, образуемого поверхностью поля и лезвием диска. Чтобы исключить такое явление необходимо увеличить диаметр диска [25]. Чтобы решить складывающуюся в выборе диаметра диска альтернативную обстановку, необходимо снова ставить эксперименты по выбору оптимального диаметра диска с учетом интересов заглубления и перерезания пожнивных остатков без их сгуживания перед бороной с учетом условий обработки почвы. Однако для установления области постановки опытов следует предварительно руководствоваться рекомендациями по диаметру дисков, выработанными ранее в условиях прежних технологий. Одновременно необходимо в этом же опыте определить расстояние между рядами дисков. При этом необходимо для каждого почвенного условия испытать диски разной конструкции: диски с гладким лезвием без вырезов, с вырезами различной конфигурации, в том числе с постоянным углом резания и др. Выбор остальных параметров дисков для борон и лу-

щильников с индивидуальным креплением рабочих органов и орудий батарейного типа практически одинаковы.

И, наконец, выбор типа и параметров дисков, а также их размещение в обязательном порядке необходимо сопровождать испытанием в самых экстремальных почвенных условиях. Такие условия действительно редко бывают, но не следует забывать, что и в этих редких случаях необходимо подготовить почву и посеять следующую по севообороту культуру своевременно.

Угол атаки диска  $\alpha$ , его угол наклона к вертикали  $\beta$  и скорость обработки почвы  $V$  имеют важное самостоятельное значение в повышении многих качественных и технико-экономических показателей дисковых борон и луцильников.

При применении дисковых орудий ранее во всех рекомендациях отмечали скорость 6...7 км/ч как наиболее оптимальную. Однако тогда применяли дисковые орудия в основном только для разделки вспаханной почвы. В современных технологиях их применяют для основной обработки почвы. Результаты проведенных исследований показывают, что при повышении поступательной скорости сферических дисков значительно повышается и тяговое сопротивление [30]. Так, при  $\alpha = 15^\circ$  повышены скорости от 5,8 до 10,8 км/ч, т.е. в 1,86 раза, вызывает рост тягового сопротивления дисков от 40 до 80 %, а при  $\alpha = 30^\circ$  на 25...65 %. Это значит, что рост тягового сопротивления отстает от роста скорости. И уже даже по одному этому показателю есть смысл в повышении обработки почвы на повышенных скоростях. Профессора Г.Н. Синюков и И.М. Панов отмечают, что «с увеличением скорости движения трактора резко возрастает дальность отбрасывания дисками почвы, поэтому скорость движения дисковых плугов и луцильников не должна превышать 7 км/ч» [27]. Но и эта проблема уже решена на современных дисковых орудиях. На них устанавливаются отражатели почвенных комков, отрывающихся от дисков при ра-

боте на больших скоростях, которые не только препятствуют отбрасыванию почвы хаотично в разные стороны, но и еще ударяясь об отражатель дополнительно крошатся. Замечено также, что при обработке на повышенных скоростях степень крошения почвы повышается, снижаются технологические простои из-за забивания орудия.

Выбор угла атаки является ответственным этапом при разработке исходных данных для проектирования борон и луцильников. Диапазон регулирования угла атаки широк. Так, для дисковых луцильников он достигает 30...40°, у дисковых борон - не более 25°. На дисковых боронах зарубежного производства и некоторых отечественных моделях угол атаки не регулируется и составляет 18...20°. От угла атаки зависит не только степень крошения почвы, но и ширина захвата диска и степень перемешивания почвы и пожнивных остатков. Все эти показатели повышаются по мере увеличения угла атаки. Но в зависимости от геометрических параметров дисков при увеличении угла атаки снижается угловая скорость диска, начинается волочение и, как следствие, забивание междискового пространства почвой и пожнивными остатками. При обработке почвы вертикально стоящим диском почва воспринимает в основном деформации отрыва и сдвига, поднимается на небольшую высоту, плохо перемешивается с пожнивными остатками и все это усиливается при обработке почвы на большой глубине. Угол наклона дисков к вертикали ранее рекомендовали только для дисковых плугов. При наклоне диска облегчается подъем пласта и снижается тяговое сопротивление. Однако от борон и мульчировщиков с индивидуальным креплением рабочих органов при минимальной обработке почвы требуется перемешивать почву с пожнивными остатками, что невозможно выполнить без подъема пласта на большую высоту. И это требование может выполнить только наклоненный диск, на который легче поднимается подре-

занный пласт почвы. Таким образом, при разработке исходных требований к дисковым рабочим органам и определении оптимальных параметров рабочих органов следует учесть не только условия их работы, но и тип бороны, так как от последнего зависит порядок решения поставленной задачи.

## 7. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИСКОВЫХ БОРОН

Для поверхностной обработки почвы в настоящее время созданы и разрабатываются новые комбинированные агрегаты, позволяющие сократить число проходов по полю и повысить качество обработки почвы. Наиболее простыми из них являются комбинированные агрегаты, построенные по принципу рационального сочетания пассивных рабочих органов. Чаще всего в таких агрегатах применяются сферические диски и плоскорезы в сочетании с другими тоже пассивными рабочими органами.

Дисковые рабочие органы при этом имеют ряд преимуществ: простота конструкции, относительно небольшой износ и др. [30]. Однако эффективность сферических дисков в значительной степени зависит и от их расстановки на раме, т.е. от технологической схемы и особенно на многорядных дисковых орудиях: при недостаточном расстоянии между дисками повышается вероятность заклинивания между ними пласта и отдельных глыб почвы, а увеличение этого расстояния отрицательно сказывается на качестве обработки почвы (низкое качество крошения почвы, высокие гребни дна борозды, неполное подрезание сорняков, появление огрехов).

Как уже было отмечено на отечественном рынке впервые появились дисковые бороны новой конструкции с многорядным фронтальным расположением дисков в 2000 году. Хотя они еще были далеко несовершенны, но уже резко превышали дисковые орудия батарейного типа БДТ – 7 и его модификации. Эти орудия требовали многократного прохода по полю после уборки поздно убираемых пропашных крупностебельных культур – кукурузы, подсолнечника, клещевины и др. культур, пло-

хо заглублялись и имели низкую технологическую надежность в основном из-за забивания междискового пространства. В то же время в дисковых боронах с индивидуальным креплением рабочих органов к раме орудия в результате их широкой производственной проверки были выявлены тоже недостатки, которые существенно снижали их эффективность. Однако и после прохода новых борон с индивидуальным креплением режущих узлов к раме на поле оставались отдельные необработанные полосы почвы, нарушались практически и все остальные агротехнические показатели. И это явление нагляднее было на малых глубинах обработки почвы. Из-за этого производители дисковых борон стремились на днях поля демонстрировать свои бороны на больших глубинах.

Проведенный нами анализ показал, что к вышеизложенному результату нарушения качества обработки почвы приводит неправильное размещение дисков на раме.

Известно, что ширина  $b_1$  обрабатываемой полосы почвы, отдельно установленным диском равна:

$$b_1 = \sqrt{4h_n \sin^2 \alpha (2R \cos \beta - e_n) \cos^2 \beta}, \quad (7.1)$$

где  $R$  – радиус диска;

$e_n$  – агротехнически допустимая высота допуска продольного гребня, образующегося между смежными проходами двух дисков;

$\alpha$  – угол атаки дисков;

$\beta$  – угол наклона дисков.

Учитывая разрушение гребня при сдвиге почвы в сторону открытой борозды, как показывают расчеты, ширину  $b_1$  можно увеличить до значения  $b^* = 1,3b_1$  [7,29] Таким образом, при проектировании бороны на величину междискового рас-

стояния  $b_1$  нельзя давать допуск в сторону увеличения (+), если почва обрабатывается без сдвига. Для таких пар дисков допуск выражается как:

$$b_1 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -c \end{smallmatrix} \right), \quad (7.2)$$

где  $c$  - техническая точность изготовления и установки диска на раме, которая не должна превышать 10 мм.

При обработке же почвы со сдвигом ее в сторону открытой борозды одним из дисков, между которыми заключена эта полоска почвы, ширина борозды имеет допуск:

$$b_1 \left( \begin{smallmatrix} +0,3b_1 \\ 0 \end{smallmatrix} \right), \quad (7.3)$$

Фрагмент технологической схемы большинства фронтальных многорядных дисковых борон с индивидуальным креплением рабочих органов показан на рис. 7.1 [16].

В этой технологической схеме встречается четыре варианта взаимного расположения пар рабочих органов, обрабатывающих смежно расположенные полосы почвы, которые показаны на рис.7.1 (пары 1-2,2-4,3-4 и 1-3).

Характерной особенностью в них является то, что в одной лишь паре (3-4) (рис. 7.1) сзади расположенный диск сдвигает почву в сторону уже открытой борозды впереди расположенным диском этой же пары дисков.

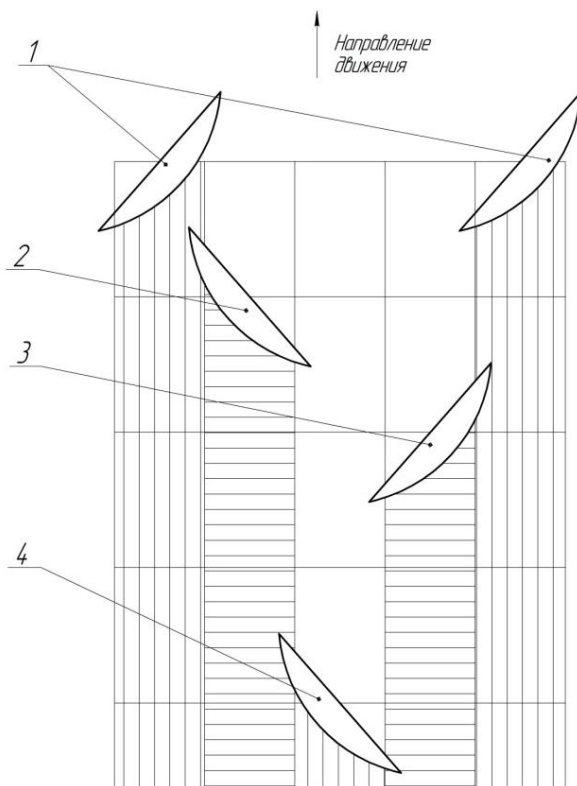


Рисунок 7.1 – Фрагмент технологической схемы дисковой бороны по патенту на полезную модель №108265

При этом ширина обрабатываемой полосы почвы больше на величину сдвига и составляет  $1,3 b_l$  [29]. В других же парах (1-2, 2-4 и 1-3) вышеуказанный эффект сдвига почвы между дисками не происходит. Но, к сожалению, у всех дисковых борон с аналогичной технологической схемой расстояние между дисками  $b^*$  у всех пар одинаково и составляет:

$$b^* = \frac{B}{n}, \quad (7.4)$$



где  $B$  – междисковое расстояние в одном ряду,  
 $n$  – количество рядов.

Это приводит к тому, что в парах дисков, где не происходит отрыв и сдвиг почвы, междисковая полоска почвы полностью не обрабатывается, на поле остаются нетронутые продольные полоски почвы. А в парах дисков со сдвигом почвы можно было бы и увеличить междисковое расстояние  $b^*$ . В дисковых боронах с технологической схемой, приведенной на рисунке 7.1 из четырех пар дисков, образованных дисками, обрабатывающими одно междисковое расстояние  $B$  в трех парах обработка почвы происходит без сдвига почвы и лишь в одной паре - со сдвигом.

При наиболее распространенных параметрах дисковых борон:

$$e = 0,03\text{ м}, \alpha = 18^\circ, \beta = 10^\circ \text{ и } R = 0,28\text{ м } b_1 \text{ равно } 75\text{ мм.}$$

Тогда

$$B = 75 \cdot 4,3 = 322\text{ мм}$$

Этот пример показывает, что междисковое расстояние  $B$  для конкретно рассмотренной четырехрядной дисковой бороны не должно превышать 322 мм при условии, что почва должна быть подрезана по всей ширине захвата бороны. Из 322 мм междискового расстояния в одном ряду между дисками 3-4 обрабатывается 94 мм, а остальные пары дисков – по 76 мм.

В дисковой бороне [18] с технологической схемой (рис.7.2) содержится не одна, а две пары дисков, обрабатывающих почву между ними со сдвигом (пары 2-3 и 2-4).

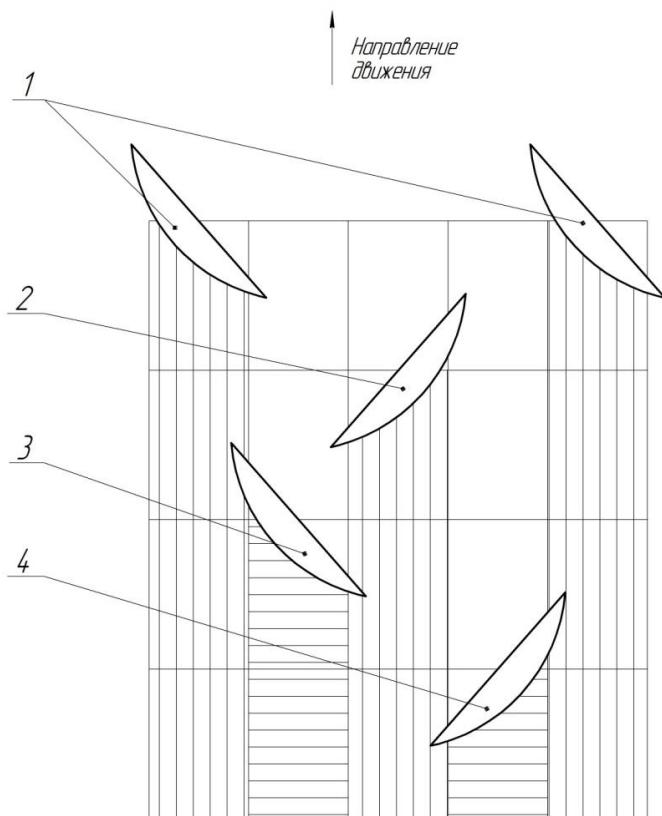


Рисунок 7.2 – Фрагмент технологической схемы дисковой бороны по патенту на изобретение №2292695

Это дает возможность еще больше расширить расстояние между дисками в одном ряду и довести до 350 мм. И наконец, в дисковой бороны [17] с технологической схемой (рис. 7.3) с тремя парами дисков, обрабатывающих почву со сдвигом междисковое расстояние в ряду достигает 375 мм.

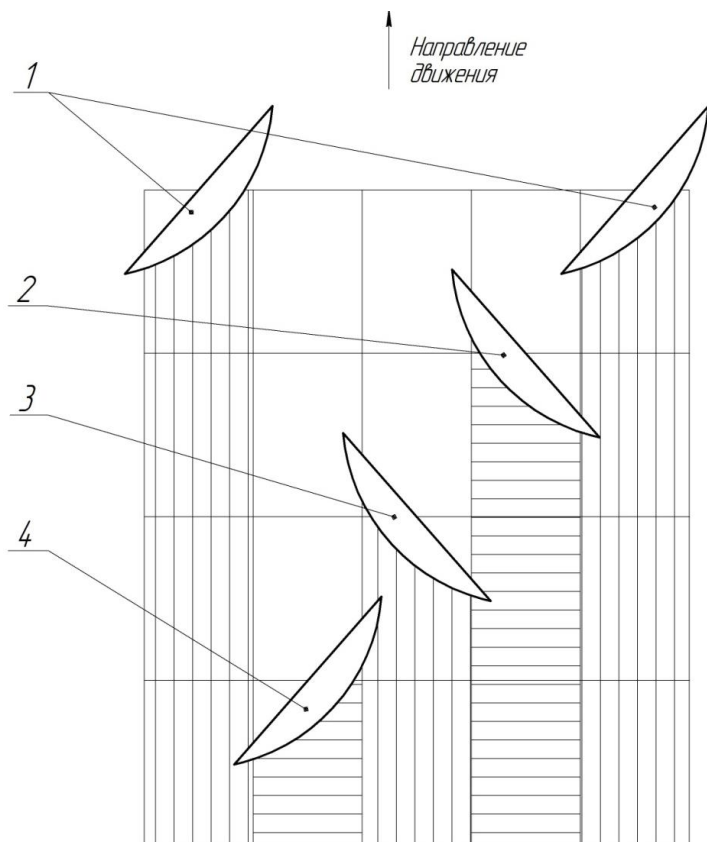


Рисунок 7.3 – Фрагмент технологической схемы дисковой бороны по патенту на изобретение №2185044

Изложенный метод размещения рабочих органов на раме дисковой бороны позволяет оптимизировать практически все важнейшие ее технологические параметры – полное подрезание почвы и сорняков по всей ширине захвата, повысить технологическую надежность бороны, уменьшить необходимое количество дисков и повысить качество обработки почвы.

## 8. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ

Технологическая надежность машинно-тракторных агрегатов является одной из важнейших составляющих комплекса технико-экономических и качественных показателей. Согласно исходным требованиям, коэффициент технологической надежности дисковых борон и луцильников должен быть не ниже 0,99. Однако у дисковых борон и луцильников батарейного типа БДТ-7, ЛДГ-5(10,15,20) и их модификаций этот показатель составляет 0,75...0,85. Это связано с небольшим междисковым расстоянием и синхронным вращением дисков батареи. Также на снижение коэффициента технологической надежности, при заглублении бороны от средней до максимальной глубины в пределах исходных требований 8...12 см., влияют почвенные условия, характеризующиеся повышенной влажностью и (или) повышенным количеством пожнивных остатков на поверхности почвы (6...8 т/га). Дисковые луцильники типа ЛДГ при работе на сухих почвах, по причине малой нагрузки приходящейся на один диск (40...50 кг), заглубляются всего лишь на 2...3 см. Объем почвы взрыхляемый при этом явно недостаточен, чтобы забивать междисковое пространство. На легких и влажных почвах, когда луцильник заглубляется легко, междисковое пространство забивается быстро. На луцильниках и боронах батарейного типа этому способствует также и общий вал батареи, на который наматываются пожнивные остатки. Одной из причин, вызвавших появление фронтально расположенных многорядных дисковых борон с индивидуальным креплением на отдельной стойке каждого рабочего органа, является низкая технологическая надежность дисковых борон и луцильников батарейного типа. Однако с появлением новых борон появились и новые проблемы, или усилились старые проблемы бо-

рон батарейного типа. Раньше не ставилась задача полного подрезания почвы и уничтожения проросших сорняков за один проход агрегата, и выполнение этого показателя исходных требований решалось путем многократного прохода, количество которых определялось конкретными условиями их эксплуатации, иногда достигающими до 4...6 проходов. В экстремальных же условиях эти бороны были непригодны для обработки почвы. В засушливые годы, когда твердость почвы доходит до предельных значений, рабочие органы дисковых борон БДТ практически не заглубляются в почву. При повышении влажности почвы более 30% междисковое пространство забивается почвой и пожнивными остатками, часто превращаясь в сплошной каток. По этой же причине выходят из строя подшипниковые узлы и ломаются диски.

В классической литературе по земледельческой механике вопросу технологической надежности уделено мало внимания. Вся известная теория строится применительно к одной частной конструкции батарейного расположения дисков на одной общей оси, представляя, что из конструктивных параметров на забиваемость междискового пространства влияет только диаметр диска, определяемый по выражению [27]:

$$D = ka, \quad (8.1)$$

где  $D$  – диаметр диска, м;

$a$  – глубина обработки почвы, м;

$k$  – коэффициент (для борон 4-6).

При выборе величины коэффициента  $k$  следует учитывать габаритные размеры распорных катушек и подшипников, длину батареи, её способность приспосабливаться к неровностям поля и наличие на поверхности поля стерни и сорняков, так как от перечисленных факторов зависит возможность запрессовывания почвы

между дисками. Чем тяжелее условия работы, тем больше должен быть коэффициент  $k$ . При определении расстояния  $b$  вдоль оси батареи между соседними дисками следует руководствоваться теми же соображениями, т.е.

$$b = 1,5a \quad (8.2)$$

где  $b$  – междисковое расстояние, м;

$a$  – глубина обработки почвы, м;

Это практически и есть все рекомендации для предотвращения заклинивания почвой и пожнивными остатками междискового пространства для конкретных конструкций с батарейным расположением дисков. Однако все в этом вопросе обстоит гораздо сложнее, а возможностей его решения стало больше с появлением борон и лущильников с индивидуальным креплением рабочих органов к раме.

Дисковые бороны новой конструкции улучшили все качественные показатели обработки почвы, увеличился коэффициент технологической надежности. Этот результат, достигнут за счет расширения междискового расстояния в рядах, применения отдельной стойки для каждого рабочего органа вместо батарей дисков с общей осью. Однако расширение междискового расстояния вызвало необходимость увеличения количества рядов, что породило новые проблемы, связанные с увеличением общей длины орудия и потерей устойчивости («виляния»).

Задачей поисков является анализ причин, вызывающих забивание междискового пространства и разработка конструкций, устраняющих полностью или частично этот технологический недостаток.

