

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

**ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ
ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ
ДЛЯ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ**

Монография

Горки
БГСХА
2019

УДК [633.1:631.33.024.3]:005.591.6

Инновационные разработки дисковых сошников для посевных агрегатов / В. Р. Петровец [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 316 с. : ил. – ISBN 978-985-467-926-6.

В монографии изложены вопросы повышения эффективности посева зерновых культур путем совершенствования сошников с конусными ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями.

Издание предназначено для специалистов сельского хозяйства, студентов, аспирантов и научных работников.

Табл. 28. Ил. 203. Библиогр.: 62 назв.

Печатается по решению Научно-технического совета
УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия».
Протокол № 2 от 01.02.2019 г.

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент, член-корреспондент
НАН Беларуси В. В. Азаренко;
кандидат технических наук, доцент Н. Д. Лепешкин

ISBN 978-985-467-926-6

© Петровец В. Р., Дудко Н. И.,
Греков Д. В., Курзенков С. В., 2019
© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Для решения проблемы самообеспечения Республики Беларусь основными видами продовольствия необходимо иметь ежегодные валовые сборы зерна в объеме 8...9 млн. тонн при низкой себестоимости продукции.

Увеличение производства зерна и кормов и на этой основе ускоренное развитие животноводства являются в настоящее время основными задачами сельского хозяйства Республики Беларусь.

Государственной программой устойчивого развития села на 2016–2020 гг. планируется реализовать ресурсосберегающие технологические процессы в земледелии, довести урожайность зерновых культур до 43 ц/га, а производство зерна в 2020 г. до 12 млн. тонн [1].

Выполнение этой задачи возможно только при освоении ресурсо- и энергосберегающих технологий, разработке перспективных средств технологического оснащения, обеспечивающих их реализацию и совмещение технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур. Поэтому в настоящее время сельское хозяйство республики переходит на интенсивные технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

Одним из путей увеличения производства зерна является повышение производительности и качества работы сельскохозяйственной техники, занятой на возделывании и уборке зерновых культур.

При возделывании зерновых важнейшее значение имеют основная и предпосевная обработка почвы и посев, отличительной особенностью которого при интенсивной технологии возделывания является образование технологической колеи. Это позволяет во время вегетации провести многократные подкормки растений минеральными удобрениями, внести ретарданты, обеспечить химическую защиту посевов от сорняков, болезней и вредителей.

Качество выполнения этих операций определяется выбором средств технологического оснащения, техническим состоянием, настройкой, регулировкой данных средств и проведением работ в оптимальные агротехнические сроки. При этом агрегаты должны быть взаимосвязаны по ширине захвата, производительности, ширине колеи, качеству работ, что обеспечивает своевременность и качество выполненных работ и в конечном счете решает судьбу урожая.

В общем комплексе технологических операций и приемов при возделывании зерновых, как было отмечено выше, очень важное значение имеет посев. Наукой и практикой установлено, что урожай сельскохозяйственных культур на 25...30 % зависит от качества посева.

Основная цель посева заключается в обеспечении оптимальных условий прорастания семян и в дальнейшем развития растений, которые в основном зависят от оптимального сочетания трех факторов: водного, воздушного и теплового. Известно, что наиболее благоприятное сочетание данных факторов отмечается, когда семена равномерно распределены по площади поля на заданную (оптимальную) глубину. При этом они должны быть уложены на плотный слой почвы и прикрыты рыхлым слоем почвы мелкокомковатой структуры. Несоблюдение любого из этих требований ведет к снижению урожайности [2].

Одним из условий получения выравненных и дружных всходов необходимой густоты является соблюдение оптимальной технологии посева. Во-первых, это создание плотного ложа, обеспечивающего постоянный капиллярный приток влаги к высеянным семенам, а следовательно, их быстрое набухание и дружное прорастание. Во-вторых, оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение по площади, что обеспечивает им адекватный водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для прорастания и формирования мощного узла кушения, вторичных корней. Именно в этот период закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчивость к полеганию. Процесс сева, являясь важнейшим звеном в технологии возделывания зерновых, зависит прежде всего от конструкции рабочих органов, укладывающих семена в почву [3].

Урожай возделываемых культур напрямую зависит от равномерной глубины заделки семян. Сама же глубина заделки зависит от вида высеваемых культур, срока посева, влажности почвы и ее механического состава [3].

Неравномерность глубины заделки семян влечет за собой неравномерность всходов и недружное развитие их, что в дальнейшем приводит к снижению урожайности [3].

Многолетний опыт земледелия в различных странах мира показывает, что потери растений на единице площади могут достигать 60 %, что связано прежде всего с качеством подготовки почвы и сева. Начальный период развития растений является самым критическим, они еще не имеют развитой корневой системы, поэтому наиболее чувствительны к различного рода стрессам и предъявляют чрезвычайно высо-

кие требования к качеству обработки почвы и формированию посевного слоя (семенного ложа) определенных параметров [3].

В посевных машинах важнейшим рабочим органом является сошник, который формирует бороздку, создает плотное ложе на глубине заделки семян для подтягивания к ним влаги. Семена должны быть равномерно закрыты мелкокомковатым слоем почвы для проникновения тепла, кислорода, влаги и ускоренного растворения минеральных удобрений для питания растений.

Сошник должен удовлетворять следующим требованиям: открывать бороздки одинаково заданной глубины; не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги; уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы; не нарушать равномерность потока семян. На существующих сеялках и посевных агрегатах в настоящее время применяются различные сошники, от правильного выбора и применения которых во многом зависит судьба урожая [2].

В настоящее время при конструировании посевных машин преимущество отдается дисковым сошникам, которые хорошо работают на любых типах почв. Это связано с тем, что в последние годы на современных зерноуборочных комбайнах имеются устройства для измельчения соломы и разбрасывания ее по поверхности поля. В результате последующей обработки почвы комбинированными агрегатами измельченная солома перемешивается с почвой и создается мульчированный слой, в том числе и на глубине заделки семян зерновых культур. Килевидные сошники при работе на мульчированной почве сгуживают пожнивные и растительные остатки перед собой, которые затем собираются между сошниками и нарушают технологический процесс заделки семян на заданную глубину.

Наиболее перспективными в настоящее время являются одно- и двухдисковые сошники, которые хорошо работают на различных типах почв, в том числе засоренных растительными и пожнивными остатками, а также при минимальной и нулевой обработках почвы [5].

Одно- и двухдисковые сошники хорошо заглубляются на мульчированных почвах, прорезают в ней бороздки на заданную глубину, не нарушая технологического процесса укладки семян.

Недостатками таких сошников являются высокая неравномерность распределения семян по глубине, захват семян вращающимися дисками с выбросом их за пределы бороздки и в верхние слои почвы, неравномерное осыпание бороздок, в связи с чем семена заделываются на

разную глубину. Кроме того, у двухдисковых сошников высокая металлоемкость, а их диски имеют угол атаки от 6° до 18° (соответственно для широкорядного посева – 0,15 м и узкорядного – 0,075 м), что с увеличением скорости свыше 8 км/ч вызывает отброс почвы, забрасывание соседних рядков, повышенное тяговое сопротивление, а также высокую гребнистость после прохода сошников [5].

Этот недостаток двухдисковых сошников приводит к расстановке их, как правило, в два ряда с целью уменьшения влияния забрасывания почвы на соседние рядки и нарушения заданной глубины заделки семян. Однако с увеличением рабочей скорости машинно-тракторных агрегатов, например более 10 км/ч, происходит забрасывание соседних рядков семян и при двухрядном расположении дисковых сошников.

Именно поэтому существует острая необходимость в разработке новых рабочих органов для посева зерновых, которые позволят достичь поставленных задач за счет создания оптимальных условий для качественного прорастания семян.

Таким образом, разработка новых двухдисковых сошников, теоретическое и экспериментальное обоснование их рациональных параметров для работы на скоростных МТА с целью равномерного распределения и заделки семян, укладки их на уплотненное дно бороздки, уменьшения металлоемкости и тягового сопротивления являются актуальными задачами, решение которых позволит повысить урожайность зерновых культур.

В данном издании рассмотрены перспективные конструкции сошниковых групп, разработанные при непосредственном участии авторов и защищенные патентами на изобретения.

Авторы считают, что издание будет полезно для научных и инженерно-технических работников, а также для руководителей и специалистов сельскохозяйственного производства всех уровней, конструкторов сельскохозяйственной техники и студентов сельскохозяйственных вузов.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

1.1. Способы посева зерновых культур

Получение высоких урожаев зерновых культур требует, помимо применения высокоурожайных сортов, проведения посева с высокими показателями качества, которые определяются в первую очередь равномерностью распределения семян по площади посева и глубине заделки.

Качество заделки семян по глубине – это один из основных факторов, влияющих на прорастание семян, развитие и кущение растений и в итоге на урожай. В практике возделывания зерновых культур в Республике Беларусь наиболее широкое применение получил рядовой посев с шириной междурядий 15 см.

Разновидностями этого посева являются узкорядный, ленточный, а также разбросной, которые применяются с целью улучшения равномерности распределения семян по площади. В экспериментальных исследованиях применялся однозерновой посев. Подача посевного материала и укладка семян в почву при применяемых способах посева неодинаковые.

Рядовой посев зерновых культур – это основной способ посева во всех странах мира на протяжении уже более столетия. Укладка семян в почву при данном способе посева производится килевидными, полозовидными или дисковыми сошниками, а на легких почвах – в бороздки, формируемые кольцами кольчатых катков (рис. 1.1). Подача посевного материала к сошнику проводится путем объемного дозирования.

Ленточный посев осуществляется путем укладки семян в почву лентами шириной 3...4 см в бороздки, образуемые дисковыми сошниками, а для лент шириной 7...12 см требуются лапчатые или отвальные сошники (рис. 1.2). У основания этих сошников должны быть прикреплены отражательные пластинки, обеспечивающие разброс семян в зону ленты. Подача семян к сошникам производится объемным дозированием.

Разбросной посев получают путем уменьшения расстояния между сошниками до ширины рядка, а также непосредственным разбрасыванием семян по поверхности почвы, подготовленной под посев, и последующим закрытием семян почвообрабатывающими агрегатами, например боронованием.




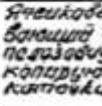

Способы посева	Техника укладки семян в почву	
Рядовой посев	Полосовый катковик	Высев в бороздки, прикатывание в колёсами катков
		
Ленточный посев	Двухдисковый сошник	 с прикат. колёсиком
	Пальцевый сошник	Спиральный сошник
Аэробный посев	Замешивание в почву при землеще почвообрабатывающих орудий	Семяровов
		
Однозернов. посев	Ячейковый высевающий аппарат, ползатель, сошник, каткование колёсиками	

Рис. 1.1. Способы посева и укладки семян зерновых культур в грунт

Однозерновой посев зерновых колосовых культур практического применения до сих пор не получил, несмотря на многочисленные опыты, по сравнению с такими культурами, как свекла, кукуруза, рапс, из-за требуемого большого количества семян на 1 м², а также в связи с более высокими требованиями к дозированию высевających систем и к заделывающим семена рабочим органам посевных машин. Ширина междурядий при однозерновом посеве при современной густоте посева зерновых культур должна быть небольшой, порядка 2...4 см, поэтому к технологии посева предъявляются повышенные требования.

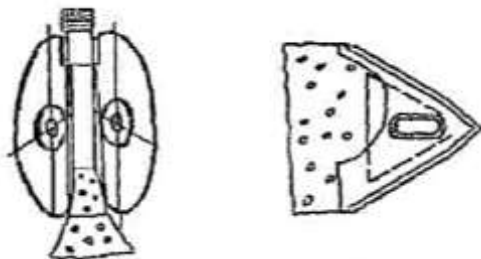


Рис. 1.2. Разбросной и ленточный посев с помощью дисковых и лапчатых сошников

В условиях Республики Беларусь для зерновых культур требуется средняя глубина заделки семян – в диапазоне от 2 до 5 см. Чем выше влажность почвы, тем меньше должна быть установлена на высевающем агрегате средняя глубина заделки семян. Для получения высокой полевой всхожести семян должно быть по возможности меньшим стандартное отклонение глубины заделки семян относительно среднего значения глубины высева (рис. 1.3).