Следует признать, что решение поставленной задачи в формализованном виде не представляется возможным ввиду чрезвы-

чайно большой сложности процесса забивания междискового пространства, зависящего от многих постоянно меняющихся показателей физико-механического состава почвы, характеристики пожнивных остатков и их количества, параметров рабочих органов, технологической схемы их размещения, а также исходных требований на лущение и дискование почвы. Такая многофакторность с нерегулируемыми параметрами не только прямого действия, но и взаимодействия делает нецелесообразным искать зависимости в виде регрессионных моделей. Именно это обстоятельство приводит к необходимости разработки конструкций и схем на основе известных положений земледельческой механики с обязательной их экспериментальной проверкой, а в необходимых случаях оптимизацией их параметров [12].

Процесс забивания междискового пространства происходит по разным причинам и ситуациям. В первую очередь к главным причинам из условий эксплуатации можно отнести повышенную влажность почвы, её липкость, наличие на поверхности почвы повышенного количества пожнивных остатков (более 5 т), неравномерность их распределения по поверхности поля и наличие отдельных куч. Из технологических настроечных параметров резко отрицательно на проходимость почвы между дисками влияет чрезмерно большая глубина настройки борон, завышенный угол атаки, низкая скорость движения агрегата (менее 6...7 км/ч). Из конструктивно-технологических параметров следует выделить неправильный выбор параметров диска - его диаметра, радиуса сферы и угла наклона диска к вертикали, если конструктивно не предусмотрена её регулировка. Важное значение в обеспечении высокой проходимости почвы между рабочими органами дисковой бороны играет правильный выбор технологической схемы расстановки, способствующей свободному прохождению массы в междисковом пространстве. Важным моментом является разра-

ботка конструктивных элементов, обеспечивающих эффективное обеспечение очистки междискового пространства своевременно от очагов забивания почвой в самом начале их возникновения.

В исходных требованиях дискование почвы не рекомендуется проводить при влажности почвы более 30 % по причине низкого качества обработки почвы и главное из-за залипания и частого забивания бороны. В то же время следует заметить, что ценность сельскохозяйственных машин и орудий во многом оценивается их способностью хотя бы удовлетворительно функционировать и в экстремальных условиях их эксплуатации. К сожалению, некоторые производители дисковых борон и луцильников завышают уровень влажности почвы, при которой ещё сохраняются высокое качество обработки почвы и проходимость. Такая недобросовестная реклама своей продукции со стороны бизнеса и нежелание тратить средства на разработку новых борон с действительно расширенным диапазоном условий их эксплуатации с необходимым набором технических устройств и рекомендаций настройки наносит ущерб сельским товаропроизводителям в экстремальных условиях, вызванных погодными явлениями. При этом необходимо заметить, что разрыв в сроках между уборкой предшественника и оптимальными сроками посева следующей культуры минимальный по причине позднего созревания и погодных условий, уборки предшественника и посева последующей культуры. Например, уборка таких достаточно распространенных предшественников для озимых колосовых культур как кукуруза на зерно, подсолнечник, сахарная свекла, некоторые овощные культуры и др. проходит в иные годы так поздно, что на подготовку почвы под посев в оптимальные сроки не остается ни одного дня. Это случай, когда, как шутят в народе, поле надо начинать засевать до окончания уборки. Все вышеизложенное есть подтверждение необходимости обработки дисковыми боронами не только «спе-



лых почв» с оптимальной влажностью, но и переувлажненных почв.

Как уже отмечалось, до сих пор считалось, что основными условиями для исключения заклинивания междискового пространства является правильный выбор междискового расстояния и диаметра дисков. И действительно эти параметры играют важную роль, но они не являются единственными и исчерпывающими мерами.

В дисковых боронах и лушильниках батарейного типа соседние диски батареи характеризуются двумя параметрами их взаимного расположения.

$$b_{\text{нон}} = b \cos \alpha, \quad b_{\text{прод}} = b \sin \alpha \quad (8.3)$$

где  $b_{\text{нон}}$  – поперечное расстояние между соседними дисками при угле атаки  $\alpha$ , м;

$b_{\text{прод}}$  – продольное расстояние между дисками при угле атаки  $\alpha$ , м;

$b$  – междисковое расстояние при угле атаки  $\alpha = 0$ , м.

Угол атаки дисков регулируется поворотом батареи. При этом изменяется не только угол атаки дисков, но и расстояния между дисками, как в поперечном, так и продольном направлении в зависимости от угла атаки и междискового расстояния вдоль оси батареи. С увеличением угла атаки уменьшается поперечное расстояние между дисками, что снижает проходимость почвы и пожнивных остатков между ними и увеличивает продольное расстояние, что снижает забиваемость.

В пределах изменения угла атаки дисков  $\alpha = 0^\circ \dots 20^\circ$  поперечное расстояние уменьшается всего лишь на 13 мм, а продольное расстояние между дисками, обрабатывающими смежные полосы почвы, увеличивается на 75 мм, при  $b=220$  мм.

У новых фронтальных дисковых борон с автономным креплением каждого диска к раме изменение угла атаки не влияет на расстояние между рядами дисков, а между дисками нет общей оси, что облегчает проход почвы.

В отличие от дисковых борон и луцильников батарейного типа бороны новых моделей с креплением каждого рабочего органа на отдельной стойке позволяют принять конкретные меры для предотвращения забивания междискового пространства. Изреживание рабочих органов, уменьшение угла атаки способствуют более свободному прохождению между соседними дисками в одном ряду переувлажненной почвы.

Недостатком сферических дисков, устанавливаемых на современных боронах, является налипание почвы в средней и центральной части диска, т.е. в зоне расположения оси, из-за низкого удельного давления уже разрыхленной почвы. Это приводит к увеличению тягового сопротивления диска, падают обороты последнего, начинается явление протаскивания и запрессовывания почвы между дисками.

В целях снижения площади, где возможно залипание почвы, и увеличения нормальных напряжений для более эффективного очищения оставшейся части от налипания почвы предложен сферический диск с прорезями [21] (рис.8.1).

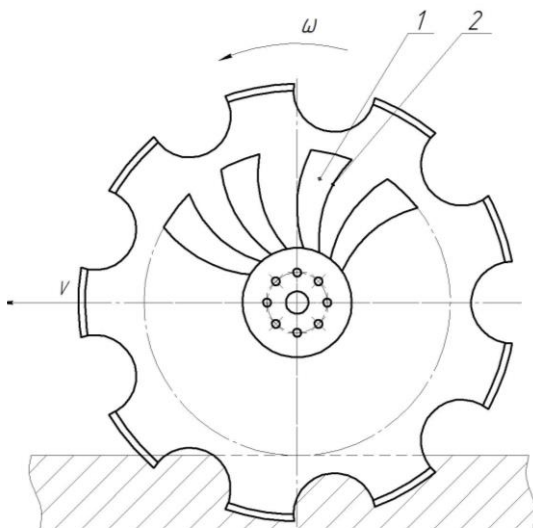
В предлагаемом диске, благодаря прорезям, в средней части диска уменьшена общая площадь контакта диска с почвой, что приводит к увеличению удельного давления почвы в местах контакта при постоянной общей величине нормального давления. Благодаря этому налипшая почва очищается и предотвращается ее налипание в процессе работы. Также прорези диска выполнены в виде криволинейного четырехугольника 1 с радиальными сторонами, выполненными по кривой 2, обеспечивающей резание со скольжением отдельных стеблей, попавших в прорезь во время

работы диска. Для этой цели в прорезях криволинейные радиальные стороны выпуклой стороны ориентированы в направлении вращения диска и имеют саблевидную форму.

Замечено, что процесс заклинивания почвы в междисковом пространстве прогрессирует, если угловая скорость дисков замедляется при синхронном вращении соседних дисков. Это явление мы и наблюдаем в дисковых боронах батарейного типа, где все диски одной батареи, насаженные на одну ось, вращаются синхронно. В таких случаях, если хотя бы в одном междисковом пространстве возникает очаг заклинивания почвой, то одновременно падает угловая скорость вращения дисков, что приводит к забиванию всей батареи, превращая её в сплошной каток.

Одним из эффективных методов борьбы с забиванием почвой пожнивными остатками является вращение соседних дисков в ряду или в батарее с разными угловыми скоростями [19].

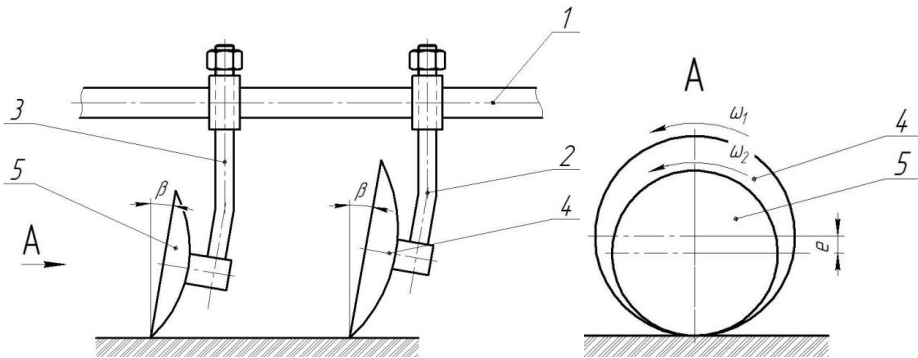
Вращение рядом установленных дисков в одном ряду с разной угловой скоростью может обеспечить по всему периметру одновременно погашение очагов забивания междискового пространства. Для этой цели на поперечных балках 1 бороны автономно



1 – прорезь; 2 – ребро прорези, выполненная по кривой

Рисунок 8.1 – Диск почвообрабатывающего орудия

установлены стойки 2 и 3 с разной длиной для чередующихся дисков 4 и 5 с разными диаметрами, нижняя режущая кромка которых находится на одном уровне (рис.8.2). Диски последующего ряда расположены относительно дисков предыдущего ряда таким образом, что за диском малого диаметра со смещением следует диск большого диаметра и наоборот, за диском большого диаметра со смещением следует диск малого диаметра.



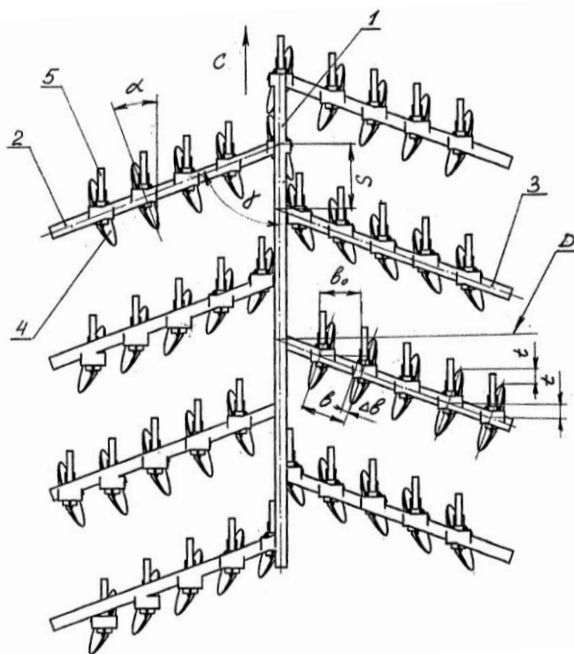
1 – поперечная балка; 2, 3 – стойка рабочего органа; 4, 5 – диск

Рисунок 8.2 – Взаимоочищающиеся диски большого и малого диаметра

Такая схема размещения рабочих органов дисковой бороны позволяет повысить её технологическую надежность даже в экстремальных условиях эксплуатации. Ещё более высокие результаты по предотвращению запрессовывания влажной почвой междискового пространства можно получить, если диски и малого и большого диаметров изготовить с щелевыми прорезями.

Как указывалось выше одним из преимуществ дисковых борон и луцильников батарейного типа является то, что с ростом угла атаки растёт и продольное расстояние между соседними дисками, батареи. Однако в это же время уменьшается и поперечное расстояние. При этом если увеличение поперечного расстояния

повышает технологическую надежность, то уменьшение поперечного расстояния снижает её, хотя более интенсивный рост продольного расстояния, чем снижение поперечного расстояния в диапазоне изменения угла атаки в итоге повышает технологическую надежность. Рассмотренную ситуацию можно существенно улучшить, если диски устанавливать на отдельных стойках. Это дает возможность независимо друг от друга устанавливать желаемый угол атаки и угол наклона балки, на которой установлен ряд дисков. Устройство, реализующее преимущество установки дисков на отдельных стойках на регулируемых по углу наклона балках, показано на рисунке 8.3 [23].



1 – хребтовая балка; 2,3 – балка; 4 – дисковый рабочий орган;  
5 – шарнир крепления

Рисунок 8.3 – Дисковая борона

В случае же необходимости обрабатывать почву на небольшую глубину, т.е. её мульчирования (4...6 см) надо отвести балки с рабочими органами вокруг их шарнирного крепления 5 к хребтовой балке на угол, обеспечивающий междисковое расстояние, рассчитанное для сплошного подрезания почвы. Следовательно, это устройство способно обеспечивать с помощью простых регулировок независимый друг от друга выбор параметров как для мульчирования почвы на глубину не более 6 см, так и для боронования на глубину до 14 см с полным подрезанием почвы и высокой проходимостью почвы, обеспечивая высокую технологическую надежность.

## 9. ЗАГЛУБЛЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ

Глубина обработки почвы – главный технологический параметр обработки почвы. Ее несоблюдение может привести к снижению урожайности, а ее превышение – к перерасходу энергии. Большинство же отечественных и зарубежных дисковых орудий, в экстремальных условиях работы, когда почва характеризуется повышенной твердостью, не заглубляются на заданную глубину. Этот факт приводит к многократным проходам по полю, распылению почвы движителями энергетических средств, перерасходу топлива. Известно, что заглубляемость дисков зависит от многих факторов: нагрузки на диск, его геометрических параметров и ориентации в почве.

Нагрузка на диск является одним из наиболее существенных факторов, определяющих заглубляющую способность дисковой бороны и луцильников.

Анализ отечественных борон по этому параметру показывает (табл.8.1), что нагрузка на один диск растет с 50...60 кг при малой ширине захвата (2...3 м), до 130...140 кг при больших ширинах захвата бороны (6...8 м). Если орудия и малой и большой ширины захвата предназначены работать с тракторами разного класса тяги, но в одинаковых почвенных условиях, можно предположить что разработчики не были ориентированы в исходных требованиях на оптимальную нагрузку на один диск. Повышенные нагрузки на диск на боронах с большой шириной захвата получались из-за более сложной рамной конструкции, наличия дополнительного оборудования для перевода орудия из рабочего положения в транспортное, дополнительных соединительных узлов и др., т.е. за счет увеличения общей массы.

Таблица 8.1

## Статистика параметров дисковых орудий

| Тип, марка<br>модель бороны                       | Диаметр<br>дисков,<br>мм | Кол-во.<br>дисков,<br>шт. | Масса<br>Орудия,<br>кг | Нагрузка<br>на диск,<br>кг | Угол<br>атаки,<br>град. | Глубина<br>обработ.,<br>см | Раб.<br>скор.<br>км/ч | Трактор, кл.     |
|---|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------|
| 1   | 2                        | 3                         | 4                      | 5                          | 6                       | 7                          | 8                     | 9                |
| ЗАО «Апшеронский завод «Лессельмаш», г. Апшеронск |                          |                           |                        |                            |                         |                            |                       |                  |
| БДТМ-8  | 560                      | 82                        | 11000                  | 134                        | 0...25                  | 6...16                     | 6...15                | 7-9              |
| БДТМ-6  | 560                      | 62                        | 8920                   | 144                        | 0...25                  | 6...16                     | 6...15                | 6-7              |
| БДТМ-4х4  | 560                      | 40                        | 4280                   | 107                        | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 4-5              |
| БДТМ-3П-ОЗА                                       | 560                      | 32                        | 2960                   | 93                         | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 3-4              |
| БДТМ-7,5х3  | 560                      | 66                        | 9770                   | 148                        | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 7-9              |
| БДТМ-6х3  | 560                      | 48                        | 6440                   | 134                        | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 4-5              |
| БДТМ-5,5-04Б                                      | 560                      | 51                        | 6015                   | 118                        | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 4-5              |
| БДП-6х2А  | 650                      | 44                        | 5900                   | 134                        | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 7                |
| БДП-4х2   | 560                      | 28                        | 3100                   | 111                        | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 1,4-3            |
| БДН-4х2   | 560                      | 28                        | 2100                   | 75                         | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 4-5, навесн.     |
| БДМ-2,5   | 560                      | 18                        | 1144                   | 64                         | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 1,4-3, навесн.   |
| БДМ-1,8   | 560                      | 14                        | 736                    | 53                         | 0...25                  | 6...12                     | 6...15                | 1,4, навесн.     |
| ООО «БДМ- АГРО», г. Краснодар                     |                          |                           |                        |                            |                         |                            |                       |                  |
| БДМ-2,2х2   | 560                      | 16                        | 900                    | 56                         | 0...25                  | 12...20                    | 12-17                 | 0,8-1,4, навесн. |
| БДМ-3-2П  | 560                      | 22                        | 1824                   | 83                         | 0...25                  | 12...20                    | 12-17                 | 1,4-2            |
| БДМ-7-2П  | 560                      | 53                        | 5180                   | 98                         | 0...25                  | 12...20                    | 12-17                 | 5-7              |
| БДМ-4х4   | 560                      | 39                        | 2330                   | 60                         | 0...25                  | 12...20                    | 12-17                 | 4-5              |



Продолжение таблицы 8.1

| 1                                   | 2   | 3  | 4    | 5   | 6      | 7       | 8       | 9                |
|-------------------------------------|-----|----|------|-----|--------|---------|---------|------------------|
| БДМ-6х4П                            | 560 | 55 | 4750 | 86  | 0...25 | 12...20 | 12-17   | 5-7              |
| БДМ-8х4П                            | 560 | 79 | 8025 | 102 | 0...25 | 12...20 | 12-17   | 8-9              |
| ОАО «Белагромашсервис», г. Белгород |     |    |      |     |        |         |         |                  |
| БДМ-2х2Н                            | 560 | 16 | 850  | 53  | 0...30 | до 16   | 8...12  | 0,8-1,4, навесн. |
| БДМ-3,2х4/0,9                       | 560 | 32 | 3780 | 118 | 0...30 | до 16   | 8...12  | 1,4-2            |
| БДМ-6х4П                            | 560 | 56 | 4804 | 86  | 0...30 | до 16   | 8...12  | 5-7              |
| БДР-10х4                            | 560 | 98 | 9550 | 97  | 0...30 | До 16   | 8...12  | 6-7              |
| Компания «Нью Тон», г. Волжский     |     |    |      |     |        |         |         |                  |
| ARGO-3,2х4П                         | 560 | 32 | 2900 | 91  | 0...20 | до 18   | 8..15   | 2-3              |
| ARGO-6,1х4ПК                        | 560 | 64 | 7500 | 118 | 0...20 | до 18   | 8..15   | 6-7              |
| Lemken, Германия                    |     |    |      |     |        |         |         |                  |
| ГЕЛИОДОР 8/300                      | 465 | 24 | 805  | 34  | 0...25 | 2...15  | 12...20 | 1,4-2            |
| ГЕЛИОДОР 8/500                      | 465 | 40 | 1883 | 47  | 0...25 | 2...15  | 12...20 | .2-3             |
| РУБИН 9/300 U                       | 620 | 24 | 1640 | 68  | 0...25 | 2...12  | 12...20 | 2                |
| РУБИН 9/400 U                       | 620 | 32 | 1960 | 61  | 0...25 | 2...12  | 12...20 | .2-3             |
| Amazone, Германия                   |     |    |      |     |        |         |         |                  |
| КАТРОС 3001                         | 460 | 24 | 1700 | 71  | 0...25 | 3...12  | 12...20 | 1,4              |
| КАТРОС 4001                         | 460 | 32 | 2050 | 64  | 0...25 | 3...12  | 12...20 | 2                |
| КАТРОС 6001-2                       | 460 | 48 | 3300 | 69  | 0...25 | 3...12  | 12...20 | 3                |

Следует заметить, что дисковые бороны зарубежного производства отличаются меньшей нагрузкой на диск, что вызвано, в основном, более легкими почвенными условиями, чем, например, в Краснодарском крае, на тяжелых черноземах. Орудия зарубежного производства имеют нагрузку на один диск (40...70 кг) существенно меньше, чем орудия отечественного производства (50...140кг). Однако и зарубежные фирмы (Лемкен, Рабе, Салфорд, Кун, Краузе и др.) тоже выпускают тяжелые орудия с дисками диаметром 600...700 мм и нагрузками на диск до 200 кг, для обработки тяжелых почв на глубине до 20 см и более и с наличием большого количества пожнивных остатков. На дисковых плугах диаметром до 850 мм нагрузка на диск должна быть 500...600 кг [7].