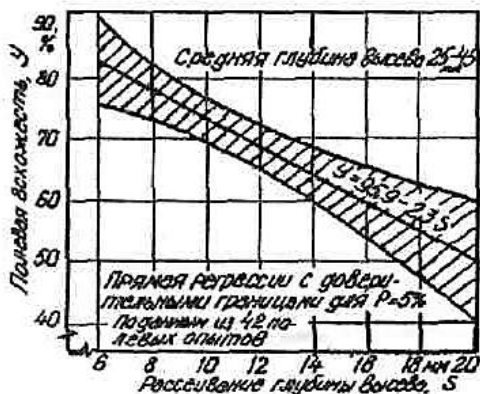


Рис. 1.3. Полевая всхожесть и рассеивание глубины высева

При малом рассеивании глубины заделки семян (порядка 0,6 см) полевая всхожесть достигает в среднем 80 %, если же отклонение составляет 1,8 см, то полевая всхожесть снижается до 54 %. Стандартное

отклонение от различных способов высева семян приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Техника укладки семян в почву и рассеивание глубины высева семян, мм

Способы посева	Техника укладки семян в почву	Рассеивание или стандартное отклонение глубины высева, мм	
		Почва вспахана	Почва не вспахана
Рядовой	Килевидными, полозовидными и дисковыми сошниками	6...11	12...17
	В борозды, оставляемые кольцами кольчатых катков (только для песчаных почв)	6...11	–
Ленточный при ширине ленты 3 см	С использованием семяпроводов в потоке почвы почвообрабатывающих орудий	12...17	18...23
	Однодисковыми сошниками, установленными наклонно	6...11	–
	Лапчатыми сошниками, отвальными сошниками, двухдисковыми сошниками	–	–
Разбросной	Лапчатыми сошниками, отвальными сошниками	–	–
	Путем высева под полосы почвы, отбрасываемые плоской почвофрезой	12...17	7...12
	Замешиванием в почву при помощи почвообрабатывающих орудий	15...20	–
Однозерновой	С применением килевидного сошника с копируемыми карточками для прохода на заданной глубине и комкоудалителя	4...9	–

Колебание глубины заделки семян для килевидных, полозовидных, дисковых и лапчатых сошников на хорошо выровненных почвах составляет от 0,6 до 1,1 см. Однозерновой посев дает лучшие результаты по глубине заделки семян с отклонением 0,4...0,9 см, а разбросной – самую большую неравномерность по глубине заделки со среднеквадратическим отклонением 1,5...2,0 см.

Распределение семян по площади поля имеет решающее значение для равномерного обеспечения всех растений ростостимулирующими факторами: водой, освещенностью и питательными веществами.

Применяемые способы укладки семян в почву различаются распределением их по площади поля (рис. 1.4).

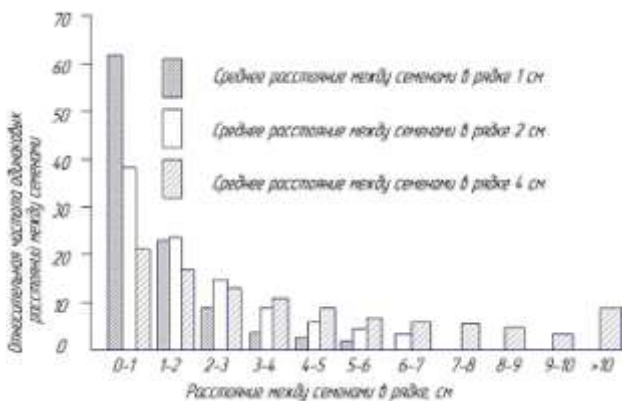


Рис. 1.4. Расстояние между семенами в ряду при рядовом посеве

Только однозерновой посев дает точную укладку каждого зерна при условии сбрасывания семян на одинаковые расстояния и на высоте в несколько сантиметров над бороздкой. Следовательно, если имеет место посев с равномерным размещением семян, укладку их в грунт можно проводить в вершины прямоугольников, квадратов или треугольников (рис. 1.5). Укладка семян в вершины квадратов или прямоугольников требует очень узких междурядий шириной 5...7 см при обычных нормах высева.



Рис. 1.5. Распределение семян по площади поля

При рядовом, ленточном и разбросном посевах объемное дозирование семян и наличие семяпроводов приводят к тому, что положение отдельных зерен в рядке или ленте неопределенно, носит случайный характер распределения, т. е. экспоненциального распределения (рис. 1.5). Чем большим при определенном количестве зерен на единицу площади является среднее расстояние до ближайшего зерна, тем более равномерно распределяются семена по площади.

На графике (рис. 1.6) показано среднее расстояние до ближайшего соседнего зерна для зерновых культур при густоте посева 400 семян на 1 м. В соответствии с графиком для рядового посева улучшить распределение семян по площади поля можно за счет сужения междурядий.

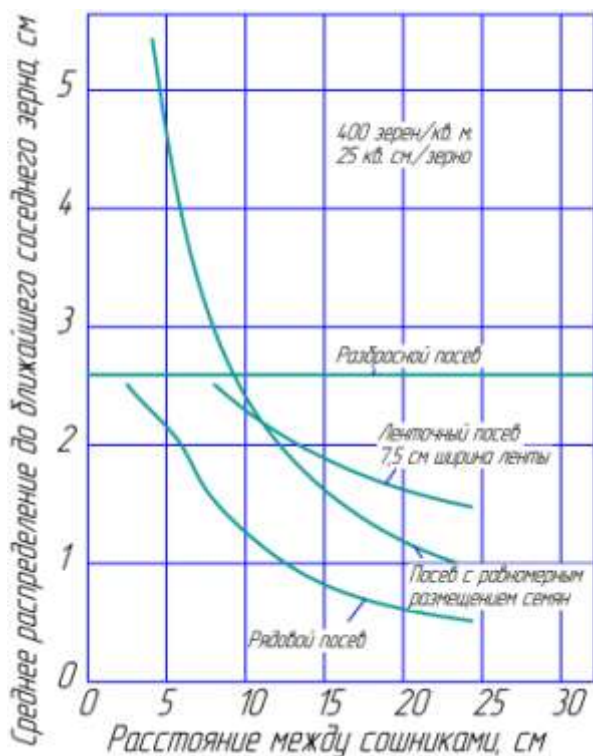


Рис. 1.6. Среднее расстояние до ближайшего соседнего зерна при различных способах посева

Ленточный посев по равномерности распределения семян по площади поля занимает среднее положение между рядовым посевом и разбросным. Влияние распределения семян по площади на урожайность зерновых культур для рядового, ленточного и разбросного посевов не имеет каких-либо существенных различий. При рядовом посеве на каждый сантиметр сужения междурядий в пределах от 20 до 10 см урожайность повышается лишь на 0,7 % (рис. 1.7). Ленточный посев при сужении междурядий и применении лапчатых отвальных сошников дает повышение урожая на 3,9 %.

Распределение семян по площади влияет и на развитие сорняков. Чем равномернее семена распределены по площади, тем равномернее происходит затенение почвы, что задерживает рост и развитие сорняков.



Рис. 1.7. Распределение семян по площади и урожайность зерновых культур

В табл. 1.2 показана засоренность посевов в зависимости от способа посева. С улучшением распределения семян по площади посева снижается число сорных растений и сухая масса их на 1 м². (Сбор опытных данных, приведенных в табл. 1.2, происходил на посевах, где не проводилась борьба с сорняками с помощью гербицидов.) Повышение урожайности зерновых культур может быть достигнуто путем улучшения посева и распределения семян по посевной площади.

Таблица 1.2. Засоренность в зависимости от техники посева для овса
(по Коху и Хурле, 1978 г., с изменениями)

Техника посева с шириной междурядий, см	Количество сорных растений на 1 м ²	Сухая масса сорных растений на 1 м ² , г
Рядовой посев:		
20	553	51
15	389	37
10	334	32
5	344	29
Разбросной посев	321	28

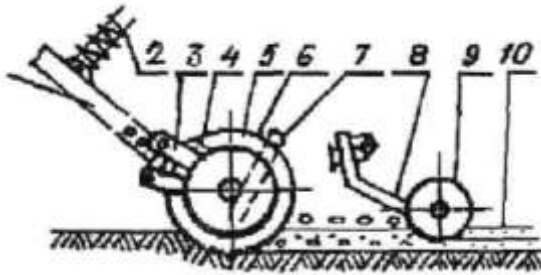
Определилась также необходимость разработки конструкции сошников для ленточного посева и комбинированных сошников, готовящих одновременно ложе для семян и удобрений. В чистом, тщательно подготовленном семенном ложе может быть проведен разбросной или рядовой посев с одновременным внесением минеральных удобрений под почвенную уплотненную прослойку.

1.2. Совершенствование способов посева зерновых культур

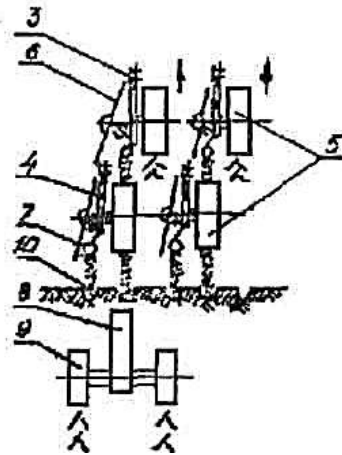
Согласно агротехническим требованиям семена при посеве должны укладываться (вдавливаться) в плотный слой почвы и прикрываться землей. Недостатком дисковых сошниковых групп является неравномерная глубина заделки семян (0...10 см), завышение нормы высева зерновых культур на 10...15 %, отсутствие уплотненного ложа для семян. Преимущества заключаются в способности работать на плохо окультуренных почвах и в большом диапазоне глубины хода и заделки семян. Килевидные и полозовидные сошники, обеспечивая создание плотного ложа почвы под семена и более равномерную глубину заделки, требуют высокого качества предпосевной подготовки почвы. Серийно выпускаемые сеялки семейства СЗ-3,6А с дисковыми сошниками не обеспечивают выполнения агротехнических требований по заделке 80 % высеваемых семян на требуемую глубину.

На опытной станции БСХА совместно с Кировоградским ПКИ была разработана однодисковая сошниковая группа с опорно-прикатывающими каточками к серийной зернотуковой сеялке СЗ-3,6А (рис. 1.8).

Дисковый рабочий орган раскрывает бороздку, в которую укладываются семена, поступающие по семяпроводу 7. Затем семена 10, равномерно распределенные в вертикальной плоскости, вдавливаются в почву на одинаковую глубину обрезиненным каточком, создающим одновременно и плотное ложе для них. Цепной загортач сеялки закрывает семена рыхлым слоем почвы.



a



б

Рис. 1.8. Технологический процесс работы однодисковой сошниковой группы: 1 – поводок; 2 – нажимная штанга; 3 – корпус сошника; 4 – регулятор глубины хода; 5 – опорно-прикатывающий каток; 6 – рабочий диск сошника; 7 – семяпровод; 8 – пружинный поводок прикатывающего узла; 9 – прикатывающий каточек; 10 – семена

Каточки, перекатываясь по почве, не позволяют дисковому рабочему органу заглубляться более чем на заданную глубину, что дает возможность использовать сеялку на высеве семян, требующих мелкую (1...2 см) и более глубокую (5...7 см) заделку. Регулировка требуемой глубины сошников осуществляется в течение 8...10 мин

(рис. 1.9). Разработанная сеялка прошла хозяйственную проверку в условиях Республики Беларусь и Латвии в 1987–1990 гг., а также государственные приемочные испытания на Белорусской, Прибалтийской и Центральной МИС и рекомендована для постановки на производство.