Чтобы повысить заглубляемость, производители дисковых борон и луцильников предлагают в виде дополнительных опций балласт для подбора необходимой нагрузки на диск в зависимости от конкретных почвенных условий. Некоторые фирмы для увеличения нагрузки на диски борон и луцильников заполняют полости труб рамы водой, устанавливают более массивные распорные втулки на боронах батарейного типа и даже отдельно на каждый диск, если они соединены с рамой плавающей системой копирования рельефа поля. В большинстве же случаев балластные грузы устанавливаются на раму бороны или на батареях в местах, обеспечивающих равномерное распределение нагрузки на все рабочие органы. По мере износа лезвия диска, т.е. его затупления, также снижается заглубляемость дисковых рабочих органов, что делает необходимым увеличивать вертикальную заглубляющую нагрузку, а это возможно только через заранее предусмотренные балластные грузы.

На заглубляющую способность диска существенное влияние оказывают также и ряд других его конструктивных параметров

(диаметр, радиус сферы, толщина диска, его заточка) и параметров ориентации в обрабатываемой почве (угол атаки, угол наклона диска к вертикали), а также скорость движения агрегата. Из физико-механических свойств почвы, влияющих на заглубляемость дисковых рабочих органов в почву можно выделить твердость почвы, её влажность, липкость, засоренность. Существенное влияние также оказывает наличие на поверхности почвы пожнивных остатков

По определению проф. Г.Н. Синеокова [27] диаметр  $D$  и радиус кривизны  $R$  диска связаны зависимостью (рис.6.8):

$$R = \frac{D}{2 \sin \varphi}, \quad (9.1)$$

где  $\varphi$  – половина угла при вершине сектора;

В диаметральном сечении диска горизонтальной плоскостью:

$$\alpha = \omega + \varepsilon, \quad (9.2)$$

где  $\alpha$  – угол атаки диска;

$\omega$  – угол между следом вертикального обреза диска и следом на горизонтальную плоскость образующей конуса заточки АОВ;

$\varepsilon$  – угол между направлением движения и следом плоскости заточки внешней кромки в диаметральном сечении диска горизонтальной плоскостью.

$$\omega = \varphi + i,$$

где  $i$  – угол заточки диска, угол между плоскостью лезвия диска и касательной к внутренней сфере диска в диаметральном сечении горизонтальной плоскостью).

$$\gamma = \varepsilon + i,$$

где  $\gamma$  - угол между направлением движения диска и касательной к внутренней сфере.

Углы  $\omega_a, \varepsilon_a$  – соответственно углам  $\omega$  и  $\varepsilon$ , но в плоскости сечения диска на расстоянии глубины обработки почвы  $a$  от нижней точки диска.

Рассмотрим также зависимость ширины захвата диска  $c$  горизонтальной осью  $b$  от его параметров:

$$b = 2\sqrt{c(D-c)}\operatorname{tg}\alpha, \quad (9.3)$$

а также дисков с наклонной осью вращения:

$$b = \left[ 2\sqrt{\frac{c}{\cos\beta} \left( D - \frac{c}{\cos\beta} + e \right)} \right] \operatorname{tg}\alpha, \quad (9.4)$$

где  $c$  – высота гребня на дне борозды между соседними дисками;  
 $\beta$  – угол наклона диска к вертикали или оси к горизонтали;  
 $e$  – расстояние между осями вращения соседних дисков.

Проанализируем некоторые параметры, входящие в полученные выражения (9.1-9.4) на предмет их влияния на заглабляемость.

При увеличении диаметра диска его заглабляемость снижается, так как увеличивается площадь опоры диска, соприкасающейся с почвой. Но при этом увеличивается радиус сферы, т.е. кривизна уменьшается, что приводит к снижению степени крошения почвы. Кроме того, из соображения, чтобы почва между соседними дисками не забивалась, диаметр диска в зависимости от глубины обработки почвы выражается соотношением:

$$D=ka, \quad (9.5)$$

где  $a$  – глубина обработки;  
 $k$  – коэффициент,  $k=4-6$ .

Уменьшение диаметра диска приводит к уменьшению измельчения пожнивных остатков, так как ухудшается защемление крупных стеблей между лезвием диска и поверхностью поля и наблюдается явление сгуживания пожнивных остатков и почвы или забивание ими междискового пространства. Следовательно, от диаметра диска зависит не только его заглубляемость, но и качество крошения почвы, измельчения пожнивных остатков, а также забиваемость междискового пространства почвой и пожнивными остатками.

В конечном итоге диаметр диска в зависимости от условий работы необходимо выбирать наименьшим из допустимых его значений. Это, как было об этом уже указано, обеспечит максимально возможную заглубляемость диска и крошение почвы. Но для этого необходимо обеспечить максимальное измельчение пожнивных остатков и равномерное их распределение по поверхности поля во время уборки предшественника и многорядное размещение рабочих органов для обеспечения высокой проходимости почвы. В случае невозможности обеспечения вышеуказанных условий необходимо повысить диаметр диска до значения, обеспечивающего исключение забиваемости и обеспечение измельчения пожнивных остатков, исходя из более трудных условий в соответствии с выражением (9.5). В этом случае заглубляемость необходимо будет повысить другими приемами.

Важное значение в обеспечении заглубляемости имеет радиус сферы диска, т.е. его кривизна. При переходе от большего радиуса сферы к меньшему, затылочный угол  $\varepsilon_a$  (рис. 6.8) становится отрицательным, что приводит к затылочному давлению. В свою

очередь затылочное давление приводит к выкатыванию диска из почвы и, особенно, это происходит на твердых почвах. В результате взаимодействия с почвой фаски лезвия диска и выпуклой части сферы часть почвы превращается в пыль, нарушается равновесие орудия в горизонтальной плоскости. Затылочный угол  $\varepsilon_a$  уменьшается, приближаясь к нулю при увеличении глубины обработки почвы, а угол  $\omega_a$  увеличивается.

$$\omega_a = \arctg \frac{D_a}{D} \operatorname{tg} \omega, \quad (9.6)$$

$$D_a = 2D \sqrt{\frac{a}{D} \left(1 - \frac{a}{D}\right)}, \quad (9.7)$$

где  $D_a$  - длина хорды погружения диска на глубине  $a$ .

Для нахождения значения  $\omega$  зададимся значениями угла атаки  $\alpha$  и затылочного угла  $\varepsilon_a$ . При диаметрах дисков борон до 650 мм угол атаки нельзя увеличивать больше  $15^\circ \dots 20^\circ$ , так как это может привести к замедлению вращения дисков и, как следствие, к сгуживанию почвы перед рабочими органами и забиванию междискового пространства. Далее, учитывая, что значение затылочного угла  $\varepsilon_a$  увеличивается при уменьшении глубины обработки  $a$ , примем для осевого горизонтального сечения диска затылочный угол в пределах  $0^\circ \dots 4^\circ$ . Тогда угол  $\omega$  будет равен:

$$\omega = \alpha - \varepsilon$$

Если, для примера, принять  $\alpha=18^\circ$  и  $\varepsilon=3^\circ$ , то  $\omega=15^\circ$

При  $D=560$  мм и  $a=100$  мм, находим  $D_a=429$  мм

Тогда из выражения (9.6)

$$\omega_a = 11,6^\circ, \text{ а } \varepsilon_a = \alpha - \omega_a$$

или

$$\varepsilon_a = 18^\circ - 11,6^\circ = 6,4^\circ$$

Полученное значение  $\varepsilon_a$  подтверждает, что при увеличении глубины обработки почвы значение затылочного угла увеличивается. А это еще раз указывает на то, что значение затылочного угла  $\varepsilon$  можно взять еще меньше, чем было, т.е. меньше  $3^\circ$  вплоть даже до  $0^\circ$ . Полученные таким образом значения  $D$ ,  $a$ ,  $\alpha$ ,  $\varepsilon$ ,  $\omega$ ,  $\omega_a$ ,  $\varepsilon_a$  могут послужить основанием для расчета величины фаски лезвия диска.

Известно, что лезвие диска может быть заточено как с внутренней, так и с внешней его стороны. При внутренней заточке исключается затылочное давление на фаску. Когда же диск заточен с внешней стороны, то его внедрение в почву затрудняется из-за появления отрицательных затылочных давлений даже на малых глубинах [7]. Профессором Ф. М. Конаревым разработана методика расчета ширины фаски для внутренней и внешней заточки. Согласно этой методике при внешней заточке ширина фаски  $b_n$  равна:

$$b_n = \sqrt{R^2 \sin^2 i + 2R\delta + \delta^2} - R \sin i, \quad (9.8)$$

где  $R$  – радиус сферы;

$i$  – угол заточки;

$\delta$  – толщина диска

Угол заточки  $i$  определяется между касательными, проведенными, из вершины угла заточки, к внешней и внутренней поверхности сферы диска на его диаметральной горизонтальной сечении.

$$i = \arcsin \frac{\sqrt{(R + \delta)^2 - R^2}}{R + \delta}, \quad (9.9)$$

При внутренней заточке ширина фаски  $b_e$  равна

$$b_e = (R + \delta) \sin i, \quad (9.10)$$

где  $\delta$  – толщина материала диска, мм.

Если принять величину радиуса сферы в сечении диска на уровне глубины обработки  $a=100$  мм через  $R_a = 600$  мм, то получим следующие результаты:  $i=7,8^\circ$ ,  $b_n=38$  мм и  $b_e=87$  мм. При таких значениях ширины фаски диск будет внедряться в почву достаточно легко и перерезать пожнивные остатки, но при этом на достаточно большой длине толщина диска будет уменьшаться существенно, что, безусловно, станет причиной интенсивного уменьшения диаметра диска из-за абразивного износа. Такие параметры фаски можно было бы принять только при существенном повышении прочности и устойчивости абразивному износу материала диска. Угол заострения лезвия дисков  $i$  рекомендуется для борон и лушильников в пределах  $10^\circ \dots 20^\circ$  [27]. Если принять эту рекомендацию, то ширину фаски можно найти из рассмотрения сечения диска на уровне его заглубления. Для варианта диска с внутренней заточкой рассмотрим (рис.9.1, а) треугольник ABC, в котором  $\angle A = 0,5\pi - i$ , из которого согласно теореме косинусов:



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos a,$$

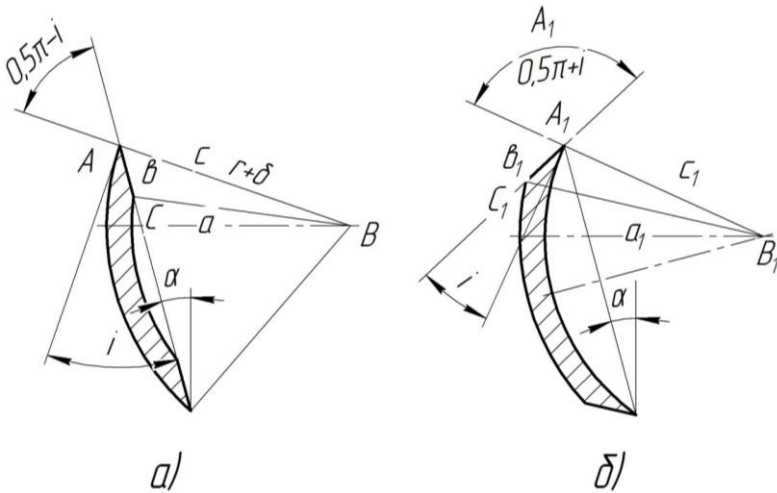
Учитывая, что  $a=R$ ,  $c=R+\delta$ ,  $\angle A = i$ ,

$$r^2 = (r + \delta)^2 + b^2 - 2(r + \delta)b \cos a,$$

где  $b$  – ширина фаски.

После несложных преобразований из последнего выражения получим

$$b_g = (r + \delta) \sin i - \sqrt{(r + \delta)^2 \sin^2 i - 2r\delta - \delta^2}, \quad (9.11)$$



$a$  – внутренняя заточка;  $b$  – наружная заточка

Рисунок 9.1 – Схема заточки диска

Для варианта с наружной заточкой (рис. 9.1, б) из треугольника  $A_1B_1C_1$  при аналогичном решении получим:

$$b_H = -r \sin i \pm \sqrt{r^2 \sin^2 i + 2r\delta + \delta^2}, \quad (9.12)$$

Подводя итог изложенному, можно сделать вывод, что выбор параметров, от которых зависит заглабляемость дисков, не представляется возможным определить однозначно лишь по полученным заранее формальным зависимостям. Но полученные зависимости являются необходимым основанием для творческого, более осознанного, логического рассуждения, при назначении некоторых параметров в зависимости от условий эксплуатации и основных исходных агротехнических требований. Наиболее удачное решение с заглабляемостью можно найти при появлении более прочных и устойчивых абразивному износу материалов.

## 10. ПРИКАТЫВАЮЩИЕ КАТКИ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ

Катки дисковых борон и луцильников, несмотря на свою конструктивную простоту, играют важную роль в обработке почвы. Они выполняют разные функции в зависимости от выполняемой операции. Невыполнение прикатывания или некачественное его выполнение в конечном итоге может привести к снижению урожайности. При обработке почвы необходимо обеспечить:

- устранение уплотнений почвы на всех горизонтах обитания корневой системы;
- гомогенную (одинаковую) структуру почвы одинаковой агрегации;
- равномерное распределение в обработанном слое измельченных органических остатков и при необходимости плющение;
- провокацию сорняков и их уничтожение;
- сохранение почвенной влаги и накопление влаги выпадающих осадков;
- ровную поверхность и оптимальную плотность.

Величина давления на почву при её обратном уплотнении зависит от ряда факторов: влажности почвы, предшественника и последующей культуры, под которую обрабатывают почву. При недостаточном обратном уплотнении почвы всходы запаздывают, повышается опасность вымерзания и в итоге снижается урожайность [3]. Так, урожайность озимой пшеницы при оптимальном обратном уплотнении на разных типах почв повышается от 11% до 25% по сравнению с вариантом без уплотнения.

При доработке вспашки по традиционной технологии катками борон разбивают оказавшиеся на поверхности комки почвы, рыхлят верхний слой на глубину 2...3 см, выравнивают поверхность почвы, уплотняют почву, восстанавливая тем самым

связь капилляров обработанного слоя с почвой ниже глубины её обработки. В данном варианте вспаханную почву рыхлят диски бороны, установленные на небольшой угол атаки и катки.

При минимальной системе обработки почвы боронами на глубину 8...12 см без предварительной вспашки катки также рыхлят верхний слой почвы, разбивают комки, выравнивают поверхность почвы, уплотняют почву и в зависимости от типа катка частично уничтожают оставшиеся сорняки. В этом случае диски бороны устанавливаются на максимальный угол атаки, при котором еще не забивается междисковое пространство почвой и пожнивными остатками.

При лущении стерни на глубину 4...6 см после уборки предшественника катки разбивают поверхностные комки, уплотняют почву для получения плотного контакта семян сорняков, заделанных в почву дисками лущильника, что обеспечивает условия для получения дружных и полных всходов с целью их уничтожения при последующей механической или химической обработке.

Прикатывающие катки применяются также в составе комбинированных посевных агрегатов с целью восстановления разрушенной плотности почвы на глубину посева, восстановления влагообменной функции почвы и обеспечения плотного контакта семян с почвой. Катки применяются также для разбивки почвенной корки. Поэтому при разработке катков к дисковым боронам и лущильникам необходимо учитывать более широкий спектр их применения. Учитывая общую направленность решаемого вопроса, рассмотрим некоторые технологические и конструктивные особенности прикатывающих катков в составе ротационных дисковых борон и лущильников.

В настоящее время отечественные и зарубежные производители дисковых борон и лущильников выпускают большой ассортимент прикатывающих катков для различных условий их эксплу-

атации. Катки в дисковых боронах служат не только для выравнивания почвы и её уплотнения, но и как копирующее колесо, на котором настраивается и удерживается заданная глубина. Длительное время отечественное сельскохозяйственное машиностроение выпускало в основном кольчато-шпоровые и гладкие катки. Сегодня разновидность катков, применяемых в дисковых боронах и луцильниках, существенно выросла.

Известна оптимальная плотность почвы для каждой культуры, при которой можно получить более высокий урожай. Однако, к сожалению, неизвестно до сих пор как можно получить желаемую плотность почвы при известных параметрах почвы. К тому же ни на боронах, ни на луцильниках и других орудиях, в которых имеются прикатывающие катки, не регулируется давление на почву. Более того, используя прикатывающие катки в качестве копирующего устройства и для регулировки глубины обработки почвы, при одном и том же состоянии почвы, получаем разную плотность почвы из-за разной удельной массы борон, а более влажная почва прикатывается сильнее, чем твердая почва, хотя все должно быть наоборот. Нерешенных проблем в вопросе обратного и предпосевного прикатывания почвы в плане их практического решения еще достаточно много. Оптимальное уплотнение почвы является лишь одной из проблем, которые должны решать прикатывающие катки.

Одним из основных параметров катков в составе почвообрабатывающих орудий является его диаметр. От диаметра зависит и степень уплотнения почвы при одной и той же нагрузке на него и способность крошения комков. Крошение крупных комков почвы происходит только тогда, когда на них наезжает каток. А для этого необходимо защемление камка между поверхностью почвы и катком, что возможно только при условии:

$$\gamma \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (10.1)$$

где  $\gamma$  – угол защемления комка;

$\varphi_1$  – угол трения комка о поверхность катка,

$\varphi_2$  – угол трения комка о поверхность почвы.

В результате анализа соотношения (10.1) получим минимальный размер диаметра диска, обеспечивающего наезд катка на комок из выражения [10]

$$r_{кат} = r_{ком} ctg^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (10.2)$$

где  $r_{кат}$  – радиус катка;

$r_{ком}$  – радиус комка.

Это для гладкого катка, который не применяется в дисковых боронах и луцильниках. Умножая полученный размер диаметра на соответствующий коэффициент (0,8...0,95), можно рассчитать диаметр и для других катков. При этом меньший коэффициент выбирается для катков, имеющих заметные впадины между звеньями катка или выступы в виде острых зубьев-зацепов.

Другим параметром катка, кроме диаметра, обеспечивающим агротехнические требования по плотности почвы и крошению комков, является удельная нагрузка на каток. Подбирать под каждое состояние взрыхленной почвы диаметр диска практически сложно и экономически необоснованно иметь набор катков разного диаметра. Поэтому при проектировании катков рекомендуется сразу расчет диаметра диска проводить из условий защемления и крошения крупных комков почвы, образующихся после прохода дисковых рабочих органов. У современных дисковых борон и луцильников наибольший размер комков почвы, которые предстоит раскрошить каткам, не превышает 120 мм, так как максимальная

глубина обработки почвы и ее захват по ширине одним диском тоже не превышает этот размер. В отличие от диаметра диска легче можно регулировать нагрузку, приходящуюся на каток с помощью балластов при неизменных остальных конструктивных параметрах катка. Весь вопрос здесь состоит в том, какое первоначально выбрать удельное давление на почву без балластов. Тогда, зная исходное удельное давление, при изменении почвенных условий легко подобрать соответствующую величину удельного давления с помощью балласта. Разнообразие состояния почвы и требования к степени уплотнения почвы с учетом предшественника и последующей культуры велико. Для выполнения этих требований требуется подбирать не только удельную нагрузку, но иногда даже и тип катка. Например, для зерновых культур при их возделывании на черноземах оптимальная рекомендуемая плотность составляет 1,2...1,3 г/см<sup>3</sup>. Чтобы получить рекомендуемую плотность почвы при любом ее состоянии, необходимо иметь зависимости плотности почвы от ее типа и влажности, удельного давления катка. К сожалению, такие зависимости отсутствуют. Поэтому рекомендуется в исходные данные для проектирования закладывать наиболее легкие катки с удельным давлением 0,05...0,20 кг/см<sup>2</sup>, если верхние слои почвы достаточно увлажнены. При этом масса катка должна быть 100...150 кг/м при диаметре 400...500 мм. Для обработки же сухой и тяжелой почвы массу катка необходимо доводить до 300...400 кг/м, что будет соответствовать удельному давлению более 0,5 кг/см<sup>2</sup>. Для «спелых почв» с относительной влажностью 15...30 % оптимальным является давление 0,3...0,4 кг/см<sup>2</sup>, что достижимо при удельной массе катка 200...300 кг/м. Регулирование удельной нагрузки на каток возможно или догрузкой дополнительным грузом или переносом части массы орудия на каток, как на культиваторе Top Down фирмы Väderstad (Швеция) или изменением результирующей сил, действующих на боро-

ну, как на дисковой бороне Рубин 9U фирмы Lemken (ФРГ) (рис.10.1). У навесной дисковой бороны Рубин 9U степень обратного уплотнения прикатывающими катками 2 можно регулировать изменением наклона верхней тяги 1 при плавающем положении навески трактора. При этом крутой наклон верхней тяги (верхнее отверстие) соответствует слабому уплотнению почвы, меньший наклон (среднее отверстие) – средней степени уплотнения и горизонтальное положение верхней тяги – более сильному обратному уплотнению. Степень воздействия прикатывающих катков комбинированного агрегата Top Down регулируется изменением взаимного расположения по высоте прикатывающего катка и опорно-транспортных колес орудия. При этом опорно-транспортные колеса обязательно должны касаться земли и воспринимать часть массы орудия на себя.

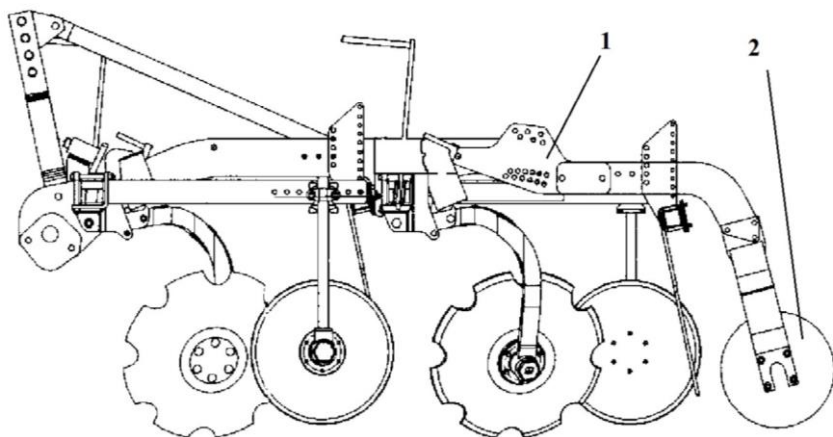


Рисунок 10.1 – Схема догрузки прикатывающего катка дисковой бороны Рубин 9U фирмы Lemken

Для регулировки положения катка в зависимости от глубины обработки почвы и требуемого уплотнения необходимо устанавливать распорки на нижние поршневые штоки гидроцилиндров



катка. Определить действительную плотность почвы поле прохода катка можно её измерением соответствующими приборами. Однако и по внешнему осмотру получающейся колеи возможно определить степень уплотнения [12,с.183] . Как указывают А. Кулен и Х. Куиперс «...Если после прохождения колеса (катка) остается колея с поднявшейся почвой по краям, уплотнение, вероятно, является небольшим, но имеет место значительная деформация почвы без изменения объема. Если почва не поднимается по краям колеи, происходит значительное её уплотнение».

Очень важным параметром прикатывающих катков является их ширина захвата, допустимое значение которой определяется результатами профилирования поверхности поля. Для зон с ровными полями ширина катка допускается до 3...4 м, на полях с пересеченной поверхностью ширина одной секции катка должна быть не более 1...1,5м. Превышение допустимого значения ширины захвата катка приведет к неравномерному уплотнению почвы по ширине захвата.

Отечественное и зарубежное сельскохозяйственное машиностроение предлагает широкий модельный ряд прикатывающих катков, образующих единый комбинированный агрегат совместно с дисковыми почвообрабатывающими орудиями. При этом в каждом случае конструкция катков определяется назначением бороны или лушильника, условиями их работы и основными агротехническими требованиями к качеству обработки почвы.

Глубина хода коротких дисковых борон Catros фирмы Amazone (ФРГ) удерживается катком с клиновыми кольцами или с клиновыми шинами (рис. 10.2).



Рисунок 10.2 – Катки с клиновыми кольцами дисковой бороны Catros фирмы Amazone (ФРГ)

Форма клина при приложении вертикальной нагрузки позволяет уплотнить почву в вертикальном и боковом направлениях в зависимости от угла наклона боковых сторон клина, выполняя тем самым основное свое предназначение. А расположенные между уплотненными бороздками открытые и не прикатанные места могут впитывать влагу выпадающих осадков и пропускать воздух. На очень твердых и сухих почвах, когда диски плохо заглубляются, катки приподнимаются и тогда они начинают служить дополнительной массой, т.е. дополнительной нагрузкой на диски [3]. Степень уплотнения почвы зависит от диаметра катка и его массы. Такие катки работают удовлетворительно и по влажной почве без забивания. Особенно хорошие результаты дисковая борона Catros показывает на лущении стерни. На этой операции благодаря способности этой бороны обработать почву на мелкую глубину (4...6 см) и сильному прикатыванию, семена сорняков получают плотный контакт с почвой, что способствует получению всходов сорняков за короткий срок. К этому типу катков можно отнести и катки с клиновыми шинами типа Farmfleks.

Трубчатый каток (рис. 10.3) - простой по конструкции, предназначен для уплотнения легких не пересушенных и не переувлажненных почв. Нагрузка на 1 м ширины захвата составляет

132 кг. Имеет ограниченное применение. Однако разработчики часто применяют их в агрегате с дисковыми боронами из-за их низкой стоимости в ущерб качеству обработки почвы, что нельзя считать обоснованным. В целях повышения степени крошения поверхностного слоя почвы (2...3 см) трубчатые катки бывают и двухрядными.

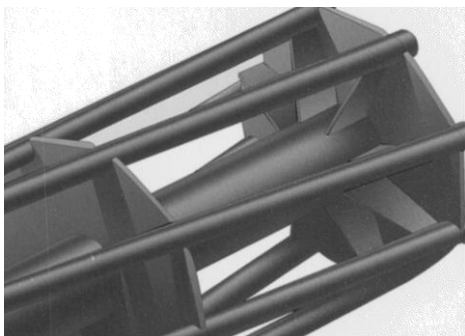


Рисунок 10.3 – Трубчатый каток.



Рисунок 10.4 – Двухрядный планчатый прикатывающий каток

поверхности почвы, но низкой технологической надежностью при повышенной влажности и недостаточным уплотнением и крошением почвы. По сочетанию выполнения выравнивания поверхности почвы, крошения почвенных комков на поверхности и внутри

Все большее применение находят планчатые катки (рис. 10.4), которые крошат не только комки почвы, оказавшиеся на поверхности почвы, но и находящиеся внутри почвы на глубине до 4...5 см, выравнивают и уплотняют её. В целях сохранения работоспособности при различных почвенных условиях и более качественного крошения и такие катки иногда выполняют двухрядными.

Из известных прикатывающих катков спиральные катки отличаются лучшими характеристиками выравнивания

почвы и прикатывания почвы на всех типах почв хорошие результаты показывает спирально-планчатые катки [33]. У этих катков спираль выполнена в виде многозаходной резьбы (рис. 10.5).

Известные кольчато-шпоровые катки, хотя и обладают хорошими крошащими характеристиками, они имеют низкую технологическую и техническую надежность и имеют большую массу. В связи с этими недостатками заслуженную популярность получили стальные двухрядные кросскилл ударостойкие катки. Такие катки имеют повышенную крошащую способность, высокую самоочистку в условиях повышенной влажности почвы, хорошо зарекомендовали себя в каменистых условиях (рис.10.6).

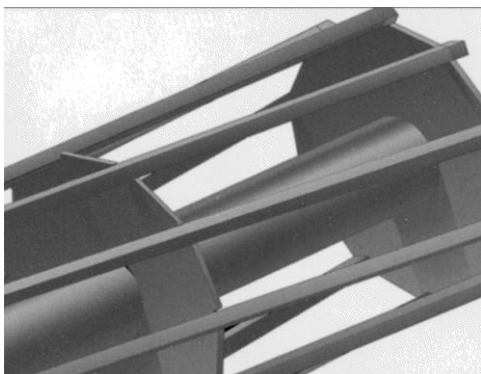


Рисунок 10.5 – Спирально-планчатый многозаходный прикатывающий каток



Рисунок 10.6 – Двухрядные кросскилл ударостойкие катки.

Обоснованно заняли свое место катки с шинами атмосферного давления и с шинами с регулируемым давлением. Преимуществом таких катков является способность работать по переувлажненной почве и регулировать величину давления на почву.

Подводя итог конструктивным особенностям прикатывающих катков, следует заметить, что было бы целесообразно к каждому дисковому орудию иметь 2...3 прикатывающих катка в соответствии с различными почвенными условиями.

## 11. РАВНОМЕРНОСТЬ ГЛУБИНЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ДИСКОВЫМИ БОРОНАМИ И ЛУЩИЛЬНИКАМИ

При достаточной нагрузке на каждый диск в целом вся борона заглубляется на заданную глубину. Однако одного этого недостаточно для обработки почвы в пределах агротехнического допуска. Равномерность глубины обработки почвы зависит от многих факторов: рельеф поля, способ копирования поверхности поля каждым рабочим органом, физико–механические свойства почвы, правильная настройка дисковой бороны или лущильника.

Известно, что допуск на отклонение глубины обработки зависит и от величины самой глубины. С увеличением требуемой глубины обработки увеличивается и допуск на отклонение. Так, если глубина обработки почвы при её лущении составляет 4...6 см, а допуск на неё  $\pm 1$  см, то согласно агротехническим требованиям допуск на неравномерность глубины обработки почвы при ее бороновании дисковыми боронами на глубину 8...14 см составляет  $\pm 3$  см. Поэтому при выборе ширины захвата для группового крепления рабочих органов к раме отдельных секций (центральной или боковых) требуется рассматривать отдельно дисковые бороны и лущильники (мульчировщики). Необходимо также учитывать при выборе ширины секции рамы учитывать и требования к габаритам при перевозке. По результатам проведенных исследований профиля поля и многолетней производственной практикой установлено, что при жестком креплении рабочих органов к раме допустимая ширина захвата одной рамной секции дисковых борон составляет для условий Краснодарского края 4 м. Для лущильников, предназначенных для обработки почвы на глубину всего лишь 5...6 см, необходимо применять при этой же ширине секции рамы и индивидуальное копирование поверхности поля каждым рабочим органом. В целях расширения зоны применения многие произво-

дители дисковых борон тоже применяют различные конструкции для индивидуального копирования рабочими органами рельефа почвы с целью повышения качества обработки почвы, несмотря на то, что это приводит к потенциальному снижению надежности орудия в целом и повышению его стоимости.

Наиболее распространенным способом соединения рабочих органов дисковых борон к раме является жесткое крепление. Такое соединение является наиболее дешевым и применяется практически на большинстве орудий отечественного производства (рис.11.1).

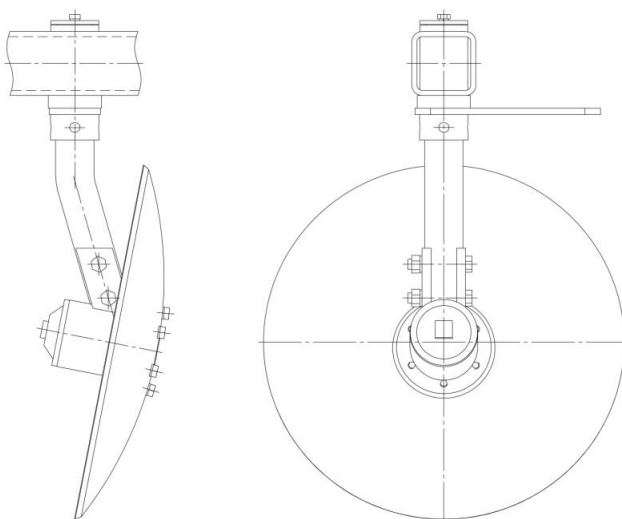


Рисунок 11.1 – Рабочий орган дисковых борон с жестким креплением к раме

Дисковые бороны с таким креплением рабочих органов по равномерности глубины их хода в почве ничем не отличаются от борон батарейного типа.

Фирма Lemken (ФРГ) применяет практически на всех своих боронах диски, устанавливаемые на предварительно натянутых пружинных подвесках, которые обеспечивают постоянное опти-

мальное давление на диски (рис. 11.2). Такая подвеска в первую очередь копирует профиль поля, обеспечивая равномерную по глубине обработку почвы, защищает от поломки при встрече рабочего органа со случайными препятствиями в виде камней, корневых остатков и других предметов. Кроме того такая подвеска повышает и технологическую надежность в целом всей бороны за счет относительного колебания соседних рабочих органов в продольно вертикальной плоскости.

Большое распространение получили дисковые бороны с резиновыми эластичными элементами конструкций фирмы Väderstadt (Швеция) и Amazone (ФРГ) (рис.11.3).

При настройке бороны на требуемую глубину резиновые амортизаторы получают предварительный натяг, который при работе используется для копирования рельефа поля.

Фирма Agrisem (Франция), Gaspardo (Италия), ОАО «Беллагроماشсервис» (Россия) устанавливают диски на стойках спирального типа (рис. 11.4)

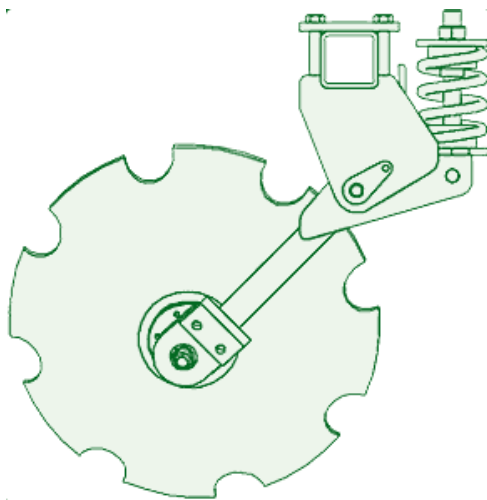


Рисунок 11.2 – Подпружиненная индивидуальная стойка рабочих органов дисковой бороны Рубин 9 фирмы Lemken (ФРГ)



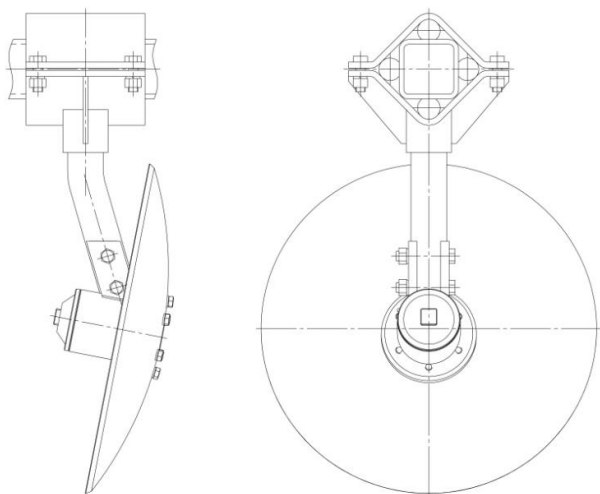


Рисунок 11.3 – Резиновые эластичные элементы соединения рабочих органов дисковых борон и луцильников с рамой

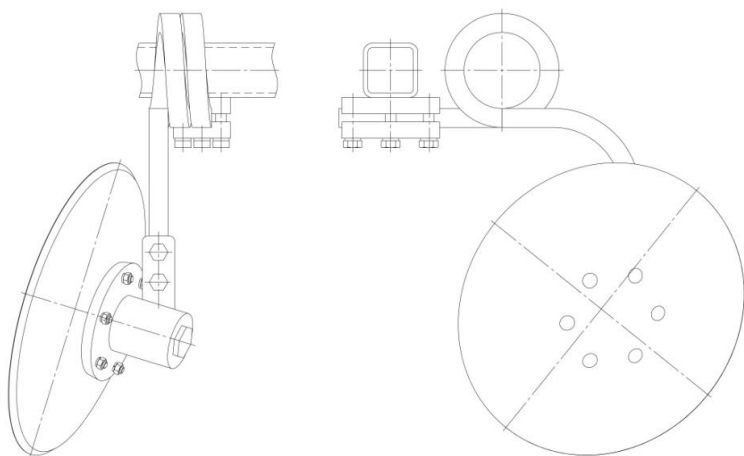


Рисунок 11.4 – Рабочий орган дискового орудия на спиральной стойке

Отмечается, что рабочие органы на спиральной стойке, как и все остальные подвижные подвески, хорошо защищены от поло-

мок при наезде на препятствия, снижают сопротивление за счет вибрации и повышают технологическую надежность.

У рабочего органа дискового орудия (рис.11.5) [15] подшипниковый узел расположен с наружной стороны сферы диска, а спираль ориентирована так, что от сил, действующих на диск, витки пружины скручиваются и приближаются друг к другу. При этом жесткость системы повышается, что способствует заглублению рабочего органа.

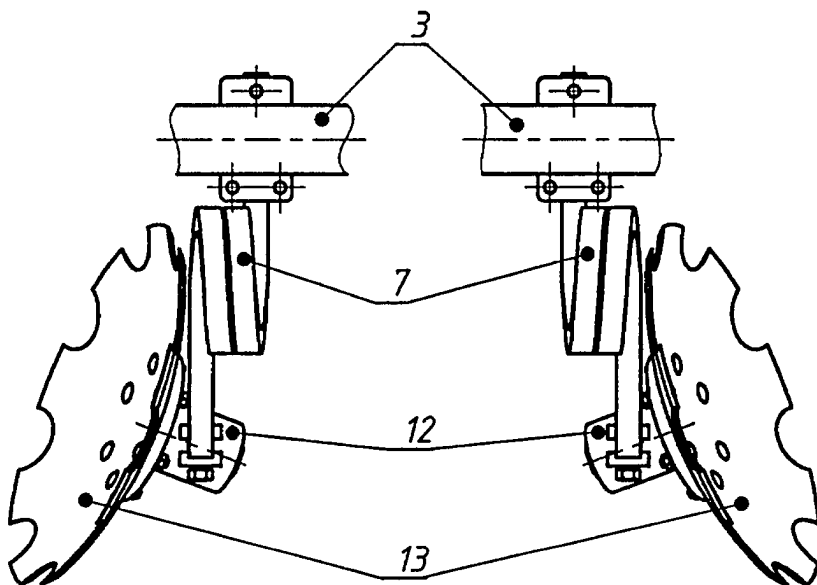


Рисунок 11.5 - Рабочий орган дискового орудия по патенту № 104 008 (Россия)

Аналогичную роль играет и дугообразная стойка, применяющаяся на многих дисковых боронах и мульчировщиках фирмы Sunflower (США ), ОАО «Белагромашсервис», «Промагро» и др.(рис.11.6).

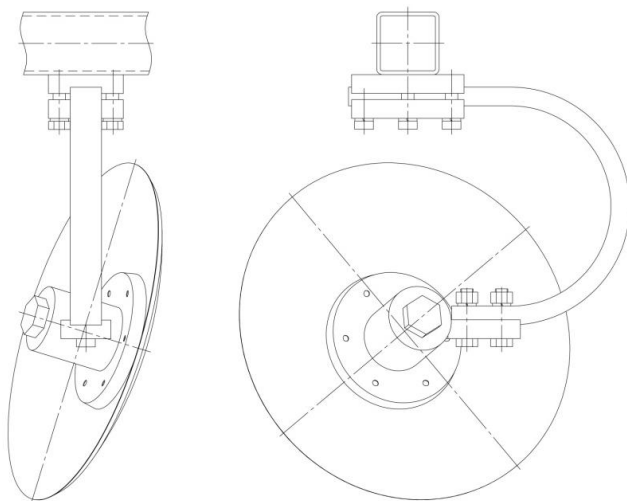


Рисунок 11.6 - Рабочий орган дисковой мульчирующей борны Д-820 «Доминанта» (Премагро)

К сожалению некоторые производители дисковых борон и мульчировщиков, стараясь скрыть некачественное копирование и неравномерность глубины обработки почвы при демонстрации потенциальным заказчикам, увеличивают глубину обработки почвы и практически никогда не вскрывают дно борозды для оценки.

Для достижения более высоких показателей по равномерности глубины обработки почвы необходимо учитывать, как об этом уже упоминалось, условия работы орудий - рельеф поля, наличие в почве камней и других твердых включений, состояние почвы.

Для оценки рельефа поля необходимо провести профилирование её поверхности, по результатам которого можно найти преобладающую длину волны, что может служить достаточным основанием для установления ширины рамы.

Например, если по результатам профилирования поля, построив нормированные спектральные плотности и определив частоту  $\omega_0$ , при которой спектральная плотность достигает макси-

мального значения и само значение спектральной плотности  $\sigma(\omega_0)$  при частоте  $\omega_0$  можно вычислить преобладающий период неровностей исследуемой поверхности  $L$ .

$$L = 2\pi \frac{1}{\omega_0}, \quad (11.1)$$

Зная значение  $L$  и соответствующую ему дисперсию, можно легко прогнозировать возможную неравномерность глубины обработки почвы при жестком креплении рабочих органов к раме.

Равномерность глубины обработки почвы дисковыми боронами и луцильниками очень важный показатель, но он не учитывает насколько точно можно настроить орудие на заданную глубину.