Применение разработанной сошниковой группы с прикатывающими каточками позволяет в 1,5...1,8 раза уменьшить разброс семян по глубине, повысить их полевую всхожесть и в связи с этим сократить на 10...15 % норму высева семян зерновых культур.

Равномерное распределение семян по глубине и площади питания при посеве зерновых культур дисковыми сошниками может быть достигнуто при оборудовании их опорно-прикатывающими катками.

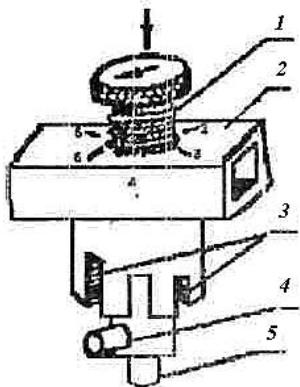


Рис. 1.9. Регулятор глубины сошника:
1 – головка стержня; 2 – корпус сошника;
3 – лаз; 4 – штифт; 5 – стержень

При повороте головки 1 на один паз заглубление изменяется на 2 см (рис. 1.9).

1.3. Агротехнические и технологические требования к посеву зерновых культур при интенсивной технологии возделывания

В зависимости от имеющихся в хозяйстве технических средств применяют рядовой посев с междурядьями 12,5 и 15 см, а также узкорядный (6,25 и 7,5 см) с образованием технологической колеи.

При использовании сеялок С-6, С-6Т, СЗ-5,4 одновременно с посевом в рядки следует вносить гранулированный суперфосфат или аммофос в дозе до 50 кг/га. При использовании сеялок типа СПУ перед предпосевной обработкой почвы необходимо внести в почву недостающие микроэлементы, а также стартовую дозу фосфорных удобрений. Семена должны быть протравлены.

Посев должен быть проведен в оптимальные агротехнические сроки. В каждом хозяйстве сроки сева как озимых, так и яровых культур должны корректироваться в зависимости от погодных условий, влажности, состава почвы, высеваемой культуры. Следует учесть, что почти 20 % урожая теряется из-за нарушения сроков выполнения посевных работ.

При установлении нормы высева следует учитывать качество семян, оцениваемое хозяйственной годностью и полевой всхожестью, которые определяются в лабораторных условиях.

Сеялки должны обеспечивать высокую равномерность высева по ширине захвата, глубине заделки и ходу движения. Максимальное отклонение высева между отдельными высевающими аппаратами допускается в пределах $\pm 4\%$, всеми аппаратами – в пределах $\pm 3\%$. Повреждение семян высевающими аппаратами не должно превышать 1 % для зерновых и 2 % для зернобобовых.

Глубина заделки семян в подготовленную под посев почву зависит от влажности, механического состава почвы, сроков посева и высеваемой культуры. На тяжелых почвах семена высевают на глубину 2...3 см, на среднесуглинистых, супесчаных и торфяных – на 3...4 см.

При запаздывании с посевом и пересыхании почвы глубину увеличивают на 1...2 см. Отклонение глубины заделки семян от заданной не должно превышать 15 %. Наличие незаделанных в почву семян не допускается. Отклонение ширины стыковых междурядий смежных проходов от основных не должно превышать 15 см.

Норма высева семян (4...6 млн. шт/га) зависит от сорта, типа почвы, климатических условий, состояния поля, степени и характера засоренности.

В условиях нашей республики по чистому и удобренному полю в начале оптимального срока сева зерновых культур достаточно высевать 4 млн. шт/га (200 кг/га) всхожих семян.

В условиях Дании нормы высева зерновых культур корректируются в зависимости от сроков сева, качества предпосевной обработки почвы, массы 1000 зерен (табл. 1.3).

Таблица 1.3. **Нормы высева семян зерновых культур в условиях Дании, кг/га**

Сроки сева	Прохладный климат			Умеренный климат		
	Масса 1000 зерен, г			Масса 1000 зерен, г		
	45	50	55	45	50	55
До 1 сентября	113	125	138	88	97	107
1...5	125	139	153	100	111	122
6...10	138	153	168	113	125	138
11...15	150	167	183	125	139	153
16...20	163	181	199	138	153	168
21...25	175	194	214	150	167	183

Поле перед посевом должно быть обработано на глубину заделки семян, не иметь свальных гребней и развальных борозд, скрытых глыб, крупных комков диаметром более 5,0 см, пожнивных остатков. Объемная масса почвы на глубине заделки семян должна составлять 1,1...1,25 г/см³.

Влажность подготовленной под посев почвы в слое 0...10 см не должна превышать 22 %. Поворотные полосы засевают сразу после посева основного поля.

При посеве должны строго соблюдаться прямолинейность рядков и образование технологической колеи для последующего ухода за посевами.

В условиях Могилевской и Витебской областей для получения высоких урожаев и снижения себестоимости зерновых и зернобобовых культур весьма важно выбрать оптимальную норму высева семян на 1 га. В условиях нашей республики норма высева семян зерновых культур устанавливается в пределах 4...5 млн. шт/га (200...220 кг/га).

В условиях Республики Беларусь нормы высева зерновых культур под озимые корректируются не только с учетом массы 1000 зерен и качества предпосевной обработки почвы, но и сроков сева и изменяются весьма значительно. Создание уплотненного семенного ложа для семян зерновых и других культур способствует равномерной заделке их по всей глубине, позволяет подтягивать влагу для скорейшего набухания и прорастания, особенно при ее дефиците (рис. 1.10).

Наилучшие условия для создания рыхлого верхнего слоя почвы и качественного ложа для семян, а также выровненности поверхности поля создают комбинированные агрегаты АКШ-3,6; АКШ-6; АКШ-7,2; АКШ-9; АПВ-4,5; АПУ-6,5; чизельные культиваторы КПМ-4; КЧД-6; КНЧ-4,2; КЧ-5,1 с прикапывающими приставками ПК-5,1 или ПКД-5,1, агрегируемые соответственно с тракторами классов 1,4; 2; 3.

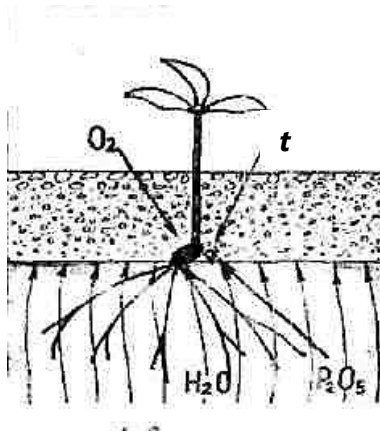


Рис. 1.10. Схема оптимальной заделки семян

Норму высева семян для получения оптимального количества растений на 1 м^2 необходимо корректировать в зависимости от качества посевного материала, срока посева, температуры воздуха, сорта, качества подготовки почвы и др.

При некачественной предпосевной подготовке почвы, запаздывании со сроками посева необходимо дифференцированное увеличение норм высева семян с целью недопущения изреженности и снижения урожайности высеваемой культуры.

Поверхность засеянного поля должна быть ровной, без следов колес трактора, сцепки и сеялок.

Агротехнические требования предусматривают укладку семян зерновых культур в бороздки с уплотненным ложем и укрытие их рыхлой мелкокомковатой почвой (рис. 1.11).

Уплотненный слой (ложе) дерново-подзолистых почв Беларуси должен иметь, согласно агротехническим требованиям, плотность $1,1 \dots 1,3\text{ г/см}^3$. В такой слой проникают корни растений, в нем хорошо развиты капилляры, а растения обеспечиваются влагой независимо от складывающихся после посева погодных условий. Верхний мульчирующий слой защищает плотное ложе от испарения влаги и иссушения, через него происходит воздухообмен и поступление тепла. При выполнении данного требования обеспечивается качественный сев. Дисковые сошники сеялок не должны проваливаться глубоко в

почву, они должны прорезать верхний мульчирующий слой и укладывать семена на уплотненный слой в одном горизонте.

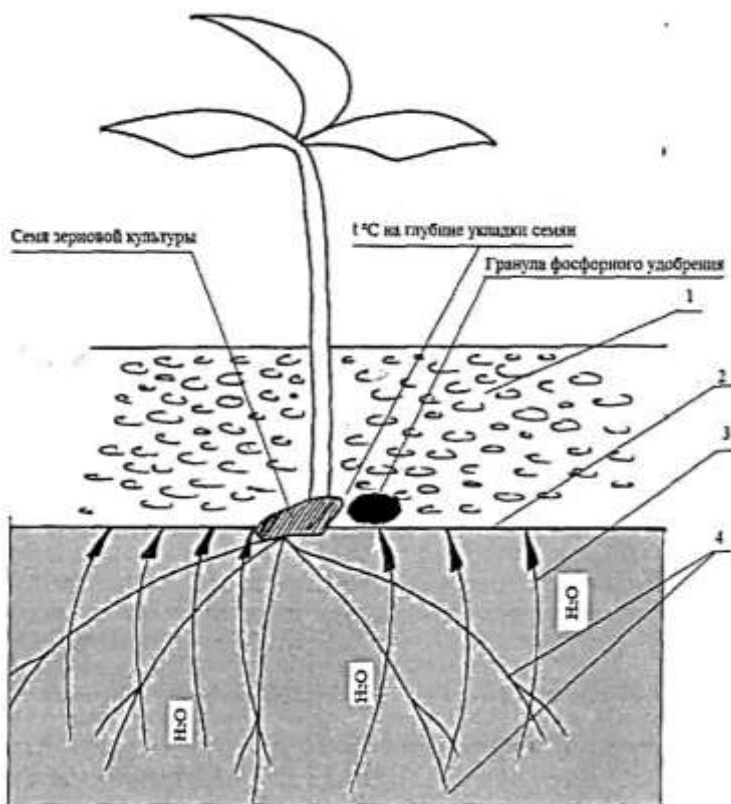


Рис. 1.11. Укладка семян на уплотненное ложе:
1 – мелкокомковатый слой почвы;
2 – уплотненный слой почвы для укладки семян;
3 – направление движения влаги; 4 – корневая система растений

На легких почвах лучшие результаты достигаются, когда семена не просто укладываются на плотное ложе, а внедряются в него последующим прикатыванием. При этом улучшается контакт семян с почвой, ускоряется процесс их набухания и прорастания.

1.4. Условия качественного посева зерновых культур при интенсивной технологии возделывания

Наукой установлено и практикой подтверждено, что урожай сельскохозяйственных культур на 25 % зависит от качественной и своевременной обработки почвы и на 25 % – от качества посева.

Многочисленные проходы однооперационной техники приводят к уплотнению пахотных и подпахотных слоев почвы до 1,47...1,69 г/см³, что близко к критической величине 1,6...1,7 г/см³. Для устранения этого недостатка необходимо применять разуплотнение почвы или использовать комбинированные почвообрабатывающие машины и агрегаты.

Предприятиями Республики Беларусь созданы и выпускаются новые конструкции почвообрабатывающих машин и орудий и рабочих органов к ним на основе новейших достижений науки и практики в области сельхозмашиностроения. Применение их в хозяйствах позволяет повышать качество работ при обработке почвы, снижать расход топлива и затраты труда, увеличивать производительность, выполнять работы в оптимальные агросроки.