При оценке качества обработки почвы дисковыми орудиями ограничиваются обычно определением по серии замеров арифметической средней  $M_{cp}$ , дисперсии  $D$  и коэффициента вариации  $V$ . Такой подход не дает возможности комплексно оценить соответствие глубины обработки почвы заданной наперед глубине и её допуску. В целях более наглядной оценки глубины обработки почвы можно использовать комбинированный статистический метод оценки качества обработки почвы. Если закон распределения измеряемой величины, т. е. глубины обработки почвы, близок к нормальному с параметрами средней арифметической  $M_{cp}$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma$ , то вероятность глубины обработки почвы в пределах агротехнического допуска определяется по следующим выражениям [4].

$$P_1 = P(x_i < M_{cp} - t_1\sigma) = \frac{1}{2}(1 - \Phi(t_1)), \quad (11.2)$$

$$P_2 = P(x_i < M_{cp} - t_2\sigma) = \frac{1}{2}(1 - \Phi(t_2)), \quad (11.3)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  - соответственно вероятность обработки почвы в верхней зоне допуска и вероятность обработки почвы в нижней зоне допуска от планируемой глубины,

$t_1 = \frac{T_n - M_{cp}}{\sigma}$  - отношение разности между нижним агротехническим допуском  $T_n$  и арифметическим средним серии измерений  $M_{cp}$ , к среднеквадратическому отклонению в выборке измерений фактической глубины,

$t_2 = \frac{T_e - M_{cp}}{\sigma}$  - отношение разности между верхним агротехническим допуском  $T_e$  и арифметическим средним серии измерений  $M_{cp}$ , к среднеквадратическому отклонению в выборке измерений фактической глубины

$\Phi(t_1)$ ,  $\Phi(t_2)$  – функции Лапласа.

Вероятность же расположения глубины обработки почвы в пределах агротехнического допуска определится выражением

$$P(T_H < m_i < T_e) = \frac{1}{2}\Phi(t_1) + \frac{1}{2}\Phi(t_2), \quad (11.4)$$

Тогда площадь поля, на которой обработка почвы проведена на оптимальную глубину определится так

$$F_{onm} = P(T_H < m_i < T_e)100\%, \quad (11.5)$$

Таким образом, такая оценка учитывает одновременно сохранность средней глубины обработки почвы и его среднеквадратическое отклонение при постоянной средней глубине.

Для получения представительной выборки глубины обработки почвы проводят профилирование поверхности поля и дна борозды с помощью нивелира или мерной рейки. Однако это довольно трудоемкий и малопроизводительный процесс. Поэтому рекомендуется применять устройства для автоматической записи профилей на осциллограмму с последующей их статистической обработкой. Для определения глубины обработки почвы на осциллограмме необходимо определить смещение начала фиксации ординат профиля дна борозды  $Z_{\delta i}$  и профиля поверхности поля  $Z_{ni}$ , учитывающего положение копирующего колеса и рабочего органа. По результатам измерений из выражения определяют глубину  $a_i$  обработки почвы и её дисперсию [2,9]. В данном случае дисперсия  $D_a$  служит оценочным показателем равномерности глубины обработки

$$a_i = Z_{\delta i} - Z_{ni}, \quad (11.6)$$

$$D_a = D_n - D_{\delta} - 2K_{n\delta}, \quad (11.7)$$

где  $D_n$  и  $D_{\delta}$  – дисперсии профиля поверхности поля и дна борозды;

$K_{n\delta}$  – корреляционный момент связи профиля поверхности поля и дна борозды.

Таким образом, предложенный метод оценки равномерности глубины обработки почвы по значениям дисперсии позволяет определить её величину, а также структуру формирования, достаточно полно оценить качество работы дисковых борон и лушпильников и наметить пути их совершенствования.

## 12. РАВНОВЕСИЕ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Устойчивость движения сельскохозяйственных агрегатов во многом определяет качество выполнения технологических процессов. Наиболее часто встречается и имеет особое значение устойчивость машин и орудий в горизонтальной плоскости. От устойчивости движения зависит не только уровень, но и стабильность качества выполнения агротехнических показателей. Под стабильностью надо понимать сохранение настроечных параметров и качества работы в течение длительного времени использования орудия или машины.

Внешние условия, влияющие на работу сельскохозяйственной машины не остаются постоянными, в связи с чем меняются не только качественные, эксплуатационные и технико-экономические показатели но, к сожалению, и некоторые настроечные параметры, что влечет за собой и смещение средних значений качественных показателей. В связи с этим необходимо предусмотреть в технологической схеме и конструкции орудий и машин принципиальные схемы и элементы, стабилизирующие процесс.

Основой любого производственного цикла являются технологические процессы, которые влияют напрямую и на все остальные показатели. Поэтому требования к качеству разработки технологии и технологического процесса, включающего комплекс всех исходных требований и безусловное их выполнение, является определяющим моментом в достижении успеха в целом.

На качество работы почвообрабатывающих машин наряду с исследуемыми и оптимизируемыми факторами в виде конструктивных и режимных параметров действует множество внешних неуправляемых факторов, нарушающих нормальное протекание технологического процесса. Эти факторы носят случайный харак-

тер и поэтому оценочные показатели являются случайными в вероятностно – статистическом смысле. К внешним неуправляемым факторам можно отнести общий рельеф местности и микрорельеф поля, а также почвенные условия.

Серьезное влияние на работу сельскохозяйственных агрегатов оказывает рельеф местности. На уклонах местности нарушается равновесие агрегатов, изменяется взаимное расположение орудия по отношению к трактору. Неровности меньшей протяженности приводят к изменению глубины хода рабочих органов, нарушая установившееся равновесное состояние. Это в первую очередь относится к орудиям, у которых рабочие органы закреплены к раме жестко, как, например, дисковые бороны и луцильники, некоторые типы культиваторов и др.

Почвенные условия также оказывают существенное влияние на устойчивость протекания технологического процесса. Неоднородный механический состав почвы, наличие уплотненной технологической колеи, места проезда транспортных средств при выполнении ряда технологических операций, изменение влажности почвы, неравномерное распределение пожнивных остатков предшествующей культуры, наличие корневых остатков и другие факторы периодически нарушают равновесие орудия. Нередко встречаются случаи, когда потерявшее равновесие орудие не возвращается в исходное положение до очередного выглубления и заглубления. Рассмотрение такой ситуации является новой задачей еще широко не рассматривавшейся и не обсуждавшейся по отношению к почвообрабатывающим машинам и орудиям.

Для оценки качества работы дисковых луцильников и борон, как, впрочем, и любой другой сельскохозяйственной машины или орудия служат исходные требования на технологические операции в растениеводстве [6]. К сожалению, большинство рекомендуемых



исходных требований не имеют никакой доказательной базы и переписываются от случая к случаю, некогда принятые по интуиции агротехнические требования со времен более примитивной техники, а также отсутствие доказательных методов контроля их соблюдения. В некоторых исходных требованиях содержатся даже конструктивные требования в виде, например, количества рядов дисковых батарей и углов атаки дисков, которые никак нельзя принять за исходные требования к технологическим операциям. И, как итог, за формально и безответственно рожденный документ в виде исходных требований приходится платить некачественным выполнением соответствующей операции даже при полном соблюдении агрегатом всех требований. В случае завышенных требований чаще всего имеем вариант необоснованно и чрезмерно усложненных конструктивно машин и орудий. Для разработки обоснованных исходных требований необходимо провести по каждой технологии и отдельной технологической операции достаточно масштабные многолетние исследования силами всех научно-исследовательских институтов. Устойчивость движения почвообрабатывающих машин и орудий зависит от условий их работы и конструкции машин, а исходные требования нужны для проверки достигнутого уровня.

Устойчивость дисковых борон и луцильников типа БДГ-7, БДТ-3, ЛДГ-10 и их модификаций батарейного типа хорошо исследованы и описаны в различных источниках [27, 30, 32]. Так как все эти луцильники и бороны имеют симметричную схему расстановки рабочих органов, результирующая всех сил, действующих на систему, проходит через ось симметрии. Поэтому расчет статического равновесия не представляет сложности. Для достижения равновесного состояния этих борон требуется равномерная глубина хода рабочих органов и однородная почва. Однако непостоянство свойств почвы и рельефа местности вызы-

вают нарушение устойчивого хода орудия, отклоняясь от направления движения агрегата то в одну, то в другую сторону. Это явление наблюдается у всех дисковых симметричных борон и луцильников батарейного типа. При максимальном заглублении рабочих органов устойчивость орудий повышается, так как уменьшается вариация показателей свойств почвы и происходит «фиксация» рабочих органов в почве. Равновесие бороны или луцильника легко нарушается на малых глубинах. В этом случае нарушается равномерность глубины хода рабочих органов, а некоторые из них вообще зависают из-за рельефа почвы и неравномерности распределения пожнивных остатков. К этому можно еще добавить тот факт, что у рассматриваемых борон и луцильников занижена заглубляющая нагрузка, приходящаяся на каждый диск, и поэтому они заглубляются меньше, чем требуется. Эти орудия способны качественно обрабатывать только легкие почвы, а по более сложным условиям приходится совершать многократные проходы.

За последние годы наибольшее распространение получили фронтально расположенные многорядные дисковые бороны и мульчировщики с индивидуальным креплением каждого диска на отдельной стойке к раме. За период эксплуатации эти орудия показали лучшие результаты по сравнению с однорядными симметричными луцильниками и двухрядными дисковыми боронами батарейного типа. Новые диски имеют повышенную технологическую надежность и лучшее качество рыхления почвы. Однако в силу отсутствия необходимого объема исследований до сих пор обладают рядом недостатков, снижающих их эффективность. Широкозахватные мульчировщики и все дисковые бороны с рабочими органами на индивидуальной стойке характеризуются слабой устойчивостью в горизонтальной плоскости и недостаточно высоким качеством крошения почвы, несмотря на довольно высокую

удельную насыщенность рабочими органами. Этот факт объясняется следующим образом.

Рассмотрим статическое равновесие дисковых мульчировщиков, предназначенных для мелкой обработки почвы на глубину до 6 см. По своему технологическому назначению они призваны заменить луцильники. Но для более полного подрезания почвы по всей ширине захвата в отличие от луцильников расположены в два ряда. Расстояние между дисками в одном ряду составляет 250...300 мм при диаметре дисков в среднем 560 мм. Следовательно, на один диск приходится 125...150 мм. Однако такую ширину обработать даже при предельной глубине 6 см невозможно. Известно, что ширина  $b$  полосы почвы, обрабатываемой единичным диском определяется по выражению [7]:

$$b_1 = \sqrt{4e \sin^2 \alpha (2R \cos \beta - e) \cos^2 \beta}, \quad (12.1)$$

где  $b_1$  – ширина полосы почвы, обрабатываемая одним диском, мм;

$R$  – радиус диска, мм;

$e$  – агротехнически допустимая высота допуска продольного гребня, образующегося между смежными проходами двух дисков, мм;

$\alpha$  – угол атаки, град.;

$\beta$  – угол наклона дисков, град.

Расчеты показывают, что при диаметре дисков 560 мм, угле атаки дисков  $18^\circ$  угле наклона дисков  $10^\circ$ , глубине обработки почвы 6 см при допуске  $\pm 4$  см, согласно исходных требований, ширина почвы, обрабатываемой одним диском составляет всего лишь 40 мм. Поэтому для качественной обработки почвы с полным ее подрезанием в соответствии с исходными требованиями приходится совершать 2...3 прохода по полю. Мульчировщики

из-за малой глубины обработки почвы и, следовательно, небольшого тягового сопротивления имеют увеличенную ширину захвата, устойчивость которых в равновесном состоянии невелика. Рассмотрим устойчивость в горизонтальной плоскости двухрядного дискового мульчировщика шириной захвата 10 м, междисковым расстоянием в одном ряду 250 мм, расстоянием между рядами 900 мм и длиной прицепного устройства 2000 мм (рис. 12.1) [14]. При работе мульчировщика на поле, на каждом его рабочем органе создается момент, стремящийся развернуть его, и как следствие весь агрегат. Величина и направление действия этого момента напрямую зависит от глубины обработки (количества почвы взаимодействующей с рабочим органом) и почвенных условий. Однако эти величины могут сильно изменяться даже на небольших площадях, и как следствие меняются моменты на рабочих органах, что приводит весь агрегат к дисбалансу, и он начинает разворачиваться. Как видно из рисунка 12.1, разворот приводит к нарушению ширины обработки. Например, следом идущие рабочие органы обрабатывают уже обработанную полосу почвы.

Угол разворота мульчировщика до момента совпадения траекторий движения дисков в паре зависит от конструктивных параметров самого мульчировщика и будет определяться по выражению:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{AB}{BC} \right), \quad (12.2)$$

где  $\alpha$  – угол поворота, град;

$AB$  – ширина захвата диска;

$BC$  – расстояние между рядами.

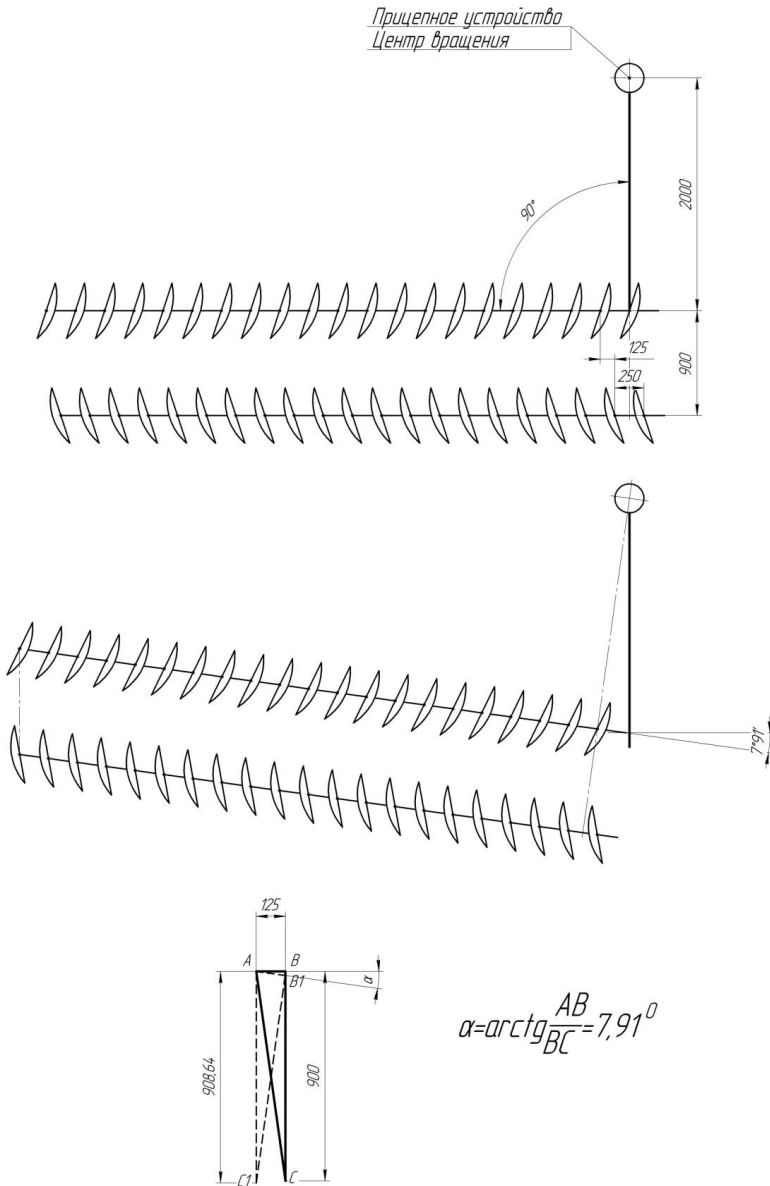


Рисунок 12.1 – Технологическая схема работы мульчировщика

После подстановки в эту формулу заданных параметров, получаем величину угла  $7,91^\circ$ . Этот результат получен для двухрядного мульчировщика, где расстояние между дисками по ходу движения составляет всего лишь 900 мм. В четырехрядных же боронах часто встречаются варианты, где смежные полосы почвы обрабатываются двумя дисками, отстоящими друг от друга на раме бороны в три раза дальше, чем в рассмотренном примере. Очевидно, что в таких парах второй по ходу движения агрегата диск еще при меньшем угле разворота бороны будет попадать вслед впереди идущего диска в этой же паре. По результатам сравнительных испытаний зарубежные дисковые бороны тоже обладают таким же недостатком [24].

В целях исключения частых случаев потери равновесия дисковых борон в результате изменения физико-механических свойств почвы и рельефа местности, т. е. явления «виляния», особенно, на высоких скоростях и малых глубинах, предлагается оригинальная конструкция прицепного устройства для почвообрабатывающих орудий (рис.12.2).

Почвообрабатывающее орудие (борона) соединяется с трактором с помощью параллелограмного механизма [24], включающего переднюю балку 1, заднюю балку 2 с ограничителями 3, боковые балки 4 и 5. Все балки соединены между собой посредством четырех шарниров 6. Задняя балка 2 снабжена шарнирным механизмом, состоящим из продольно-горизонтального шарнира 7, расположенного вдоль продольной оси симметрии орудия, связанного с поперечно-горизонтальным шарниром 8, на оси 9 которого закреплена пластина 10. На пластине 10 по оси симметрии орудия установлен вертикальный шарнир 11, на оси которого, с возможностью вращения в горизонтальной плоскости, установлено прицепное устройство

12 орудия 13 с рабочими органами 14. Пластина 10 и орудие 13 соединены гидроцилиндром 15 через его шток 16 и проушины 17, посредством шарниров 18 и 19.

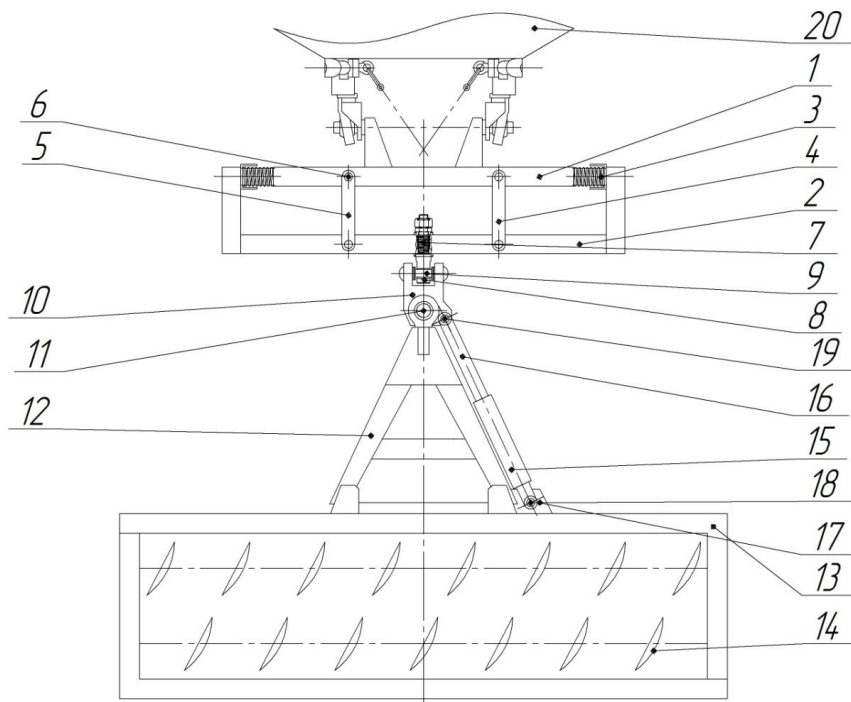


Рисунок 12.2 – Комбинированное прицепное устройство

При возникновении момента сил, стремящегося нарушить равновесие борона в горизонтальной плоскости борона перемещается плоскопараллельно влево или вправо, в зависимости от знака появившегося момента сил, не нарушая взаимного расположения рабочих органов борона. Таким образом, ни при каких возмущениях борона не допустит повторения сзади идущим диском следа впереди идущего диска. А горизонталь-

ный и продольный шарниры 7 и 8 способствуют лучшему копированию рельефа поля.

При развороте бороны перед следующим проходом гидроцилиндр 15 переводится в плавающее положение и система соединения бороны с трактором переходит из параллелограмного в обычное прицепное устройство с вертикальным шарниром 11, что позволяет повернуть агрегат по малому радиусу. Таким образом, при рабочем проходе агрегата соединение орудия с трактором параллелограммное, при поворотах и транспортировке - одношарнирное вертикальное.



### **13. РОТАЦИОННЫЕ ДИСКОВЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ - КАК БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ КОМБИНИРОВАННЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА**

Комбинированные почвообрабатывающие и посевные агрегаты представляют собой сложные инженерные конструкции. К ним предъявляются повышенные требования, так как за один проход они выполняют несколько операций, обеспечивая при этом условия для получения всходов и развития растений.

Разработка комбинированных агрегатов должна базироваться на всестороннем исследовании технологии обработки почвы и посева с обоснованием возможности и необходимости совмещения двух и более технологических операций или объединения нескольких рабочих органов в одном агрегате для более качественного выполнения объединяемых технологических операций за один проход агрегата. При этом необходимо учесть природно-климатические условия зоны, физико-механические характеристики почвы, биологию культуры, а также исходные агротехнические требования.

Закладываемый в комбинированную машину новый технологический процесс должен не просто копировать элементарные операции, из которых он и состоит, или составлять их простую сумму, а представлять качественно новый процесс, при котором агротехнические требования, предъявляемые к нему, должны выполняться более качественно и с высокими технико-экономическими показателями.

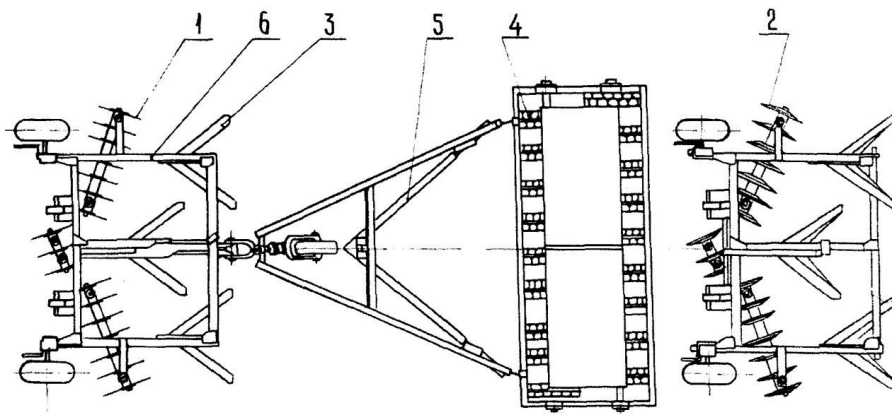
Как у нас в стране, так и за рубежом определились три основные направления конструктивного исполнения комбинированных агрегатов: из выпускаемых навесных или прицепных почвообрабатывающих орудий или сеялок с помощью сцепок составляются различные агрегаты; на раме единой машины монтируются

почвообрабатывающие, посевные рабочие органы и другая вспомогательная аппаратура; на базе фрез и культиваторов устанавливаются высевальные аппараты в виде отдельного приспособления или на базе посевных машин устанавливаются почвообрабатывающие рабочие органы.

Наибольшее распространение получили более эффективные специальные комбинированные агрегаты, в которых используются стандартные рабочие органы культиваторов, плоскорезов, посевных машин, дисковых борон и луцильников. Иногда такие агрегаты имеют определенное количество сменных рабочих органов для выполнения различных вариантов обработки почвы, допустимых в данной зоне. Здесь, учитывая общую направленность рассматриваемой проблемы, связанной с технологическим проектированием дисковых борон и луцильников и их рабочих органов, целесообразно рассмотреть комбинированные агрегаты, составленные из различных рабочих органов на общей раме, в том числе и из сферических и плоских дисков. Анализ комбинированных агрегатов показывает, что наибольшее распространение получили ротационные плоские и сферические диски в почвообрабатывающих агрегатах при подготовке почвы на глубину 8...14 см под посев озимых колосовых культур после пропашных предшественников, в агрегатах для разуплотнения почвы, а также в почвообрабатывающее - посевных агрегатах.

Комбинированный почвообрабатывающий агрегат АКП-2,5, разработанный ВНИПТИМЭСХ (рис.13.1), предназначен для послойной обработки почвы под озимые колосовые культуры без оборота пласта. При работе агрегата рабочие органы дисковых батарей 1,2 разрыхляют слой почвы на глубину 6...8 см. Плоскорежущие рабочие органы 3 следом за ними подрезают и крошат почву на глубину до 12 см, а также уничтожают оставшиеся сорняки. Борона-волокуша 5 выравнивает почву, каток 4 крошит глыбы и

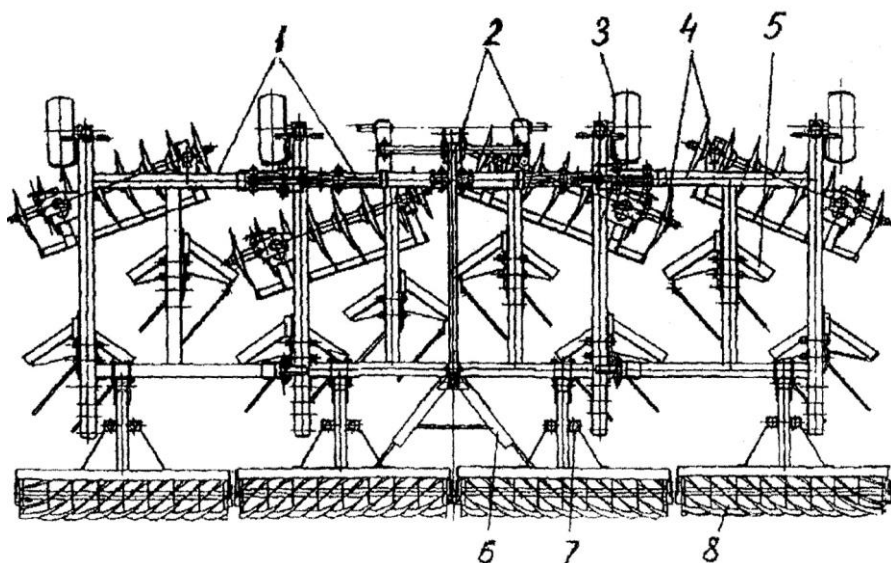
уплотняет почву до необходимой плотности. Наибольший эффект этот агрегат достигает в засушливые годы после уборки пропашных культур - кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы и др.



1,2 – дисковые батареи; 3 – плоскорежущие рабочие органы;  
4 - каток; 5 – борона-волокуша; 6 - рама

Рисунок 13.1 – Комбинированный агрегат АПК-6

Комбинированный почвообрабатывающий агрегат АПК-6, разработанный ВИМ-ом, представляет последовательное расположение сферических дисков 1, плоскорежущих лап 5, выравнивателя 6,7 и катков 8 (рис.13.2). При работе агрегата дисковые секции измельчают пожнивные остатки и крошат верхний слой почвы. Плоскорежущие лапы подрезают сорную растительность и рыхлят нижележащий слой почвы. Выравниватель разравнивает гребень, образованный дисковыми орудиями посередине агрегата, а каток дополнительно разбивает оставшиеся комки почвы и уплотняет почву.



1,4 – батареи сферических дисков; 2 – навеска; 3 – опорные колеса; 5 – плоскорежущие лапы; 6,7 – выравниватели; 8 – каток

Рисунок 13.2 – Комбинированный агрегат АПК-6

Большинство известных комбинированных агрегатов с рабочими органами пассивного действия состоят из одного ряда дисковых батарей и плоскорезов, за которыми уже идут дробящие рабочие органы типа катков различной конструкции. При этом агрегаты отличаются чаще всего диаметром дисков, шириной захвата плоскорезов и конструкцией дробящих и прикатывающих рабочих органов. Однако, как показали многочисленные исследования, эти агрегаты в отдельные засушливые годы в условиях повышенной твердости почвы и наличия на поверхности почвы значительного количества пожнивных остатков не обеспечивают требуемого качества обработки почвы. Глубина обработки почвы в таких условиях сильно варьирует и составляет порой всего лишь 5...6 см. Степень крошения почвы составляет 40...50 %, что не соответствует агротехническим требованиям.

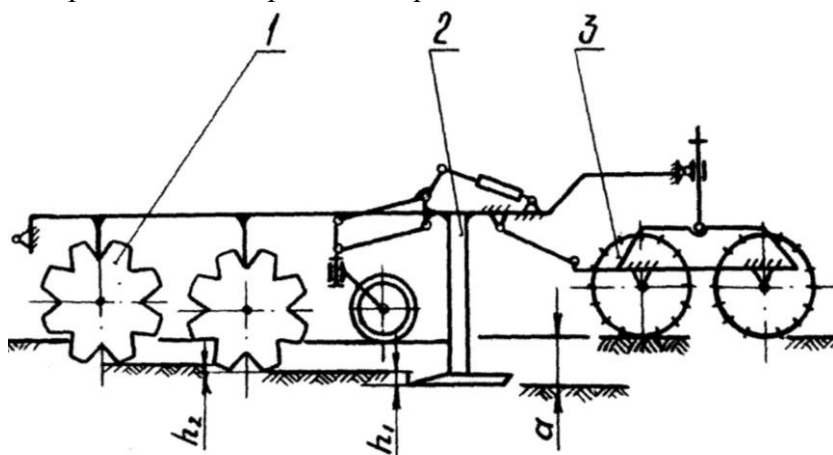
У всех агрегатов с односледной обработкой дисковыми боронами степень измельчения растительных остатков ниже требуемой величины. Это может приводить к выглублению при наезде дискового сошника на сверху лежащий стебель. Вместе с тем степень измельчения растительных остатков у серийной дисковой бороны БДТ-3 значительно выше при условии заглубления ее рабочих органов больше, чем величина выреза диска по радиусу. Следовательно, в технологическую схему агрегата необходимо вводить дисковые батареи в два следа.

Если в составе агрегата отсутствуют плоскорезы, при работе на твердых почвах дисковые рабочие органы мало заглубляются в почву и из-за этого не прорабатывается почва в междисковом пространстве. Это приводит к огрехам. Поэтому введение в структуру агрегата плоскореза, подрезающего все сорняки на всю ширину захвата агрегата и обрабатывающего почву на заданную глубину, необходимо.

После прохода основных рабочих органов (дисковых батарей и плоскорезов) на поверхности почвы остаются глыбы более 50 мм, которые необходимо дополнительно крошить. Для этого и для прикатывания взрыхленной почвы, а также выравнивания ее поверхности в технологическую схему агрегата необходимо вводить кольчато-шпоровые катки или другие дробящие и прикатывающие устройства.

В целом технологическая схема такого агрегата представлена на рисунке 13.3. Она предусматривает использование принципа послойной обработки почвы и включает два ряда дисковых батарей с вырезными дисками 1, плоскорезующие рабочие органы 2 и кольчато-шпоровый каток 3. Дисковые и плоскорезующие рабочие органы размещены на раме агрегата на разных уровнях по глубине обработки со смещением каждого последующего ряда по высоте, т.е. весь обрабатываемый слой почвы 8... 12 см делится на три

яруса. Причем, второй ряд дисковых батарей установлен со сдвигом относительно первого ряда на величину  $h_2$ , а плоскорезы относительно второго ряда батарей на величину  $h_1$  и находятся на заданной глубине обработки  $a$ . Такой схемой расстановки преследуется цель получения лучшего качества крошения почвы. В технологиях минимальной и нулевой обработки почвы широкое распространение получили комбинированные агрегаты для обработки почвы и посева, в которых ротационные дисковые рабочие органы играют роль главного рабочего органа.



- 1 – дисковая батарея; 2 – плоскорезующие рабочие органы;  
3 – кольчато-шпоровый каток

Рисунок 13.3 – Технологическая схема комбинированного почвообрабатывающего агрегата.

Условия работы комбинированных агрегатов при минимальной обработке почвы, особенно при прямом посеве, в первую очередь характеризуются наличием на поверхности почвы пожнивных остатков и повышенной твердостью почвы. В таких тяжелых условиях заделывающие рабочие органы обычных кукурузных сеялок практически не способны выполнять технологический про-

цесс. Поэтому основной задачей при разработке комбинированных агрегатов для посева по системе минимальной обработки почвы при наличии на поверхности пожнивных остатков является разработка новых рабочих органов, обеспечивающих высев семян в полном соответствии с агротехническими требованиями. Разработка комбинированных агрегатов для посева пропашных культур впервые была начата в США в 1930 г. после сильных пыльных бурь, которые были названы «пыльным котлованом». Впоследствии такими разработками начали заниматься и во многих других странах и в настоящее время уже предложено множество агрегатов. В нашей же стране и поныне это направление работ в сельскохозяйственном машиностроении в силу разных причин не нашло должного внимания. Несмотря на обилие комбинированных агрегатов принципы подхода при выборе их конструктивной и технологической схемы и, особенно рабочих органов, общие для всех и только анализ наиболее характерных из них поможет выбрать правильный вариант для определенных почвенно-климатических условий.

В большинстве современных комбинированных агрегатов, как элемент конструктивно-технологической схемы, ротационные дисковые рабочие органы встречаются в 3 вариантах исполнения: однорядный почвообрабатывающий орган, предназначенный для частичного разрыхления почвы, разрезания и перемешивания пожнивных остатков и удобрений с почвой; двухрядный почвообрабатывающий орган, предназначенный для тщательного разрыхления, разрезания и перемешивания растительных остатков с почвой, а также выравнивания поверхности; наклонные вогнутые диски, предназначенные для выравнивания поверхности, закрытия борозд после глубокорыхлителя, повторное перемешивание почвы и органической массы.

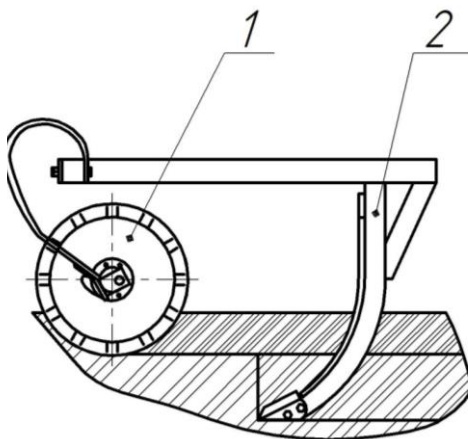
Навесной щелеватель Salfrod серии 9200 (рис.13.4) предназначен для разрушения уплотненного слоя почвы, при сохранении ее структуры и профиля.

Передние дисковые култеры 1 разрезают пожнивные остатки и предотвращают забивание. Щелеватель разрыхляет почву без изменения ее структуры на глубину до 45 см.

Прицепной дисковый рыхлитель 512 фирмы John Deere (рис. 13.5) предназначен для основной обработки почвы. При работе агрегата передние дисковые батареи 1 в один след разрезают пожнивные остатки, разрыхляют почву на глубину до 15

см и перемешивают ее с пожнивными остатками. Затем рыхлители 2 приподнимают почвенный пласт и осуществляют его рыхление и крошение на глубину до 38 см. В завершении обработки задние дисковые батареи 3 повторно рыхлят, перемешивают и выравнивают почву.

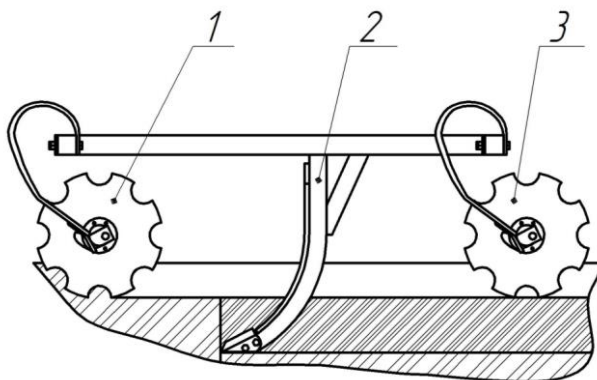
Отличительной особенностью данной конструкции является то, что сферические диски слегка вогнутые, а угол атаки дисковых батарей фиксированный, что позволяет в процессе работы меньше отбрасывать почву. Следует отметить, что в процессе эксплуатации при различных физико-механических свойствах почвы, угол атаки необходимо изменять.



1 – дисковые култеры; 2 – щелеватель

Рисунок 13.4 – Навесной щелеватель Salfrod серии 9200



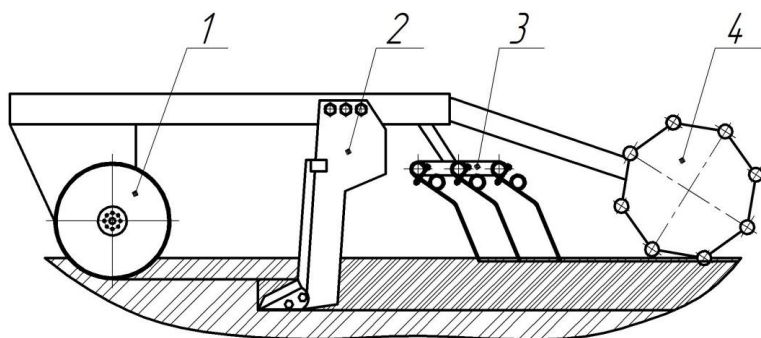


1 – передние дисковые батареи; 2 – рыхлитель; 3 – задние дисковые батареи

Рисунок 13.5 – Дисковый рыхлитель 512 фирмы John Deere

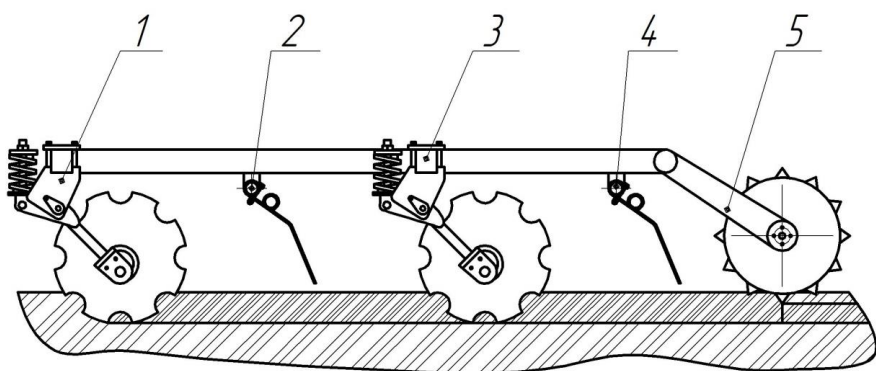
Глубокорыхлитель Salfrod серии 9700 (рис.13.6) предназначен для глубокой безотвальной обработки почвы. За один проход ряд батарей дисков 1 разрезает пожнивные остатки и разрыхляет почву, что облегчает прохождение остатков и предотвращает забивание. Стойки рыхлителя 2 разрыхляют почву равномерно по всему профилю на глубину до 35 см. В окончательной стадии трехрядная борона 3 и каток 4 разбивают комки, плюшат пожнивные остатки, кондиционируют и выравнивают почву. В качестве дисковых рабочих органов использованы плоские диски.

Луцильник Discopak фирмы Gregoire Besson (рис. 13.7) выпускается в навесном и полунавесном варианте. Дисковые рабочие органы луцильника выполнены на спаренных стойках. При работе луцильника передние диски 1 в один след разрезают пожнивные остатки, разрыхляют почву и перемешивают ее с пожнивными остатками. За дисками расположен в один ряд штригель 2, который разбивает и направляет комья, а также оставшуюся часть пожнивных остатков на второй ряд дисков.



1 – батареи плоских дисков; 2 – рыхлительные лапы; 3 –  
трехрядная борона; 4 – каток

Рисунок 13.6 – Глубокорыхлитель Salfrod серии 9700

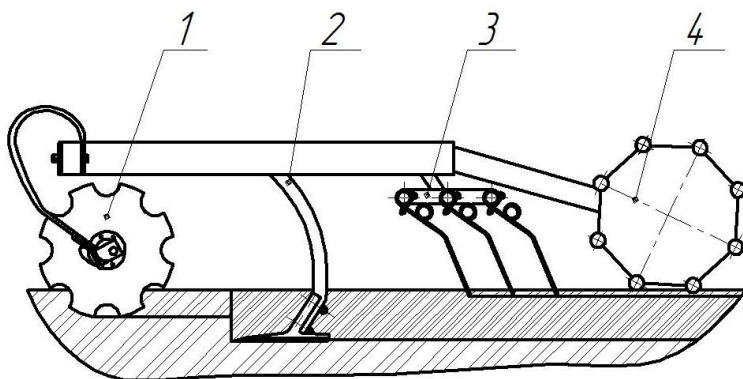


1,3 – дисковые рабочие органы; 2,4 – штригель; 5 – каток  
Рисунок 13.7 – Луцильник Discopak фирмы Gregoire Besson

Второй ряд дисков 3 производит повторное рыхление и перемешивание почвы. За вторым рядом дисков расположен еще один ряд штригеля 4, который производит боронование и распределение почвы. На завершающем этапе обработки каток 5 производит выравнивание почвы, дробление комков и обратное уплотнение почвы, что обеспечивает хорошую всхожесть семян зерно-

вых, потерянных при уборке и семян сорняков. При последующей обработке всходы уничтожаются механическими и (или) химическими способами. Отличительной особенностью данной конструкции можно выделить то, что дисковые рабочие органы имеют разные чередующиеся размеры, что позволяет более эффективно производить рыхление почвы, и способствует меньшему забиванию рабочих органов пожнивными остатками.

Прицепной комбинированный культиватор для мульчирующей обработки почвы модели 726 фирмы John Deere и комбинированный культиватор фирмы Salfrod серии 699 (рис. 13.8) предназначены для подготовки почвы под посев на полях с большим и средним количеством пожнивных остатков.