Под озимые зерновые культуры (рожь, пшеница, озимое тритикале) рекомендуется приведенная ниже последовательность выполнения технологических операций предпосевной подготовки почвы:

1) лущение стерни за уборкой предшественников:

а) дисковыми лущильниками ЛДГ-5 на легких почвах, ЛДГ-10 – на средних и тяжелых;

б) дисковыми боронами БДГ-7, Л-113 или чизельными культиваторами КЧ-5,1; КЧ-5,1М с приставками ПК-5, ПКД-5,1; КПЧ-6; КПП-4; КПС-6М; КНЧ-4,2; АЧУ-2,8;

2) вспашка через 10...15 дней после лущения и вслед за внесением минеральных и органических удобрений на глубину 20...22 см плугами с соответствующими приспособлениями ПВР-3,5 или ПВР-2,3; ПП-2,8; ПП-2 для разрушения глыб, уплотнения и выравнивания почвы. Заделку развальных борозд производят секциями тяжелой дисковой бороны;

3) предпосевная обработка почвы комбинированными агрегатами АКШ-3,6; АКШ-6; АКШ-7,2; АКШ-9; АПУ-6,5; АПВ-4,5; АКП-3; АКП-4; АКП-6.

На засоренных полях и при повышенной влажности на глинистых почвах вместо комбинированных агрегатов типа АКШ следует приме-

нять агрегаты для предпосевной подготовки почвы КП-3; КПН-8,4; КНС-6,3; КСО-6; КГШ-5,6; КПС-6М; КСО-4; КНС-4; КПН-4; КПМ-4 и др. Если после культивации почва остается чрезмерно вспушенной или глыбистой, то ее следует прикатать катками, установленными на комбинированных агрегатах АКШ, выглубив из почвы S-образные зубья.

Весной предпосевная обработка почвы под посев яровых культур (ячмень, овес, пшеница) начинается с раннего весеннего боронования или культивации на глубину до 8 см с целью закрытия влаги, а финишная обработка осуществляется комбинированными агрегатами типа АКШ. При отсутствии последних обработку можно проводить культиваторами типа КПС; КПН; КПМ и др. На глинистых и сильно уплотненных почвах используют чизельные культиваторы КЧ-5,1; КЧ-6; КНЧ-4,2; КПМ-4 с набором сменных рабочих органов для обработки почвы на глубину до 30 см с целью разрушения плужной подошвы. Требованиям предпосевной обработки почвы под яровые культуры наиболее полно отвечает следующая схема: ранневесенняя культивация + предпосевная культивация с боронованием и прикатыванием комбинированными агрегатами типа АКШ с учетом состояния почвы и погоды.

Последнюю предпосевную обработку почвы необходимо проводить перед посевом без разрыва во времени, иначе проростки сорняков будут обгонять в развитии и росте культурные растения и угнетать их.

В Дании и других странах Западной Европы вспашка почвы совмещается с предпосевной обработкой за счет использования дополнительных приспособлений к оборотным плугам – кольчато-зубчатых катков, роторных боронок и комбинированных агрегатов на базе вертикально-роторной бороны.

1.5. Образование технологической колеи при посеве

Образование технологической колеи при интенсивной технологии возделывания зерновых культур производят для последующего ухода за посевом. Ширину полос в постоянной технологической колее принимают равной утроенной ширине междурядий: для сеялок СЗ-5,4 – 45 см, сеялок типа СПУ-6 и С-6 – 37,5 см.

При работе сеялки СПУ-6 (С-6) для образования технологической колеи при отсутствии на данной машине специального устройства

наиболее целесообразно в хозяйствах установить в делительную головку две пробки в отверстия, соединенные пневмосемяпроводами с 7-м и 8-м сошниками с правой стороны сеялки. При этом ширина образуемой колеи будет равна 37,5 см (ширина междурядий 12,5 см). Агрегат должен двигаться челночным способом.

После поворота при движении по маркерному следу правым колесом трактора расстояние между центрами образуемой технологической колеи от двух смежных проходов составит 175 см. После двух проходов (третьего и четвертого) образуется еще одна такая же технологическая колея. Расстояние между центрами соседних образованных технологических колеи составит 12 м.

При такой схеме работы необходимо использовать опрыскиватели с шириной захвата 12 м (ОТМ-2-3) или настраивать другие опрыскиватели на такую же рабочую ширину захвата. При этом расстояние между центрами колес тракторов и опрыскивателя должно составлять 175 см. Ширина колес трактора при посеве при этом варианте не регламентируется.

При наличии в хозяйстве трех сеялок СПУ-6 (С-6) наиболее просто и надежно образовать технологическую колею путем постоянного перекрытия подачи семян в четыре сошника средней сеялки, идущих по следам колес трактора.

У пневматических сеялок СПУ-4, СПУ-3 технологическая колея образуется с помощью специальных насадок с управляемыми заслонками, которые закрывают подачу семян в идущие по следам колес трактора сошники через определенное количество проходов агрегата.

На участках неправильной конфигурации, имеющих западины, блюдца, сев с образованием технологической колеи следует начинать в месте, имеющем наибольшую прямолинейную длину гона, а затем засеять участок справа и слева.

1.6. Организация работы посевных агрегатов

Направление и способ посева следует выбирать с учетом характеристики полей (площади, длины гона, конфигурации, рельефа) и требований агротехники. Направление посева должно быть поперек вспашки и последней предпосевной обработки или под углом к ней; на склонах – под углом к направлению склона или поперек него.

Способы движения посевных агрегатов: челночный – при работе одного, двух и трех агрегатов на полях с длиной гона более 200 м; го-

новый – при работе многосеялочных агрегатов на полях прямоугольной формы больших размеров; перекрытием – на полях квадратной формы при гонах до 150 м, где можно разворачивать агрегат в пределах поля, и на очень узких участках – до 60...80 м. На этих полях также применяется диагонально-перекрестный способ. Ширину загона при движении агрегата гоновым способом выбирают по табл. 1.4.

Таблица 1.4. Рекомендуемая ширина загонов и поворотных полос при работе посевных агрегатов

Марка сеялки	Ширина загона при длине гона, м		Ширина поворотной полосы, м	
	500	700	при петлевом повороте	при беспетлевом повороте
СПУ-6	72,0	84,0	18,0	12,0
С-6	72,0	84,0	24,0	18,0
СЗ-5,4	57,6	72,0	14,4	10,8
СПУ-3	60,0	76,0	12,0	8,0
СПУ-4	60,0	76,0	12,0	8,0

Маркеры и следоуказатели устанавливают на посевных агрегатах для того, чтобы на двух смежных проходах не было огрехов и пересечений по одному и тому же следу.

Маркер оставляет на поле линию-ориентир, по которой тракторист направляет правое колесо или гусеницу трактора при обратном проходе. Следоуказатель – это брус с подвешенными по краям стержнем или цепочкой, на концах которых укреплен грузик, свободно скользящий по следу колеса от предыдущего прохода или по маркерной линии. При вождении по следу правым колесом или гусеницей правый маркер короче, а левый длиннее на величину расстояния между серединами передних колес или краями гусениц трактора. Состав посевных агрегатов и вылет маркеров приведен в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Состав посевных агрегатов и установка вылета маркера

Трактор	Число сеялок в агрегате	Ширина захвата, м	Ширина колеи трактора, мм	Вылет маркера, м		Передача трактора
				левого	правого	
«Беларус-800»	1	3,0	1800	2,48	0,68	VI
	1	4,0	1800	2,98	1,18	VII
«Беларус-820»	1	6,0	1800	3,98	2,18	VII

Общую оценку состояния посевов должна делать комиссия, кото-

рая учитывает не только выполнение каждого технологического приема, но и значение его для формирования урожая (табл. 1.6). Если какое-либо требование агротехнически выполнено некачественно, то соответственно ставится прочерк в графе оценочного коэффициента, так как после посева во многих случаях невозможно исправить ошибку и переделать работу.

Таблица 1.6. Способы и оценка качества посева

Показатель качества	Контроль качества			Оценка качества	
	Способ определения	Способ замера	Кол-во замеров	%	Баллы
Отклонение глубины заделки семян, мм	Путем вскрытия рядка на длине 20...30 см	Две линейки, лопаточка	3...4	До ± 10 От ± 10 до ± 15	3 2
Отклонение от заданной равномерности высева, %	Измерение длины рабочей части катушек, мм	Шаблон	2...3	До ± 3 От ± 3 до ± 5 Более ± 5	3 1 0
Отклонение стыковых междурядий от заданного значения, мм	Измерение в конце и середине участка	Линейка	3...4	До ± 50 От ± 50 до ± 60 Более ± 60	2 1 0
Соблюдение междурядий по ширине агрегата	Замер расстояния между сошниками	Линейка, трафарет	–	Соблюдается Не соблюдается	2 0

Низкая общая сумма оценочных коэффициентов служит сигналом для более тщательного контроля за ходом посевных работ и принятия мер по устранению нарушений технологического процесса.

1.7. Обзор и анализ конструкций зернотуковых сеялок с комбинированными рабочими органами

Многими организациями – УО БГСХА [6], Азербайджанским НИИ земледелия [7], Саратовским СХИ и др. [8–10] – на основе рекомендаций по технологии припосевного локального внесения основной дозы минеральных удобрений разрабатываются и исследуются технические средства для совершенствования способов посева зерновых.

Кировоградским ПКИ (Украина) совместно с опытной станцией БГСХА на базе сеялки СЗ-3,6 разработана комбинированная сеялка СЗК-3,6, которая оснащена однодисковыми сошниками для заделки

удобрений на глубину 10...14 см и сменными двухдисковыми или наральниковыми сошниками для заделки семян на глубину до 8 см.

Кафедрой сельскохозяйственных машин Полтавского СХИ предложена следующая модернизация сеялки СЗ-3,6 для припосевного внесения основной дозы удобрений: на дополнительной раме смонтировано шесть туковывсевающих аппаратов и двенадцать подкормочных ножей, жестко закрепленных в державках на S-образных пружинных стойках. При этом глубина заделки туков составляет 10...12 см, междурядья – 30 см, расстояние от посевных рядков – 6...7,5 см [11].

В СибНИИСХ (Российская Федерация) на базе сеялки СЗС-2,4 была изготовлена сеялка-культиватор с комбинированными сошниками, при испытании которой в течение двух лет наблюдалась прибавка урожая за счет локализации удобрений, равная 2,0...4,6 ц/га.

За рубежом комбинированные зернотуковые сеялки стали внедряться еще в середине 60-х гг. прошлого столетия. В 1969 г. в Финляндии было продано 570 комбинированных сеялок и 3000 обычных, а в 1971 г. – 3000 и 1500 шт. соответственно.

В настоящее время комбинированные сеялки широко применяются в Скандинавских странах, США, Англии, Австралии, странах Африки.

Комбинированные сеялки за один проход осуществляют посев, внесение минеральных удобрений и прикапывание засеянных рядков. Их конструкцией предусмотрено четырехрядное расположение рабочих органов, заделывающих семена и удобрения. Такая схема расстановки рабочих органов предусматривает размещение ленты удобрений через два рядка семян зерновых культур, так как туковый сошник установлен между каждой парой зерновых сошников.

На рис. 1.12 приведена классическая схема комбинированной сеялки, разработанной на основе рядовой сеялки, которая отличается наличием туковых бункеров большей вместимости (до 1500 кг высеваемого материала), отдельными сошниками для заделки удобрений, туковывсевающими аппаратами высокой производительности.

Кроме того, в связи с необходимостью загрузки большого количества удобрений заправочные бункера расположены не выше 110 см над уровнем земли для облегчения погрузочных работ.

Комбинированные сеялки зарубежных фирм «WARTSILA», «JUNKKARI OY», «STEGSTED», «TUME», «YUKO» имеют раму сварной конструкции, опирающуюся на опорно-приводные колеса, сверху расположен бункер для семян и удобрений, соответственно заднее и переднее отделения.

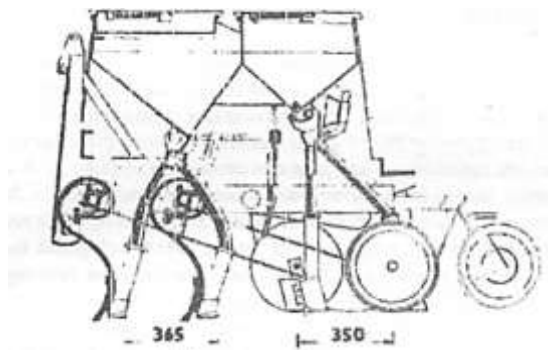


Рис. 1.12. Схема комбинированной сеялки

Семенной бункер снабжен ворошителем. Туко- и семявысевающие аппараты крепятся к днищам бункеров и с помощью тукосемяпроводов соединяются с сошниками, подъем и опускание которых осуществляются при помощи гидроцилиндра (рис. 1.13).

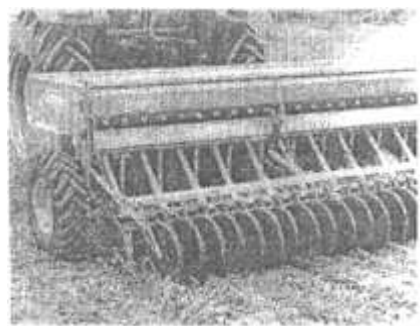


Рис. 1.13. Комбинированная сеялка фирмы «TUME»

Для посевных машин Скандинавских стран характерно расположение туковых наральных сошников на плоских пружинных S-образных стойках в первых двух рядах по ходу сеялки, что улучшает ее проходимость, способствует снижению тягового сопротивления. Рабочая поверхность туковых сошников улучшает условия заглабления, что целесообразно, учитывая более глубокое размещение удобрений относительно семян.

Сеялки фирм «WARTSILA», «NORDSTEN», «STEGSTED», «YUKO»,

«FARMHAND» в основном комплектуются килевидными и двухдисковыми сошниками для рядового посева. Но в зависимости от почвенно-климатических условий работы на сеялках могут использоваться сошники различных типов. Этого позволяет добиться конструкция подвески.

По данным фирм «WARTSILA» и «SOKKERI», до 4,5 % прибавки урожая зерновых позволяет использование на сеялках «TUME» и «WARTSILA» крыльчатого сошника, который равномерно распределяет семена в ленту шириной 7,5 см.

Для припосевного локального внесения основной дозы минеральных удобрений на сеялках «JUKO», «HANKMO», «TUME», «NORDSTEN» и др. наиболее часто устанавливаются наральниковые сошники в виде воронки, прикрепленной к чугунному или стальному наральнику (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Наральниковые сошники для припосевного внесения основной дозы минеральных удобрений

Наральниковые сошники могут быть как с острым, так и с тупым углом вхождения в почву. Для сошников с острым углом вхождения в почву используется пружина или ножевые стойки.

Чтобы повысить качество посева в различных почвенно-климатических и погодных условиях, на комбинированных сеялках используются различные (двухдисковые, однодисковые, двухдисковые с ребрами, анкерные, килевидные и др.) сошники для высева семян.

Локальное внесение удобрений возможно не только с использованием отдельных, но и комбинированных сошников [12–14].

Комбинированный сошник (рис. 1.15), разработанный ХИМЭСХ (Украина), предназначен для узкорядного посева с одновременным внесением минеральных удобрений и состоит из корпуса 1, двух дисков 2, раструба 3 для удобрений, раструба 4 для семян и двухканального распределителя семян 5, который расположен в пассивной зоне стрелчатой культиваторной лапы 6. Вертикальная пластина 7 крепится к оси рычага 8 и установлена над распределителем семян 5. Верхний конец рычага 8 соединен с боковинами защитного кожуха 9 посредством пружин 10 и снабжен грузом 11, фиксируемым болтом 12. Данный сошник заделывает удобрения на 1,7...2 см ниже рядка семян и посередине смежного междурядья на 6...7 см [18].

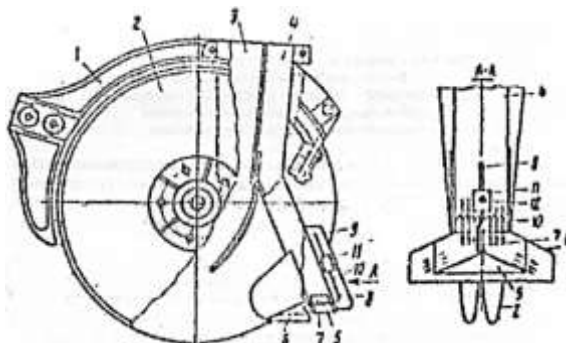


Рис. 1.15. Комбинированный сошник для узкорядного посева с одновременным внесением минеральных удобрений:

- 1 – корпус; 2 – диски; 3 – раструб для удобрений; 4 – раструб для семян;
- 5 – распределитель семян; 6 – культиваторная лапа; 7 – пластина;
- 8 – ось рычага; 9 – защитный кожух; 10 – пружина; 11 – груз; 12 – болт

Два вида сошников, представленных на рис. 1.16, разработаны в БГСХА на кафедре сельскохозяйственных машин [13].

Сошник с тупым углом вхождения в почву представляет собой ножевидный наральный в виде полоза с раструбами для удобрений и семян. Сошник с острым углом вхождения в почву выполнен в виде долотообразной культиваторной лапы, работающей по принципу двугранного клина.

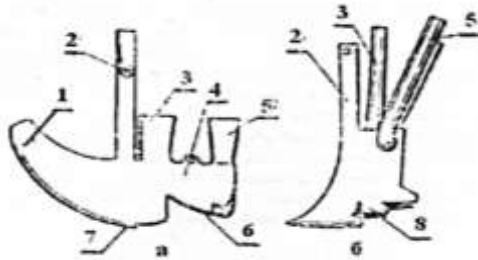


Рис. 1.16. Сошники: *a* – с тупым углом вхождения в почву;
б – с острым углом вхождения в почву:
 1 – наральник; 2 – стойка; 3 – тукопровод; 4 – корпус;
 5 – семяпроводы; 6 – бороздкообразователь семян;
 7 – бороздкообразователь туков; 8 – крылышки

Е. П. Юрочка предложил установить отдельный туконаправитель и каточек для рядкового прикатывания на серийный узкорядный двухдисковый сошник. Туконаправитель устанавливается между дисками, несколько выдвинутым из них в своей нижней части (рис. 1.17). Работают модернизированные сошники следующим образом: при движении диска 3 открываются бороздки, на дно которых по туконаправителю 2 подаются удобрения и укладываются на максимальную глубину. Семена, проходя по семяпроводу и распределителю 5, располагаются по обе стороны от ленты удобрения в две строчки, образовавшиеся после прохода туконаправителя. Заделка семян происходит за счет самоосыпания почвы и прикатывания ее катком 4.

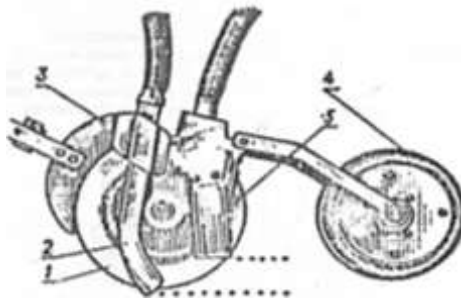


Рис. 1.17. Модернизированный узкорядный двухдисковый сошник: 1, 3 – диски; 2 – туконаправитель; 4 – прикатывающий каток; 5 – распределитель

Однодисковые комбинированные сошники американской фирмы «ALLIS-CHALMERS» (сеялка модели 157) имеют с наружной стороны диска семянаправитель с двойным наконечником, позволяющим создать прослойку почвы по вертикали и горизонтали между семенами и удобрениями (рис. 1.18).

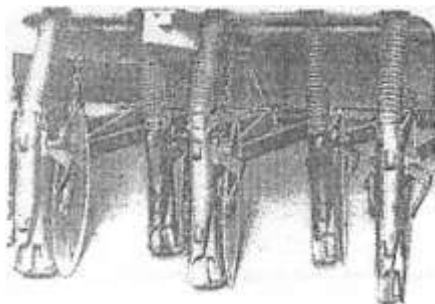


Рис. 1.18. Комбинированные сошники сеялки модели 157 (США)

Зернотуковая сеялка «Seedmatic 2000» Новозеландской фирмы «AITCHISON INDUSTRIES» снабжена комбинированными сошниками оригинальной конструкции (рис. 1.19). Сошник состоит из зубчатого диска, двух рыхлителей, L-образных ножей и двух прикатывающих катков, установленных под углом друг к другу. Семена и удобрения располагаются в почве с прослойкой по горизонтали в 10 см.

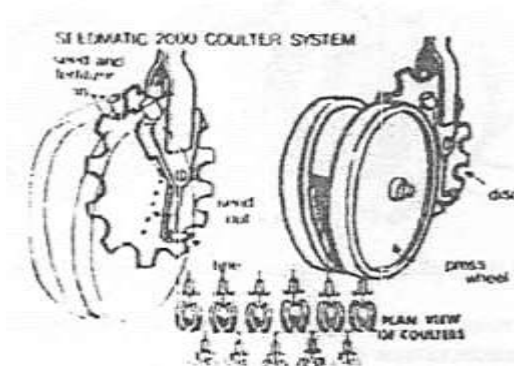


Рис. 1.19. Комбинированный сошник зернотуковой сеялки «Seedmatic 2000» (Новая Зеландия)

Для сухих почв в Канаде (фирма «VERSATILE») и США (фирма «TUE») выпускаются сеялки с анкерными сошниками, позволяющими укладывать семена и удобрения с разностью глубины до 11 см.

Канадская фирма «SUTHERLAND STEEL FOUNDRY» оснащает сеялки сошниками «Clark», которые раздельно вносят семена и удобрения. Сошник представляет собой культиваторную лапу, на которой крепятся туковый наконечник, спаренная семенная лопасть и двойной трубчатый держатель. Удобрения подаются к переднему наконечнику, а семена – к задней лопасти, причем они разделяются на два потока и вносятся сдвоенными рядами с промежутком 15 см на глубину около 6 см. Удобрения заделываются на 3...5 см ниже, между рядами семян. Общий вес сошника составляет 9,2 кг.

1.8. Современные сеялки для посева зерновых культур

В настоящее время хозяйства используют пневматические сеялки СПУ-6, СПУ-4, СПУ-3, С-6, С-6Т производства Республики Беларусь, выпускаемые на предприятиях ПО «Лидагропромаш» и «Брестский электромеханический завод». Кроме того, находят применение зерно-туковые сеялки СЗ-5,4, выпускаемые заводами «Красная Звезда» (Украина), «Белинксельмаш» (Россия) и др.

Опыт использования сеялок типа СПУ показал, что на глинистых и тяжелых суглинистых почвах и засоренных полях они не всегда в полной мере обеспечивают агротехнические требования заделки семян по глубине. В связи с этим сеялки типа СПУ выпускаются в настоящее время с килевидными (СПУ-6(4;3)) и дисковыми (СПУ-6Д(4;3Д)) сошниками.

В Республике Беларусь на предприятии ОАО «Брестский электромеханический завод» производятся комбинированные агрегаты АПП-3, АПП-4,5, АПП-6 к тракторам «Беларус-800/820», «Беларус-221», «Беларус-1522», которые совмещают предпосевную обработку почвы с посевом и обеспечивают высокий технологический и экономический эффект.

Сеялки типа СЗ-5,4, укомплектованные дисковыми сошниками, могут хорошо работать как на отвальных, так и на мульчированных агрофонах, а также при минимальной подготовке почвы к посеву. Однако они имеют большую металлоемкость, более громоздкие, неравномерно заделывают семена по глубине, особенно по следам колес трактора, где разброс по глубине находится в пределах 0...10 см, и не обеспечивают уплотненное ложе для семян. При использовании киле-

видных и катковых сошников на хорошо выровненных почвах колебания составляют 0,6...1,1 см, данные сошники образуют уплотненное ложе для семян.