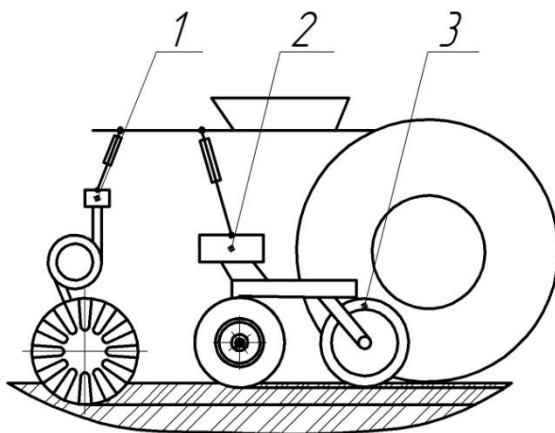
1 – батареи дисков; 2 – культиваторная лапа; 3 – борона; 4 – каток

Рисунок 13.8 - Прицепной комбинированный культиватор для мульчирующей обработки почвы 726 фирмы John Deere

В процессе работы батареи дисков 1 в передней части рыхлят почву, измельчают пожнивные остатки и смешивают их с почвой. Культиваторные лапы 2 производят сплошную культивацию на глубину до 15 см. Трехрядная борона 3 и каток 4 выравнивают борозды, оставленные стойками, разбивают комки, убирают воздуш-

ные карманы, подготавливая почву к посеву. Высота дисковых батарей регулируется от уровня, на котором установлены стрельчатые лапы, что позволяет регулировать глубину обработки в зависимости от полевых условий и количества пожнивных остатков. При необходимости дисковые батареи можно полностью поднять и использовать агрегат как полевой культиватор. Отличительными особенностями агрегатов друг от друга является то, что на прицепной комбинированный культиватор для мульчирующей обработки почвы 726 фирмы John Deere возможна установка дополнительного оборудования для внесения химикатов через распылители. При небольшом количестве пожнивных остатков форсунки устанавливаются перед дисками, при большом – позади дисков. Комбинированный культиватор фирмы Salfrod серии 699 может быть оборудован пневматической системой с бункером и применения его в качестве сеялки.

Дисковая пневматическая сеялка Salfrod серии 520 (рис. 13.9) предназначена для посева как по минимальной технологии с предварительной подготовкой почвы, так и для прямого посева в стерню по нулевой технологии. В конструкции сеялки использована жесткая несущая рама с постоянным клиренсом, на которой расположены два подвижных подрамника с независимым управлением подъемом и опусканием. Подрамники могут использоваться для размещения только дисковых сошников 2, или для установки дисковых сошников с дисковыми ножами 1 или другим дополнительным оборудованием. В зависимости от типа пневматической системы внесение удобрений может быть как совместным, так и отдельным.

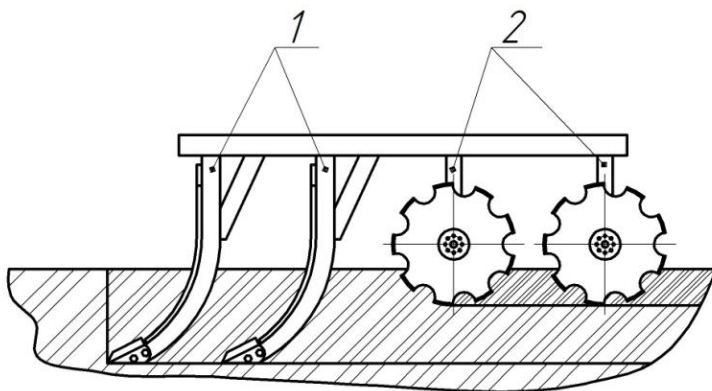


1 – дисковые ножи; 2 – дисковые сошники; 3 – прикатывающий каток

Рисунок 13.9 – Дисковая пневматическая сеялка Salfrod серии 520

При работе агрегата дисковые ножи 1 прорезают в почве щель и измельчают пожнивные остатки. Затем двухдисковые сошники 2 производят посев и внесение удобрений, а прикатывающий каток 3 создает плотный контакт семени с почвой, что способствует скорейшему и дружному всходу.

Глубокорыхлители Helios фирмы Gregoire Besson, Дельта фирмы Hatzenbichler, Diablo фирмы Gaspardo предназначены для глубокой безотвальной обработки почвы по отвальным и безотвальным фонам. Применяется для улучшения водно-воздушного режима корневого слоя почвы, что предупреждает развитие эрозии почвы и способствует накоплению влаги и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.



1 – глубокорыхлители; 2 – дисковые батареи

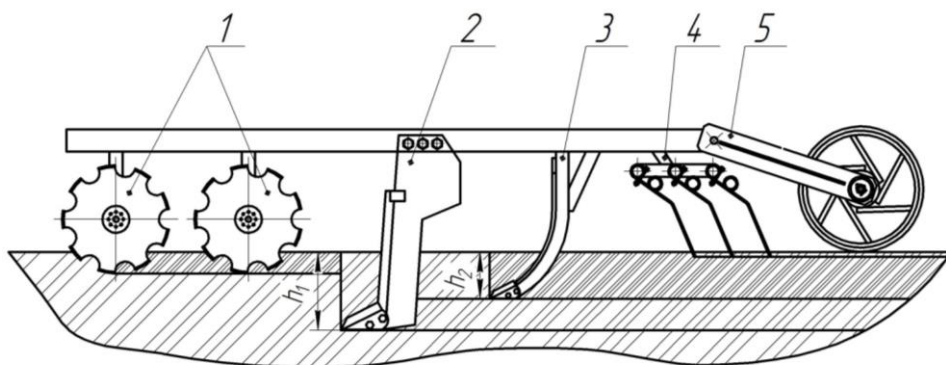
Рисунок 13.10 – Глубокорыхлитель Helios фирмы Gregoire Besson, Дельта фирмы Hatzenbichler, Diablo фирмы Gaspardo

В процессе работы рыхлительные лапы 1 разрезают почву до 50...60 см. Стойки в зависимости от технологии обработки могут оборудоваться долотообразными лапами для полосового рыхления или наральниками для сплошного рыхления. После рыхления происходит двумя рядами дисковых батарей 2, которые разбивают комья, перерезают и перемешивают пожнивные остатки и выравнивают почву. В процессе работы дисковые батареи используются для регулирования рабочего заглубления. Отличительной особенностью глубокорыхлителя Дельта фирмы Hatzenbichler является то, что второй ряд рыхлительных лап может заменяться на стрельчатые лапы, позволяющие вести стерневую обработку на глубину до 35 см, а также установка пневматической или механической сеялки-разбрасывателя или системы внесения удобрения под лапы второго ряда.

Следует заметить, что данная конструктивно-технологическая схема имеет существенный недостаток, а именно отсутствие впереди рыхлительных лап дисковых рабочих органов. При работе агрегата по стерневому фону, плотные слои почвы

непосредственно перед рыхлительными лапами будут увеличивать энергоемкость процесса.

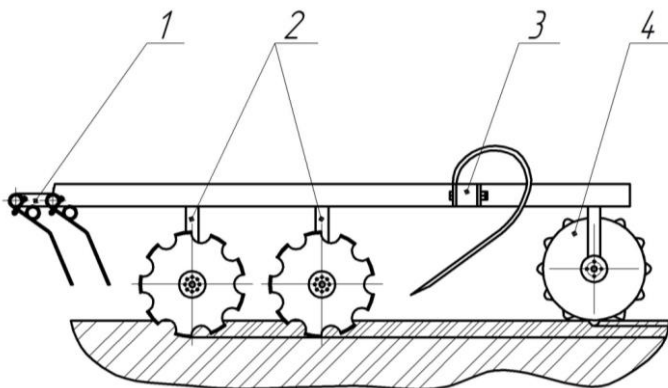
Глубокорыхлитель Salfrod серии DRH 9800 (рис.13.11) предназначен для глубокой безотвальной обработки почвы. Два ряда дисков 1 разрезают растительные остатки, смешивают их с землей и выравнивают поверхность. Диски установлены на индивидуальных стойках, что позволяет работать при большом количестве пожнивных остатков. Подрама дисков регулируется по высоте гидравлической системой. Стойки щелевателя 2 разрыхляют почву на глубину до 41 см. Промежуточные или делительные стойки 3 расположены позади и предназначены для разрыхления почвы в промежутках между основными стойками. Поскольку грунт уже частично взрыхлен, промежуточные стойки обрабатывают почву на глубину до 28 см., что является более экономичным решением. Обработку почвы завершает трехрядная борона 4 и каток 5, которые разбивают комки, плющат пожнивные остатки и выравнивают почвенный фон.



1 – дисковые рабочие органы; 2 – лапа щелевателя; 3 – лапа чизеля; 4 – трехрядная борона; 5 – каток

Рисунок 13.11 – Глубокорыхлитель Salfrod серии DRH 9800

Дисковый культиватор Carrier фирмы Väderstad (рис.13.12) предназначен для поверхностной обработки почвы.



1 – двухрядная борона; 2 – конический диск; 3 – выравниватель; 4 – каток

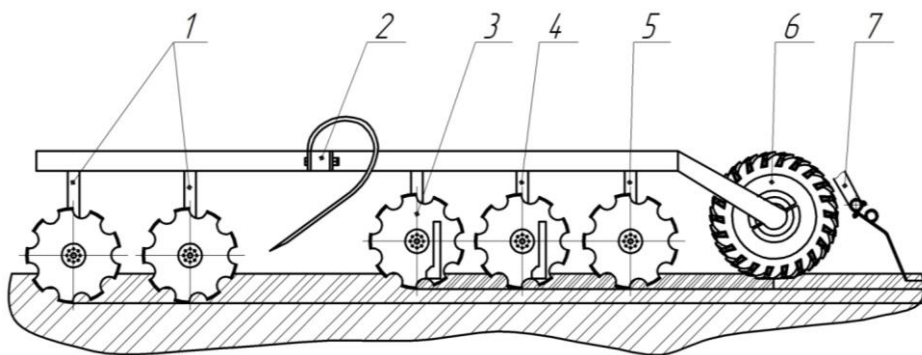
Рисунок 13.12 – Дисковый культиватор Carrier фирмы Väderstad

При работе дискового культиватора двухрядная борона 1 равномерно распределяет пожнивные остатки для тщательного измельчения. Два ряда конических дисков 2 на индивидуальной стойке измельчают и перемещают почву и растительные остатки с поверхности на глубину около 10 см., а поверхность поля выравнивается. Выравниватели Crossboard 3 устанавливаются для последующего интенсивного измельчения и выравнивания почвы. При работе по вспаханной почве для измельчения и выравнивания пахотной борозды и последующего немедленного рыхления выравниватели Crossboard устанавливаются спереди дисков. Каток 4 уплотняет почву и создает контакт семян падалицы, сорняков и измельченных пожнивных остатков с почвой, что способствует быстрому прорастанию, а также интенсивному перегниванию. Дисковый культиватор Carrier может дополнительно оснащаться системой Bio Drill для посева мелкосеменных культур и сидера-



тов, при этом семена разбрасываются перед катком, который вдавливают их в почву. Отличительной особенностью конструкции дискового культиватора является то, что все рабочие органы могут быть подняты и использоваться как отдельный агрегат.

Сеялка Rapid фирмы Väderstad (рис. 13.13) предназначена для посева промежуточных, зерновых и пропашных культур по любой технологии обработки почвы. Два ряда конических дисков 1 на индивидуальной стойке измельчают и перемещают почву и растительные остатки с поверхности на глубину около 10 см., а поверхность поля выравнивается. Выравниватель Crossboard 2 устанавливается для последующего интенсивного измельчения и выравнивания почвы. Вырезные высевающие диски 3 разрезают почву и вносят удобрения между рядками ниже семян. Следом вырезные высевающие диски 4 производят посев, вырезные диски 5 накрывают борозды землей. Каток 6 разбивает комья земли и утрамбовывает посевное ложе. Послепосевная борона 7 производит мелкое рыхление и предотвращает образование корки.



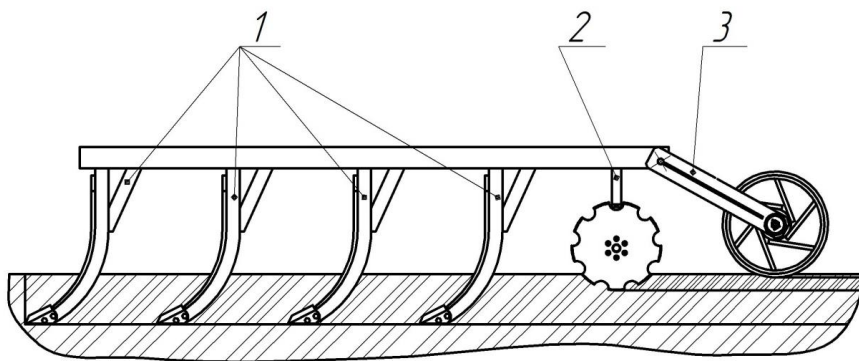
1,5 – конические вырезные диски; 2 – выравниватель; 3, 4 вырезные высевающие диски; 6 – каток; 7 – послепосевная борона

Рисунок 13.13 – Сеялка Rapid фирмы Väderstad

Отличительной особенностью данной конструкции является то, что выравниватель в зависимости от технологии обработки

почвы может располагаться впереди дисков или заменен на другой почвообрабатывающий орган. При посеве без внесения удобрений, высевающие диски для удобрений могут использоваться для дополнительного рыхления или отключены совсем.

Чизельные культиваторы Turbolent, Triolent TX и Duolent DX фирмы Farnet (рис. 13.14) предназначены для поверхностной, основной и глубокой обработки почвы по безотвальной технологии. Агрегат оборудован четырьмя рядами сменных рыхлителей 1. За лапами размещены выравнивающие диски 2, которые производят разравнивание, перемешивание и измельчение растительного покрова и почвы. Каток 3 крошит комки и уплотняет почву.



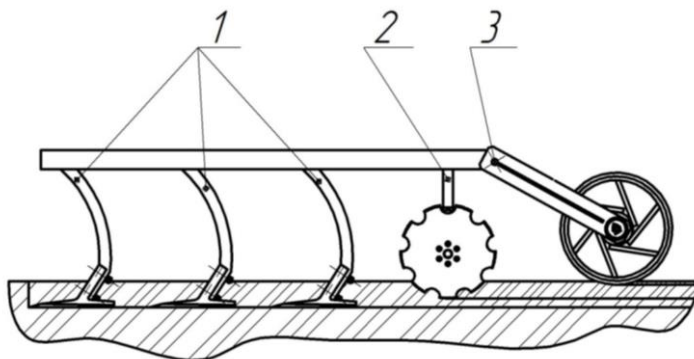
1 – рыхлители; 2 – выравнивающие диски; 3 – каток

Рисунок 13.14 – Чизельные культиваторы Turbolent, фирмы Farnet

Данные конструктивно-технологические схемы агрегатов отличаются рядностью рыхлителей, что является существенным фактором при обработке почвы с различным количеством растительных остатков.

Целый ряд стержневых культиваторов, таких как Pegasus, Senius и Centaur фирмы Amazone, Кристалл, Торит и Карат фирмы Lemken, Mixer и Cultimer фирмы Kuhn, культиватор CLM и СКС

фирмы Kverneland, Грубер фирмы Hatzenbichler выполнены по од-  
нотипной конструктивно-технологической схеме (рис.13.15). На  
раме смонтированы стойки культиватора 1, которые измельчают и  
перемещают почву и растительные остатки, а также выравнивают  
поверхность поля. При использовании стоек различной конструк-  
ции обработку почвы можно вести на глубине 5...20 см., а некото-  
рыми агрегатами до 40 см сплошным или полосовым способом. За  
культиваторными лапами расположены вогнутые выравнивающие  
диски 2, которые создают плоский и выровненный поверхностный  
слой, перемешивают и заделывают растительные остатки в почву.  
Каток 3 разбивает комки, уплотняет и выравнивает слой почвы.

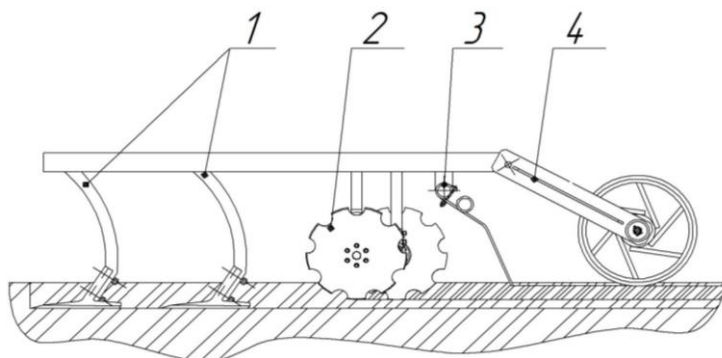


1 – культиваторные лапы; 2 – вогнутые выравнивающие дис-  
ки; 3 – каток

Рисунок 13.15 – Sterneвой культиватор Торит фирмы  
Lemken

Отличительной особенностью каждой конструкции является  
дооборудование для пневматического или механического высева  
сидератов, мелкосеменных культур или внесения удобрений.

Универсальный агрегат Смарагд фирмы Lemken (рис. 13.16)  
предназначен для послеуборочной или предпосевной поверхно-  
стной обработки почвы.

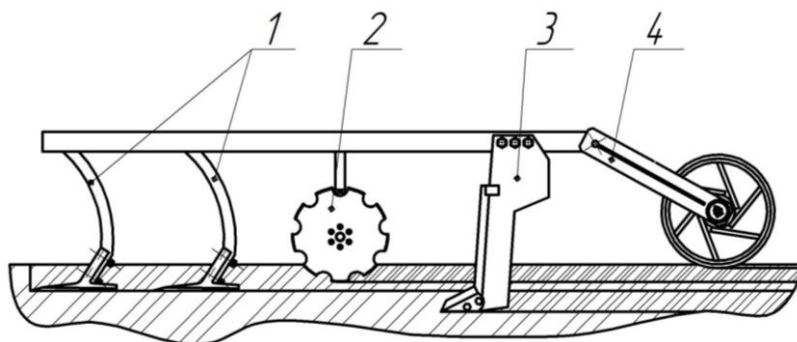


1 – стрельчатые и крыльчатые лапы; 2 – вогнутые диски; 3 – штригель; 4 – каток

Рисунок 13.16 – Универсальный агрегат Смарагд фирмы Lemken

Культиваторные лапы 1 подрезают, рыхлят и перемешивают почву и пожнивные остатки. За культиваторными лапами расположены наклонные вогнутые диски 2, установленные со смещением. Вогнутые диски в процессе работы разравнивают, перемешивают и измельчают почву и растительные остатки. После дисков расположен штригель 3, который разравнивает почву и равномерно распределяет солому по ней. В завершении почва обрабатывается катком 4, при этом происходит крошение комков, уплотнение и выравнивание слоя почвы. Отличительной особенностью данной конструкции является то, что универсальный агрегат Смарагд сцепкой соединяется с сеялкой Солитер фирмы Lemken, образуя при этом комплекс для проведения мульчирующего посева.

Культиватор CTSE фирмы Kverneland (рис.13.17) предназначен для одновременного проведения культивации и глубокого рыхления почвы.

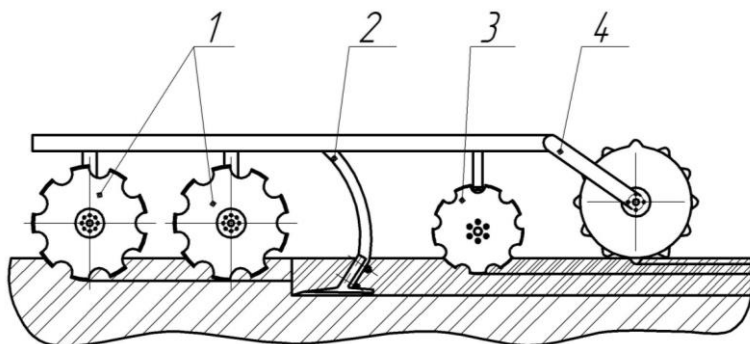


1 – лапы для лущения; 2 – выравнивающие диски; 3 - глубо-  
корыхлительные лапы; 4 – каток

Рисунок 13.17 – Культиватор CTSE фирмы Kverneland

В процессе обработки почвы лапы для лущения 1 рыхлят и перемешивают почву и пожнивные остатки на глубину до 15 см. За лапами для лущения расположены вогнутые диски 2 для создания плоского и выровненного верхнего слоя, перемешивания и заделки в почву соломы и других растительных остатков. После выравнивающих дисков обработку почвы на глубину до 40 см. производят глубокорыхлительные лапы 3. Завершает обработку слоя почвы каток, который крошит комки почвы, выравнивает и уплотняет поверхностный слой, а также плющит пожнивные остатки. При работе культиватора глубокорыхлительные лапы можно переводить в нерабочее положение, тогда обработка почвы будет сводиться к лущению стерни.

Культиватор Top Down фирмы Väderstad (рис. 13.18) предназначен для одновременного проведения поверхностной и основной обработки почвы.