Зернутоковые сеялки типа СЗ-5,4 комплектуются разными сошниковыми группами (анкерными, килевидными, одно- и двухдисковыми, катковыми и др.) для различных почвенно-климатических зон. В зависимости от типа почв применяется та или другая сошниковая группа: на легких окультуренных, песчаных и супесчаных – килевидные и анкерные; на средних, тяжелых глинистых – дисковые. Кроме этого разные типы почв требуют неодинаковой предпосевной обработки. Наличие пожнивных, растительных остатков, а также камней влияет на качество подготовки почвы и не позволяет применять в любых условиях одну какую-либо сошниковую группу (табл. 1.7).

В УО БГСХА разработана однодисковая сошниковая группа с опорно-прикатывающими каточками к серийной зернутоковой сеялке СЗ-5,4, представленная на рис. 1.20, в которой устранены недостатки серийных сошников.

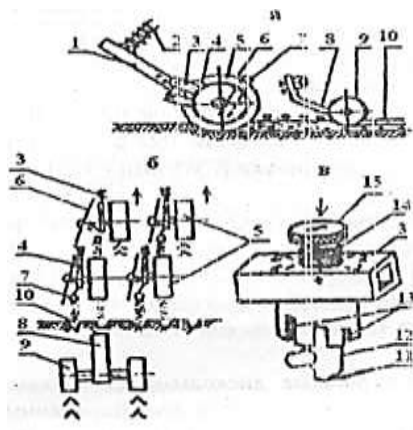


Рис. 1.20. Однодисковая сошниковая группа к сеялке СЗ-5,4: а, б – схема работы сошников; в – регулятор глубины: 1 – поводок; 2 – пружина; 3 – корпус сошника; 4 – регулятор; 5 – опорно-прикатывающий каточек; 6 – диск; 7 – направитель семян; 8 – пружинный поводок; 9 – прикатывающий каточек; 10 – семена; 11 – хвостовик; 12 – штифт; 13 – прорезь; 14 – пружина; 15 – головка-указатель

Таблица 1.7. Техническая характеристика машин для посева зерновых, зернобобовых и травяных культур

Показатели	Машины для посева зерновых, зернобобовых, трав и других культур									
	СПУ-6 (6Д)	СПУ-4 (4Д)	СПУ-3	С-6	СЗ-5,4	СПП- 3,6	СПУ- 6ЛЦ	СПУ-4Л	СПУ-3Л	«MegaSeed»
Агрегируется с тракторами класса	1,4; 2	1,4	0,6	1,4	1,4	1,4; 2	1,4; 2	1,4	1,4	3; 5
Рабочая скорость, км/ч	До 10	До 10	До 10	До 10	До 10	7,6–10	До 10	До 10	До 10	До 15
Количество рядков, шт.	48	32	24	48	36	24	96	64	48	24, 32, 36, 8
Ширина захвата, м	6,0	4,0	3,0	6,0	5,4	3,6	6,0	4,0	300	3, 4, 5, 6
Производительность за 1 ч, га/ч:										
эксплуатационного основного времени	5,4...6,0 3,5...5,5	3,6...4,0 2,3...3,1	2,7...3,0 1,8...2,3	5,4...6,0 3,3...3,9	4,7...5,0 2,8...3,9	2,7...3,6 1,7...2,3	1,5...3,6 –	2,0...4,0 1,0...2,6	1,5...3,0 0,8...2,0	3,0...8,0 –
Расход топлива, кг/га	3,2...5,1	3,6...4,8	3,6...4,8	2,7...4,3	3,4...4,3	5,8...7,0	3,3...4,8	3,7...5,0	3,8...5,2	7,0...10,0
Норма высева, кг/га	0,9...412	0,9...412	0,9...412	0,9...412	15...400	3...350	1...400	1...400	1...400	1...400
Вместимость бункера, л	1000	500	500	1000	1000	1000	100	500	500	1500, 1165
Междурядье, см	12,5	12,5	12,5	12,5	15	15	6,25	6,25	6,25	12,5

Наши исследования показали, что применение предлагаемой сошниковой группы (в сравнении с сеялками СЗ-5,4-04) позволяет: заделывать на 15 % больше высеваемых семян в сантиметровом почвенном слое заданной глубины; повысить полевую всхожесть семян и в связи с этим сократить на 10...15 % норму высева зерновых культур; уменьшить на 6 % тяговое сопротивление сеялки.

Преимущества сеялок СГГУ-6, СПУ-4, СПУ-3 – универсальность, меньшая металлоемкость, тяговое сопротивление и расход топлива на 1 га посева, простота конструкции, лучшая маневренность агрегата. Однако они более требовательны к подготовке почвы под посев, техническому обслуживанию. Сеялка не имеет устройства для внесения одновременно с посевом стартовой дозы минеральных удобрений. Почва для посева должна быть хорошо подготовленной: выровненной, мягкой, без камней, древесных остатков, кусков дернины, остатков соломы и трав. Уклон поля не должен превышать 15 %.

Пневматические сеялки типа СПУ имеют один или два бункера 7 (рис. 1.21), дозатор 8, пневматическую систему, включающую вентилятор 1, гофрированный семявоздухопровод 4 с распределительной головкой 5, семяпроводы 6, подающие семена к сошникам 11.

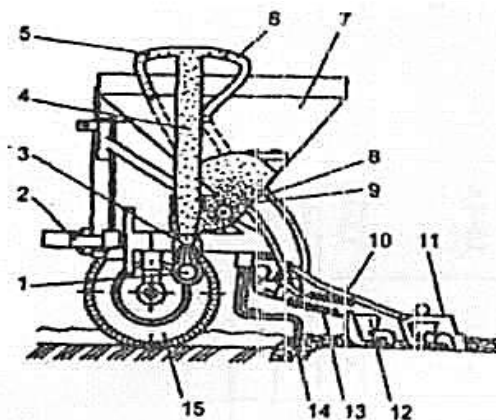


Рис. 1.21. Технологическая схема сеялки СПУ-6: 1 – вентилятор; 2 – рама; 3 – диффузор; 4 – вертикальный семявоздухопровод; 5 – распределительная головка; 6 – отдельный семявоздухопровод; 7 – бункер; 8 – катушка-дозатор; 9 – семена; 10 – семянаправитель; 11 – сошник; 12 – клапан; 13 – регулировочная пружина; 14 – рыхлитель колеи колес; 15 – опорно-приводное колесо

Вентилятор подачи воздушного потока приводится в движение от ВОМ клиновидным ремнем. Привод дозирующего устройства осуществляется от колеса сеялки. Рекомендуемая рабочая скорость посевного агрегата 2,2...3,0 м/с (8...11 км/ч).

Для создания безопасной работы трактора «Беларус-820» с сеялкой СПУ-6 используются специальные грузы для догрузки переднего моста трактора: 180 кг на одинарной рамке, 360 и 440 кг на удлиненной рамке (табл. 1.8).

Таблица 1.8. Коэффициенты устойчивости трактора «Беларус-820» при работе с сеялкой СПУ-6

Масса семян в бункере, кг	Масса сменных грузов на переднем мосту (без учета массы рамки), кг							
	180		360			440		
	Нагрузка на передний мост, кг	Коэф. устойчивости K_y	Нагрузка на задний мост, кг	Нагрузка на передний мост, кг	Коэф. устойчивости K_y	Нагрузка на задний мост, кг	Нагрузка на передний мост, кг	Коэф. устойчивости K_y
Без семян	980	0,25	4265	1170	0,30	4145	1370	0,35
200	855	0,22	4560	1075	0,27	4510	1205	0,31
400	–	–	4865	970	0,24	4850	1065	0,27
600	–	–	5180	855	0,21	5180	935	0,21
800	–	–	–	–	–	5490	825	0,21

Определение коэффициента устойчивости агрегата «Беларус-820» + СПУ-6 проводилось при различной степени загрузки семенного бункера сеялки. Установлено, что по критерию устойчивости (K_y) трактор «Беларус-820» с сеялкой СПУ-6, поднятой в транспортное положение при массе противовеса 440 кг, может агрегатироваться при максимальной загрузке бункера семенами массой 800 кг ($K_y = 0,21$ при допустимом 0,20).

При уменьшении массы противовеса (360 и 180 кг) нормативный коэффициент устойчивости достигается при максимальной массе семян в бункере соответственно 600 и 200 кг.

Максимальная длина катушки у сеялок типа СПУ составляет 110 мм. Задвижка перекрывает катушку, оставляя ее рабочую часть. Шкала на задвижке указывает длину рабочей части катушки. При малом высева катушка работает с рабочей длиной в пределах 25 мм. Для переключения нормального высева на малый необходимо выполнить три операции: уменьшить глубину желобков катушки, частоту ее вращения и скорость воздушного потока.

Для уменьшения глубины желобков катушки необходимо фиксатор из крайнего левого положения повернуть на 180° , втулку переместить до упора влево и застопорить ее фиксатором в прорези вала катушки.

При нормальном высева малая шестерня на приводном валу дозатора семян находится внутри большой. При таком положении шестерен можно высевать повышенные нормы в режиме малого высева. Для высева пониженных норм малую шестерню необходимо переместить влево и ввести ее в зацепление со свободной шестерней на валу катушки.

На выходе вентилятора имеется дроссельная заслонка. При нормальном высева она должна быть полностью открыта (переключатель находится в положении А). В противном случае система забьется семенами. Для предотвращения выдувания легковесных семян из бороздок при малом высева заслонку следует прикрыть (положение переключателя Z).

Пневматическая универсальная сеялка С-6 (рис. 1.22) включает раму, спицу, опорно-приводное и опорное колесо, бункер 5, дозаторы высеваящих аппаратов 3 и 4, эжектор 7, вентилятор 8 с механизмом привода, семявоздухопроводы 6 и 10, распределитель потока семян 9, сошники 11 и загортачи 12, сетку 13 и ворошилку 14. При движении агрегата по полю материал из бункера вращающимися катушками дозатора высеваящих аппаратов 3 и 4 подается в эжектор 7, подхватывается потоком воздуха, создаваемого вентилятором 8, и транспортируется по семяпроводам в распределитель семян 9, затем в сошники 11 и далее на дно бороздок.

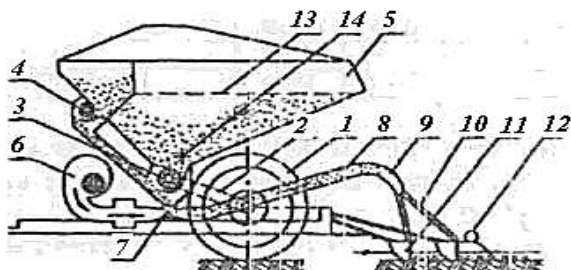


Рис. 1.22. Технологическая схема пневматической универсальной сеялки С-6: 1 – опорно-приводное колесо; 2 – цепная передача; 3, 4 – дозаторы высеваящих аппаратов; 5 – бункер; 6, 10 – семявоздухопроводы; 7 – эжектор; 8 – вентилятор; 9 – распределитель семян; 11 – сошник; 12 – пружинный загортач; 13 – сетка; 14 – ворошилка

Привод дозаторов осуществляется от приводного колеса сеялки цепной передачей, а вентилятора – от ВОМ трактора. Вождение сеялки осуществляется по следам маркера, закрепленного на тракторе.

Рабочая ширина захвата 6 м, производительность 6 га/ч при рабочей скорости посевного агрегата 12 км/ч, обслуживает сеялку тракторист. Комбинированные сеялки «MegaSeed» (рис. 1.23) имеют различную рабочую ширину захвата – 3; 4; 4,5; 6 м.



Рис. 1.23. Комбинированная сеялка «MegaSeed»

Междюльковое расстояние при посеве составляет 12,5 см. Сеялка может использоваться в зависимости от состава рабочих органов как для обычного посева по вспаханной почве, так и для мульчированного сева (бесплужная обработка почвы).

При этом посев производится в смесь из измельченных остатков растений и земли (поверхностная мульча), которая подготавливается благодаря предшествующей технологической обработке. На относительно легких почвах возможен процесс прямого посева «Direktsaat», т. е. без предварительной обработки почвы может производиться посев с использованием только рабочих органов комбинированной сеялки для мульчированного сева.

Сеялка «MegaSeed» в зависимости от имеющегося поверхностного слоя почвы может оснащаться по выбору: двухрядной диско-ножевой бороней; комбинацией борон с S-образными вибрационными зубьями, расположенными в два ряда; двухрядным зубчатым катком или двух-

рядными дисковыми мульчирующими рабочими органами для обработки почвы, которые комбинируются соответственно с зубчатым катком диаметром 660 мм, мульчирующим катком (640 мм) или обрезиненным катком (640 мм).

Рабочий процесс комбинированной сеялки «MegaSeed» протекает следующим образом.

В начале работы гидравлический рычаг управления сеялкой устанавливается в рабочее положение. Глубина хода рабочих органов в зависимости от высеваемой культуры и типа почвы устанавливается регулировочным механизмом относительно прикатывающих катков.

Прикатывающие катки отслеживают оптимальное уплотнение и равномерную заделку семян на заданную глубину посадки. Широкие гибкие эластичные шины предотвращают их утопание на легких почвах, а также налипание клеящихся почв. Вырезные дисковые сошники на шарикоподшипниках нарезают бороздки для посева семян, высокое давление на сошники (до 800 Н на сошник) обеспечивает устойчивую работу высевальных органов на повышенной и высокой рабочих скоростях и равномерную глубину заделки семян на различных почвах. При недостаточной несущей способности почвы нагрузку на сошники во время работы можно снизить. Идущий сзади пружинный загортач, благодаря изменению угла атаки, позволяет работать на участках с высоким содержанием остатков растений, при этом не забываясь. Сеялка с диско-ножевыми боронами и мульчирующими дисками рекомендуется для работы с интенсивным заделыванием растительных остатков в почву.

Электронно-механический привод высевальных катушек позволяет точно установить сеялку на заданную норму высева материала и благодаря специальному устройству исключает преждевременный высев семян до начала посева (при трогании с места).

В РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» на базе комбинированного почвообрабатывающего агрегата АКШ-3,6 разработан почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-3,0 (рис. 1.24).

Агрегат предназначен для предпосевной обработки почвы и посева зерновых, зернобобовых, крестоцветных культур и трав. Комплектуется сменными рабочими органами для использования как в отвальных, так и в безотвальных технологиях; агрегируется с тракторами «Беларус-820»; «Беларус-1005»; «Беларус-1025»; производительность за час основного времени 2,31...2,7 га/ч; рабочая скорость 3,0 км/ч; глубина обработки до 5,8 см; норма высева семян 400 кг/га; глубина заделки семян 1...5 см; масса 2200 кг.

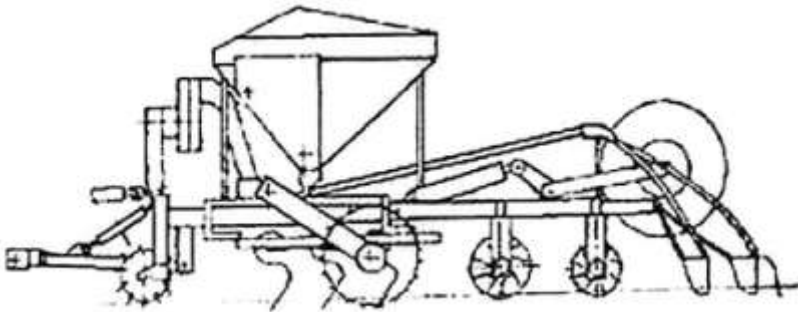


Рис. 1.24. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-3,0 (АПП-4,5; АПП-6)

За рубежом широко используются комбинированные агрегаты, одновременно выполняющие предварительную обработку почвы и посев зерновых культур с использованием тракторов на спаренных колесах, пневматических катков, различных рыхлящих и выравнивающих рабочих органов активного и пассивного действия.

Находят также применение и пахотно-посевные агрегаты на базе обычных и оборотных плугов.

1.9. Анализ исследования сошниковых групп комбинированных сеялок

Все комбинированные сеялки можно условно разделить на две группы. К первой относят те, на которых для заделки удобрений и семян установлены два различных типа сошников. Ко второй относятся сеялки с комбинированными сошниками, с помощью которых одновременно заделываются и семена, и удобрения.

Теоретические и практические исследования комбинированных сошников требуют индивидуального рассмотрения, однако за основу этих рабочих органов взяты известные модели, описанные в научной литературе.

Теоретическим вопросам изучения рабочего процесса сошников посвящены труды В. П. Горячкина, М. Н. Летошнева, А. Н. Карпенко, А. М. Семенова, Н. И. Пахаря и др.

Наиболее универсальными являются двухдисковые сошники, которые находили применение еще в конце XIX в. [51]. Основными пре-

имуществами этих сошников являются небольшое тяговое сопротивление, а также обеспечение надежной проходимости на отвальных агрофонах.

Применяемые на отечественных и зарубежных сеялках анкерные и килевидные сошники имеют более простую конструкцию, меньшую массу, ремонт их несложен по сравнению с двухдисковыми, но эти сошники не приспособлены для работы на влажных и засоренных растительными остатками почвах.

Некоторые преимущества перед двухдисковыми сошниками имеют однодисковые. Улучшается критерий равномерности глубины хода, уменьшается тяговое сопротивление и необходимое усилие заглабления.

Большинство комбинированных сеялок зарубежных стран оборудовано двумя типами сошников (для заделки семян и удобрений). Для туковых сошников обычно используется S-образная стойка с наконечником (рис. 1.25).

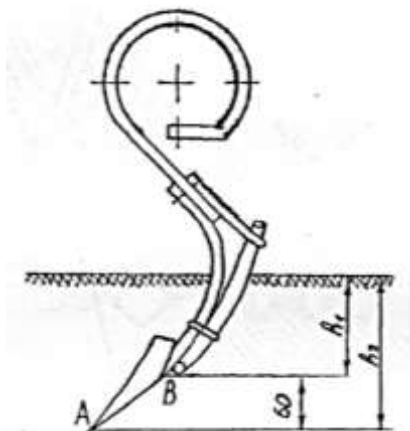


Рис. 1.25. Туковый сошник финской сеялки «Юкко»

Острый угол вхождения в почву предопределяет низкие показатели устойчивости хода рабочего органа по глубине. Имеющийся косой срез по линии AB способствует тому, что удобрения одновременно укладываются и заделываются.

Это приводит к частичному перемешиванию туков с почвой в ленте, ширина которой равна ширине сошника, на глубине от h_2 до h_1 .

Форма среза AB , состояние почвы и удобрений, режим работы машины влияют на степень перемешивания. Чем меньше удобрения ударяются о стенки сошника, тем кучнее они укладываются в бороздки.

В результате степень перемешивания удобрений с почвой по длине рядка оказывается неодинаковой. Отрицательным моментом использования сошника с острым углом вхождения в почву является то, что он не уплотняет дно бороздки, и поэтому ленты удобрений укладываются на почву различной плотности.

Создаются неодинаковые условия для использования удобрений растениями на различных участках рядка, что вызывает пестроту при развитии посевов.

Одной из основных задач предпосевной обработки почвы является создание выровненного уплотненного ложа на глубине посева семян, что способствует подтягиванию влаги, обеспечивает контакт семян с влажными слоями почвы, создает хорошие условия для получения дружных и равномерных всходов.

Нарушения при создании уплотненного ложа ведут к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, так как создаются различные условия для укладки и прорастания семян, растения не выравнены в рядке, отстают в росте. Это может произойти при локальном внутрпочвенном внесении основной дозы удобрений. При движении туковых сошников в почве образуется зона деформации, которая частично разрушает подготовленное плотное ложе для семян. На рис. 1.26 приведена схема деформации почвы и укладки туков при различных способах локального внесения удобрений.

Анализ схемы показывает, что при допосевном локальном внесении удобрений зерновые сошники, укладывающие семена в перпендикулярном или диагональном направлении по отношению к лентам удобрений, проходят как через зоны с уплотненным ложем, так и через разрыхленные участки, что приводит к отрицательным результатам.

При совмещении внесения удобрений с предпосевной глубокой культивацией последующие обработки уплотняют ложе по всей площади, но это не решает проблемы точного размещения рядков семян относительно рядков туков.

При внесении удобрений одновременно с посевом семена укладываются на уплотненное ложе, а удобрения – в каждое междурядье или через одно, если учитывается условие, рассмотренное Б. А. Нефедовым [16, 17].

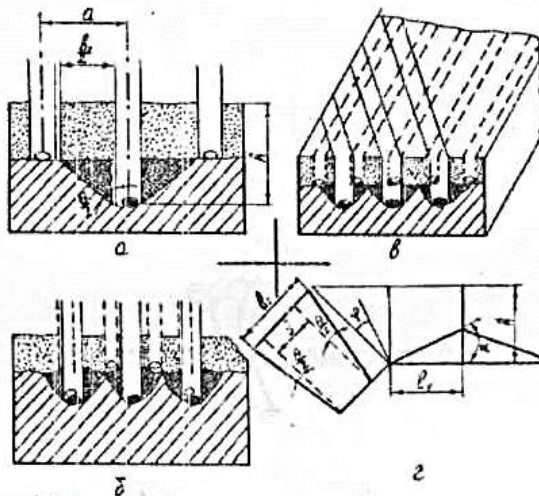


Рис. 1.26. Схема деформации почвы и укладки туков при различных способах локального внесения удобрений: *a* – одновременно с посевом; *б* – допосевное внесение; *в* – одновременно с культивацией почвы; *г* – деформация почвы при проходе тукозаделывающих рабочих органов

Зона деформации почвы, образуемая различными тукозаделывающими рабочими органами, определяется тремя плоскостями, одна из которых расположена под углом φ к перпендикуляру, проведенному через носок рабочего органа, а две другие – под углом $\theta/2$ к вертикальным плоскостям, ограничивающим захват рабочего органа (рис. 1.27).

Тогда

$$b_3 = b + \frac{2htg\left(\frac{\theta}{2}\right)}{\cos \varphi + \alpha}, \quad (1.1)$$

где b_3 – ширина зоны деформации, см;

b – ширина захвата рабочего органа, см;

h – глубина внесения удобрений, см;

θ, φ, α – углы скалывания почвы, трения почвы о металл и наклона груди лапы, град.

По данным финской фирмы «WARTSILA», из условия распространения зоны деформации при воздействии на нее тукозадельвающих рабочих органов расстояние a между осями двух соседних сошников должно быть больше половины ширины зоны деформации: $a > b_3 / 2$. Угол скалывания почвы $\theta / 2$, образуемый при проходе туковых сошников, составляет $42...45^\circ$ при ширине захвата рабочих органов, превышающей 20 мм. Тогда ширина междурядья определяется следующим образом:

$$M = h \operatorname{tg} \theta / 2.$$

Анализ значений технологических агрономических параметров посева зерновых (глубина заделки 2...8 см, ширина междурядья 7,5...15 см) с одновременным локальным внесением минеральных удобрений (глубина внесения 8...15 см, ширина междурядья 15...30 см) показывает, что ширина захвата машин должна варьироваться в широких пределах. Необходимость выбора ширины захвата сеялки с комбинированными сошниками в зависимости от агрономических параметров посева с внесением удобрения и тягового усилия трактора объясняется тем, что комбинированные рабочие органы, осуществляющие технологический процесс в соответствии с указанными параметрами, обуславливают тяговое сопротивление машин, на которое влияет глубина хода и число рабочих органов.