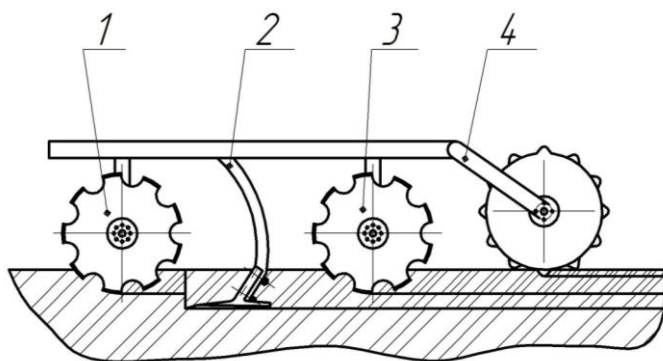


1 – почвообрабатывающие диски; 2 – культиваторные лапы; 3 – выравнивающие диски; 4 – каток

Рисунок 13.18 – Культиватор Top Down фирмы Väderstad

На агрегате спереди установлены два ряда почвообрабатывающих конических дисков 1, которые измельчают и смешивают пожнивные остатки с почвой на глубину до 15 см. Культиваторные лапы 2 рыхлят почву и перемешивание пожнивных остатков на глубине до 20 см., при необходимости возможна установка стрельчатых лап для сплошной культивации, или прямых долотьев для рыхления на глубину до 30 см. Задние диски 3 разравнивают борозду после культиваторных лап, дополнительно перемешивают почву и пожнивные остатки. Каток 4 разрыхляет комки и уплотняет почву. Почвообрабатывающие диски и культиваторные лапы могут использоваться как вместе, так и раздельно в зависимости от технологии и вида обработки почвы.

Культиватор CTC фирмы Kverneland, дисколаповая борона DXR фирмы Gregoire Besson, мульчирующий культиватор Profi Dird фирмы Rabe, Tiger MT фирмы Horsch (рис. 13.19) предназначены для обработки стерни и рыхления почвы.

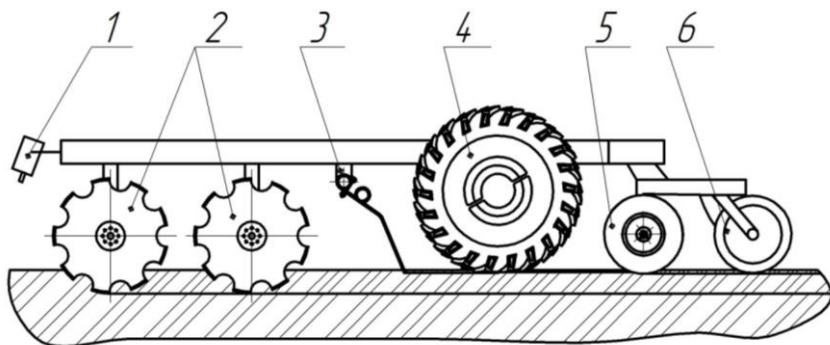


1 – передние режущие диски; 2 – культиваторные стойки; 3 – задние режущие диски; 4 – каток

Рисунок 13.19 – Культиватор СТС фирмы Kverneland, диско-лаповая борона DXR фирмы Gregoire Besson, мульчирующий культиватор Profi Dird фирмы Rabe, Tiger MT фирмы Horsch

В процессе работы агрегатов передние режущие диски 1 перерезают и смешивают пожнивные остатки с почвой на глубину до 15 см. Культиваторные стойки 2 производят рыхление почвы на глубину до 5...30 см. сплошным или полосовым способом. Задние режущие диски 3 производят дополнительное измельчение и перемешивание пожнивных остатков с почвой, закрывают борозду после прохода рыхлительных лап и выравнивают поверхностный слой почвы. Каток 4 производит крошение комков и уплотнение почвы. На дисколаповой бороне DXR фирмы Gregoire Besson и мульчирующем культиваторе Profi Dird фирмы Rabe диски разного размера и формы (диски с вырезом и сплошные) чередуются, что способствует более интенсивному крошению почвы, измельчению и перемешиванию пожнивных остатков.

Пневматическая сеялка Мустанг фирмы Hatzenbichler (рис. 13.20) предназначена для посева зерновых и мелкосемянных культур по минимальной технологии.



1 – распылитель; 2 – почвообрабатывающие диски; 3 – штригель; 4 – почвоуплотнитель; 5 – двухдисковый сошник; 6 – прессующий каток

Рисунок 13.20 – Пневматическая сеялка Мустанг фирмы «Hatzenbichler»

В процессе работы агрегата удобрения вносятся распылителем 1 сплошным внесением в горизонт посева. Почвообрабатывающие диски 2 измельчают, перемешивают и крошат растительные остатки и почву. Штригелем 3 производится дополнительное крошение комков почвы. Почвоуплотнитель 4 крошит комки и уплотняет почву. Посев производится двухдисковым сошником 5. Каждый рядок прикатывается прессующим катком 6. По схожей технологической схеме работает универсальный посевной комплекс Pronto DC фирмы Horsch. Отличительной особенностью является то, что внесение удобрений производится после почвообрабатывающих дисков рядовым способом и не используется штригель.



## 14. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИСКОВЫХ БОРОН И ЛУЩИЛЬНИКОВ

Экономическая эффективность отдельных технических разработок и комплексов машин определяется в основном ценой, производительностью и годовой загрузкой. При одинаковой годовой загрузке оцениваемых машин и орудий, определяемой технологией подготовки почвы при участии дисковых борон и луцильников, остается учитывать цены сравниваемых орудий и их производительность, которые определяются по результатам машиноиспытательных станций. Но и при этом необходимо знать и годовую загрузку для более полного представления объемов применения дисковых борон и луцильников с учетом агросроков выполнения операций и расчета их экономической эффективности [11].

Годовая загрузка дисковых борон и луцильников зависит от природно-климатических условий зоны ведения сельскохозяйственного производства, физико-механических свойств почвы, принятой системы севооборотов, технологии подготовки почвы к посеву и агросроков выполнения операций. И, безусловно, каждый раз получим разную годовую загрузку. Поэтому, пожалуй, есть смысл обсудить общий подход к поставленному вопросу определения годовой загрузке. Для этой цели, к примеру, рассмотрим технологии обработки почвы при возделывании озимой пшеницы, кукурузы на зерно и на силос, подсолнечника, сои и сахарной свеклы.

При возделывании озимых колосовых культур после кукурузы и подсолнечника почву обрабатывают дисковыми орудиями на глубину 8...10 см или стерневыми культиваторами на глубину 10...16 см. Лучшие результаты дает обработка почвы дисковыми боронами батарейного типа в 2..3 следа или

в 1...2 следа боронами с 3...4 рядным размещением дисков с индивидуальным креплением рабочих органов к раме в зависимости от состояния почвы и ее физико-механических свойств. Такой выбор почвообрабатывающего орудия можно обосновать тем, что дисковые орудия по сравнению с лаповыми орудиями лучше крошат почву, измельчают пожнивные остатки и перемешивают их с почвой, лучше сохраняют свою работоспособность и в экстремальных условиях. Все это позволяет проводить сев озимых в лучшие агротехнические сроки, учитывая, что сроки уборки предшественника и сроки посева зачастую имеют разрыв всего лишь несколько дней, а то и совпадают. По этой технологии дисковые бороны обрабатывают в Краснодарском крае за последние годы около 500 тыс. га.

Подготовка почвы под кукурузу и подсолнечник после колосовых культур с измельчением и разбрасыванием соломы по поверхности почвы заключается в немедленном проведении лущения на глубину 4...6 см с одновременным прикатыванием тяжелыми катками с целью ускорения получения дружных и полных всходов сорняков от осыпавшихся семян с последующим их уничтожением механическим способом или гербицидами. При массовом появлении всходов многолетних корнеотпрысковых сорняков поле еще раз обрабатывают дисковой бороной на глубину до 14 см, а затем проводят отвальную вспашку плугом.

При подготовке почвы под сою после озимых колосовых культур проводится обработка почвы в 1...2 следа дисковыми боронами, а затем пашут отвальными плугами на глубину 20...22 см.

Подготовка почвы под сахарную свеклу после озимых колосовых проводится аналогично выше приведенной техно-

логии основной обработки почвы под кукурузу и сою по части применения дисковых борон и луцильников.

С применением дисковых борон и луцильников обрабатывается почва под кормовые, овощные и бахчевые культуры, а также в садах и виноградниках. Таким образом, дисковые бороны и луцильники применяются практически на всей площади, возделываемой всеми сельскохозяйственными культурами. Они применяются с ранней весны и до окончания уборки всех культур. Такой загрузки не имеет ни одно сельскохозяйственное орудие для обработки почвы, как дисковые бороны и луцильники. По этому показателю эти орудия нужно признать самыми эффективными.

Цена и производительность дисковых борон и луцильников изменяется в довольно широких пределах в зависимости от ширины их захвата, условий эксплуатации, агрегатирования и других факторов. И для достоверного определения экономической эффективности требуется, чтобы сравниваемые варианты имели одинаковые конструктивные, технологические и режимные параметры настройки. Но даже и при отсутствии таких условий можно сравнить новое орудие с базовым. Стоимость дисковых борон с индивидуальной подвеской к раме рабочих органов, размещенных на поперечных балках в 2...4 ряда в 1,2...1,5 раза дороже дисковых борон батарейного типа при одинаковой ширине их захвата. Однако это превышение цены погашается легко за счет снижения количества проходов дисковыми боронами нового типа на 1...2 следа по одному и тому же полю для доведения почвы до состояния, удовлетворяющего агротехническим требованиям к дисковым боронам по качеству подготовки почвы к посеву, а также за счет повышения технологической надежности. Поэтому, как показывают проведенные расчеты, в конечном итоге, производи-

ность дисковых борон с индивидуальным креплением рабочих органов к раме превышает производительность борон барабанного типа в зависимости от условий их эксплуатации в 1,5...2 раза, притом, что производительность, как параметр эффективности, оказывает наибольшее влияние на эффективность, чем другие параметры. Цена серийно выпускаемой машины и ее годовая загрузка достаточно стабильны и практически не влияют на изменения условий работы. И, учитывая, что изменениям наиболее подвержена производительность и ее логическую связь с приведенными затратами за час работы как и производительность, можно получить приведенные затраты на единицу выполненной работы как их отношение.

$$Z_{пр} = \frac{Z_{пр.ч.}}{W_{см}},$$

где  $Z_{пр.ч.}$  – приведенные затраты за один час работы орудия или комплекса машин, входящих в сравниваемые технологии;

$W_{см}$  – производительность орудия за час сменного времени.

С учетом необходимого количества проходов дисковой бороной БДТ-7 с трактором Т-150 для удовлетворения агротехнических требований подготовки почвы к посеву озимых колосовых культур после кукурузы на зерно агрегатом Т-150+3СЗ-3,6 приведенные затраты в два раза выше, чем при посеве агрегатом Т-150+2ППА-3,6 после однократной обработки бороной БДТМ-3 в агрегате с трактором Т-150 [28]. Многорядные дисковые бороны и лушильники с увеличенным расстоянием между дисками в одном ряду (в 1,5...2 раза) обладают еще одним существенным преимуществом – способностью обрабатывать почву и в экстремальных условиях, когда

другие почвообрабатывающие орудия в силу особенностей своей конструкции для этих условий непригодны. Это позволяет подготовить почву и своевременно в установленные сроки провести сев. Однако экономическую выгоду этого преимущества сложно подсчитать без специальных опытов и поэтому ограничимся лишь упоминанием об этом. Таким образом, многорядные дисковые бороны и луцильники с индивидуальным креплением рабочих органов к раме, уступая дисковым боронам батарейного типа в цене в 1,2...1,5 раза при одинаковой их загрузке, выигрывают в производительности в 1,5...2 раза с учетом повышенного качества обработки почвы и технологической надежности.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Место обработки почвы в формировании условий для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.
2. Основные технологии обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур.
3. Место и значение дискования и лущения почвы в различных технологиях подготовки почвы к посеву.
4. Основные агротехнические требования к качеству обработки почвы при дисковании и лущении почвы.
5. Условия работы дисковых борон и луцильников.
6. Основные виды деформации почвы при дисковании и лущении почвы.
7. Особенности конструкции дисковых борон и луцильников батарейного типа. Их недостатки и преимущества.
8. Отличительные особенности конструкции дисковых борон и луцильников с индивидуальным креплением рабочих органов к раме.
9. Типы рабочих органов, применяемых на дисковых боронах и луцильниках, их отличительные особенности и назначение.
10. Основное отличие дисковых рабочих органов борон и луцильников.
11. Основные параметры дисковых рабочих органов.
12. Влияние параметров дисковых рабочих органов на их заглубление
13. Влияние параметров рабочих органов на крошение почвы.
14. Влияние параметров рабочих органов на их заглубляющую способность.

15. Типы заточки рабочих органов и их влияние на за-  
глубление рабочих органов.

16. Схемы размещения рабочих органов на многорядных  
дисковых рабочих органах.

17. Зависимость ширины захвата дискового рабочего орга-  
на в зависимости от его конструктивных и настроечных тех-  
нологических параметров.

18. Понятие технологической эффективности размещения  
рабочих органов на раме бороны и луцильника.

19. Процесс обработки почвы дисковым рабочим органом  
в сторону борозды, открытой впереди расположенным диском,  
обработавшим смежную полосу. Явление отрыва и сдвига поч-  
вы.

20. Способы взаимного расположения рабочих органов  
борон и луцильников, обрабатывающих смежные полосы поч-  
вы.

21. Схемы взаимного расположения рабочих органов 2-х,  
3-х и 4-х рядных дисковых борон и луцильников.

22. Способы повышения заглубляющей способности дис-  
ковых рабочих органов.

23. Размещение дополнительных балластных грузов на  
дисковых орудиях.

24. Технологическая надежность дисковых орудий. спосо-  
бы повышения технологической надежности.

25. Липкость почвы. Способы снижения липкости почвы  
к поверхности рабочих органов дисковых почвообрабатываю-  
щих орудий.

26. Равновесие дисковых борон и луцильников в гори-  
зонтальной плоскости. Источники снижения равновесия диско-  
вых орудий.

27. Прицепные устройства дисковых борон и луцильников с повышенной устойчивостью орудий к ним.

28. Роль прикатывающих катков в дисковых боронах и луцильниках.

29. Типы прикатывающих катков и их подбор.

30. Применение дисковых рабочих органов в комбинированных агрегатах.

31. Дисковые рабочие органы в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах.

32. Дисковые рабочие органы в комбинированных почвообрабатывающе- посевных агрегатах.

33. Способы соединения рабочих органов с рамой.

34. Отличительные особенности способов соединения луцильников с рамой орудия.

35. Расчет технологических параметров дисковых рабочих органов. Выбор диаметра диска и его радиуса сферы.

36. Дисковые рабочие органы с переменным радиусом кривизны.

37. Схемы заточки рабочих органов борон и луцильников.

38. Затылочное давление на дисковые рабочие органы.

39. Принципиальное отличие агротехнических требований дисковых борон от агротехнических требований к дисковым луцильникам.

40. Основные предпосылки экономической оценки дисковых борон и луцильников.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бледных В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий. Учебное пособие/ ЧГАА. Челябинск, 2010. – 203 с. ISBN 978-5-88156-571-8.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., изд. физ.- мат. Литературы, 1958.
3. Дитер Шпаар. Зерновые культуры, том. 1. Москва, ИД ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2008.
4. Длин А. М. Математическая статистика в технике. М., «Сов. Наука», 1958.
5. Ефимов Н.В. Краткий курс аналитической геометрии. – М: Наука, 1969. – 272с.
6. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. –М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 270 с.
7. Канарёв Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. – М: Машиностроение, 1983. – 142с.
8. Кириченко А. К., Сохт К. А. Оценка качества обработки почвы сферическими дисками с индивидуальной подвеской. Сборник научных трудов «Механизация работ в производстве зерна и селекционном процессе». Краснодарский НИИ сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко. Краснодар, 1985, стр. 18.
9. Кириченко А. К., Сохт К. А. Оценка равномерности глубины обработки почвы комбинированным агрегатом. Механизация и электрификация сельского хозяйства, №7, 1983.
10. Кленин Н.И., Саун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва, Колос, 1980.
11. Косачев Г. Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники. М., Колос, 1978.

12. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика (перевод с английского). М., Агропромиздат, 1986. 296 с.

13. Найденов А.С. Автореферат на соискание степени кандидата сельскохозяйственных наук. Влияние сроков и способов посева на урожайность озимой пшеницы. Харьков 1978 г.

14. Однодневка или хит?/Современная сельхозтехника и оборудование, 2007, №2, с. 46...49.

15. Пат. № 104008 U1 РФ, А01В 21/08. Рабочий орган дискового орудия /Сохт К. А., Кириченко А. К., Ежов В. А., Гречкина Г. Н.. Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко.; заяв. 22.09.2010; опубл. 10. 05. 2011. Бюл. №13.

16. Пат. 108265 РФ, МПК А01В 21/08. Борона дисковая/Макаренко А.И., Ежов В.А.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко.; № 2011106048/13; заявл. 17.02.2011; опубл. 20.09.2011. Бюл. № 26.

17. Пат. 2185044 РФ, МПК А01В21/08. Дисковое почвообрабатывающие орудие/ Сохт К.А., Кириченко А.К., Щербина П.А., Погорелов В.С., Пряхин Н.А., Гореной Л.Н., Анопко Н.Ф.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко.; №2000117745/13; заявл. 04.07.2000; опубл. 20.07.2002.

18. Пат. 2292695 РФ, МПК А01В21/08 А01В7/00. Борона дисковая/ Мерников С.Б., Самсонкин А.А., Семёненко С.М.; Заявитель и патентообладатель ООО БДМ-Агро; №2005130916/12; заявл. 27.06.2006; опубл. 10.02.2007.Бюл. №4.

19. Пат. 2329627 С2. РФ, МПК А01В 21/08. Дисковая борона/Сохт К.А., Кириченко А., К., и др.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. Лукьяненко; № 20061121196/124; заяв. 12.04.2006; опубл. 27.07.2008; Бюл. №21. (I ч.) 27 с.

20. Пат. 2375855С2 РФ МПК А01В 7/00, А01В 15/16, А01В 23/06. Способ почвообработки и устройство для его осуществления/ Ежов В.А., Сохт К.А., Кириченко А.К.; Заявитель и патенто-

обладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко; № 2008108115/12; заявл. 03.03.2008; опубл. 20. 12. 2009 Бюл. №35.

21. Пат. №2381639 С1 РФ: А01В 15/16, А01В 23/06. Диск сферический почвообрабатывающего орудия./ Сохт К. А., Кириченко А. К., Ежов В. А.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко.; №2008127679/12; заявл. 07.07.2008; опубл. 20.02.2010, Бюл. №5.

22. Пат. 69695U РФ: МПК А01В 7/00. Сферический диск почвообрабатывающего орудия/ Сохт К.А., Кумсаров А.А., Кириченко А.К., Ежов В.А., Пестов Д.Ю.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко; № 2007133134/22; заявл. 03.09.2007; опубл. 10. 01. 2008 Бюл.№1. (II ч.) 15 с.

23. Пат. 94403 U1 РФ, МПК А01В 7/00, А01В 21/08. Дисковая борона/ Сохт К. А., Кириченко А., К., Ежов В., А.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко; №2010103308/22; заявл. 01.02.2010; опубл. 27. 05. 2010 Бюл.№15. (II ч.) 15 с.

24. Пат. 98319 РФ, МПК А01В59/60. Почвообрабатывающее орудие./ Сохт К. А., Кириченко А.К., Ежов В.А.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко; №2010122555/21; заявл. 02.06.2010 г., опубл. 20. 10. 2010 г. Бюл.29.

25. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины. Часть вторая. М., Колос, 1968. с. 247.

26. Сельскохозяйственная техника: Кат., т. 1 «ТЕХНИКА ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА». — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. — 292 с. ISBN 5-7367-0547-8

27. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М., Машиностроение, 1977. – 311 с.

28. Сохт К. А. Машинные технологии возделывания зерновых культур. Краснодар, Просвещение-Юг, 2001.

29. Сохт К. А. Прогнозирование технологических параметров дисковых почвообрабатывающих орудий на этапе их проектирования.// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. - №5.

30. Стрельбицкий В.Ф.Дисковые почвообрабатывающие машины/ - М.; Машиностроение, 1978. – 218с.

31. Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., и др. Сельскохозяйственные машины. Теория, конструкция и расчет. М., Л., Издательство машиностроительной литературы, 1963. с. 306

32. Циммерман М. З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. М., Машиностроение, 1978 162 с.

33. Шубин А. В. Обоснование параметров выравнивающих устройств комбинированных почвообрабатывающих агрегатов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2010.

Учебное издание

**Сохт Казбек Аюбович**  
**Трубилин Евгений Иванович**  
**Коновалов Владимир Иванович**

**ДИСКОВЫЕ БОРОНЫ И ЛУЩИЛЬНИКИ**  
**Проектирование технологических параметров**

Учебное пособие

Авторская редакция

Подписано в печать 24.01.2014.

Усл. печ. л. – 9,5. Учет.-изд. л. – 75.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Тираж 300 экз. Заказ № 11

Типография

Кубанского государственного аграрного университета.

350044, г.Краснодар, ул. Калинина, 13