В общем виде тяговое сопротивление сеялки ($P_{\text{маш}}$) с комбинированными сошниками складывается из сопротивления на перекатывание ее и перемещение в почве рабочих органов [57]:

$$P_{\text{маш}} = Q + mg f + q_i \left(\frac{B_p}{K} + 1 \right), \quad (1.2)$$

где Q , m – грузоподъемность и масса машины, т;

f – коэффициент сопротивления перекатыванию;

q_i – тяговое сопротивление комбинированного сошника, Н;

B_p – ширина захвата машины, м;

K – ширина междурядья, см;

$\frac{B_p}{K} + 1$ – число рабочих органов, шт.

Тяговое усилие трактора P_T на рабочей передаче должно быть на 10...15 % больше, чем рассчитанное по формуле сопротивление машины, т. е. $P_{\text{тр}} = (0,85...0,9)P_{\text{маш}}$.

Если при разработке исходных требований на машину задается B_p или Q , то из формулы (1.2) получим при $Q = \text{const}$:

$$B_p = \left(\frac{0,85 \dots 0,9 P_{\text{тр}} - Q + mg f}{q_i} - 1 \right) K. \quad (1.3)$$

Анализ формул показывает, что тяговое сопротивление и ширина захвата сеялки будет зависеть от ширины междурядья и, следовательно, от числа сошников, если одинаковыми будут масса и грузоподъемность.

Сопротивление сеялки с двумя различными типами сошников (для семян и удобрений) определяется по формуле

$$P_{\text{маш}} = Q + mg f + q_1 \left(\frac{B_p}{K_1} + 1 \right) + q_2 \left(\frac{B_p}{K_2} + 1 \right), \quad (1.4)$$

где q_1 и q_2 – тяговые сопротивления семенного и тукового сошников, Н;
 K_1 и K_2 – ширина семенного и тукового междурядья, см.

Сравнивая формулы, можно утверждать, что при применении известных типов заделывающих рабочих органов тяговое сопротивление сеялки с комбинированными сошниками будет меньше, чем сеялки с двумя видами сошников, при условии равенства ширины захвата и грузоподъемности.

1.10. Результаты испытаний комбинированных зернотуковых сеялок

В 1982 г. на центральной МИС Российской Федерации проводились испытания зерновых комбинированных сеялок «TUME», «WARTSILA», «JUKO» и СЗК-3,6.

Анализ опытных данных позволяет сделать выводы, которые изложены ниже.

1. Лучшая равномерность глубины заделки семян отмечена у сеялок «JUKO-400» и «WARTSILA», которая составляет 89 %. У СЗК-3,6 этот показатель равен 52 %. При повышении скорости движения агрегатов у сеялки «TUME» он практически не меняется, а у остальных сеялок выравнивается и находится в пределах 56...66 %. Кроме того, повышение скорости влечет за собой самовыглубление сошников, особенно это заметно у сеялки «WARTSILA-400». Это можно объяснить тем, что данная сеялка имеет индивидуальную подвеску сошников

со сравнительно нежесткой пружиной, что не допускается агротребованиями.

2. Неравномерность глубины внесения удобрений колеблется от 41,4 % у сеялки «WARTSILA» до 10,4 % у сеялки «TUME». Все перечисленные сеялки распределяют удобрения посередине каждого второго семенного междурядья, т. е. для СЗК-3,6 – через 30 см, для финских сеялок – через 25 см. Ширина лент удобрений у СЗК-3,6 составляет 20...25 мм, у финских – около 40 мм, ширина рядков семян – 20 мм у СЗК-3,6, 25 мм у «JUKO» и «WARTSILA», 75 мм у «TUME».

Основные достоинства финских сеялок следующие:

1) отсутствие коррозии деталей высевających аппаратов (выполнены из пластмассы);

2) легкость и точность установки сеялок на заданную норму высева (наличие механизма для прокручивания высевających аппаратов без поднятия сеялки, откидывающиеся лотки под высевającими аппаратами);

3) быстрая и удобная очистка бункера от семян при переходе на посев с одной культуры на другую (наличие съемных лотков под высевającими аппаратами);

4) возможность постоянного контроля установленной нормы высева, учета засеянной площади (установка счетчика);

5) облегчение труда при ручной загрузке семян и удобрений (небольшая высота сеялок в рабочем положении);

6) предварительная установка заданной глубины заделки семян (наличие шкалы в механизме регулировки);

7) большое количество передаточных чисел на привод вала зерновых аппаратов (установка трехступенчатого редуктора);

8) повышенная точность установки заданной нормы высева (перемещение катушек высевających аппаратов по всей длине производится одним рычагом).

Основными недостатками комбинированных сеялок являются следующие:

1) в условиях повышенной влажности сошники сеялок «JUKO» и «WARTSILA» склонны к забиванию;

2) на полях с большим количеством пожнивных остатков неудовлетворительные результаты дает работа сошниковой группы;

3) отрицательное влияние на работу сошников (самовыглубление) оказывает увеличение твердости почвы или скорости движения агрегата;

4) недостаточное качество заделки семян обеспечивают загорчачи финских сеялок.

Анализ рассматриваемой технологии посева зерновых культур показывает, что на урожайность оказывают влияние нормы высева семян и удобрений, глубина и равномерность их внесения в почву, конструктивное исполнение сеялки, т. е. ее материалоемкость и конструкция ходовой части. В то же время указанные параметры влияют на тяговое сопротивление сеялки. Кроме того, тяговое сопротивление зависит от размеров технологических емкостей для семян и удобрений, которые обусловлены нормой высева соответствующего материала. Эксплуатационные параметры посевного агрегата (рабочая скорость, ширина захвата, часовой расход топлива) ограничиваются тяговым сопротивлением сеялки. Производительность посевного агрегата зависит от рабочей скорости движения, ширины захвата, длины гона, размеров, заправочных емкостей, производительности загрузчиков. В результате экономическая эффективность определяется урожайностью возделываемой культуры, сменной производительностью агрегата, расходом топлива, материалоемкостью сеялки, затратами труда.

Для определения производительности ($W_{см}$) используется следующая формула:

$$W_{см} = 0,1B_p v_p T_{см} \tau_{см}, \quad (1.5)$$

где B_p – рабочая ширина захвата, м;

v_p – рабочая скорость движения, км/ч;

$T_{см}$ – время смены, ч;

$\tau_{см}$ – коэффициент использования времени смены.

В этой формуле особый интерес для предлагаемой технологии представляет коэффициент использования времени смены ($\tau_{см}$). В отличие от традиционного способа посева он будет уменьшаться, так как увеличивается время на загрузку бункеров семенами и удобрениями. Согласно рекомендациям можно записать:

$$T_{зс} = t_1 + m\eta_1 \left(\frac{E_c \gamma_c}{Q_3^1} \right); \quad (1.6)$$

$$T_{зы} = t_1 + m\eta_2 \left(\frac{E_y \gamma_y}{KQ_3^2} \right), \quad (1.7)$$

где $T_{зс}$ и $T_{зы}$ – время загрузки сеялки семенами и удобрениями, ч;

t_1 – подготовительное время загрузки (подъезд заправщика, маневр и т. д.), ч;

n – количество сеялок в агрегате, шт.;

η_1 и η_2 – коэффициенты использования объема бункеров;

E_c и E_v – вместимости бункеров для семян и удобрений, т;

Q_3^1 и Q_3^2 – производительность загрузчика при погрузке семян и удобрений, т/ч;

K – соотношение площадей, засеваемых семенами и удобрениями одной заправкой, выражаемое формулой $K = \frac{E_y \gamma_y H_c}{E_c \gamma_c H_y}$ (H_c и

H_y – нормы внесения семян и удобрений).

Подставив в выражение (1.7) соотношение площадей, заделываемых семенами и удобрениями одной заправкой, и приняв $K = \frac{H_y}{H_c}$, получим:

$$T_{зy} = t_1 + m\eta_2 \left(\frac{KE_c \gamma_c}{Q_3^2} \right). \quad (1.8)$$

В практике норма высева семян зерновых культур изменяется незначительно, а доза локально вносимых туков может колебаться в широких пределах, в зависимости от агрохимического состояния почвы.

В результате анализа баланса времени смены обнаружено увеличение затрат времени на загрузку сеялки удобрениями и организационно-техническое обслуживание по сравнению с традиционными способами посева.

Для финских сеялок «TUME», «WARTSILA», «JUKO» коэффициент использования времени смены $\tau_{см}$ составил соответственно 0,57, 0,51, 0,53, а для СЗК-3,6 – 0,48.

1.11. Уплотнение почвы при заделке семян зерновых культур

В соответствии с требованиями агротехники сева зерновых культур семена должны высеиваться на плотное ложе ($1,2...1,3 \cdot 10^3$ кг/м³), вдавливаясь в дно бороздки и закрываться рыхлым слоем.

Для создания заданной плотности почвы сошниковыми группами нами предложены схемы расстановки опорно-прикатывающих каточков таким образом, чтобы прикатывание осуществлялось по рядкам

или лентам высеваемых семян с одновременной фиксацией глубины хода рабочего органа.

Теоретический анализ работы катков с точки зрения изучения влияния их на плотность почвы является чрезвычайно сложным. Разными авторами предлагаются самые различные зависимости между напряжениями и деформациями почв.

В основе теории смятия почв рабочими органами почвообрабатывающих машин лежит диаграмма смятия почвы штампом. Наиболее распространенной зависимостью между давлением P на штамп и осадкой h штампа является линейная зависимость.

Линейная зависимость выгодно отличается от других тем, что математические расчеты, основанные на ней, сравнительно просты и доводятся до аналитического решения. Недостатком ее является то, что она справедлива лишь при малых деформациях.

В связи с тем, что опорно-прикатывающие каточки сравнительно легки, не производят сильного давления на почву и не приводят к образованию глубоких бороздок, будем далее пользоваться именно линейной связью между давлением и деформацией.

Рассмотрим вертикальный столбик почвы с площадью поперечного сечения в 1 см^2 (рис. 1.27).

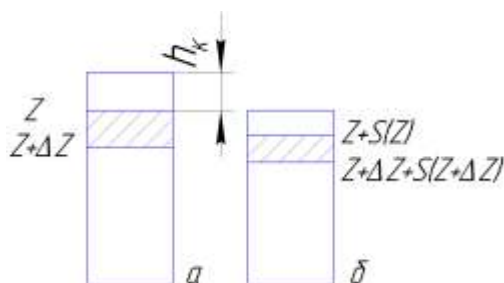


Рис. 1.27. К расчету плотности почвы после прохода опорно-прикатывающего каточка: a – столбик почвы до прохода каточка; b – столбик почвы после прохода каточка

Тогда масса почвы между сечениями Z и $Z + \Delta Z$ по вертикали будет равна: $\Delta m = \rho_0 \Delta t$, где ρ_0 – объемная масса почвы до прохода каточка.

После прохода каточка сечение Z переместится в $Z + S(z)$, а сечение $Z + \Delta Z$ – в $Z + \Delta Z + S(Z + \Delta Z)$.

Здесь $S(z)$ – величина смещения (деформации), пропорциональная напряжению. Из закона сохранения массы $\rho_0 \Delta Z = \rho_z (\Delta Z + \Delta S)$ с учетом пропорциональности величины $S(z)$ напряжению получаем:

$$\rho_z = \frac{\rho_0}{l - \frac{h_k l_0 B_k}{l_0 + Z} \frac{2Z + B + l_0}{B_k + Z}}, \quad (1.9)$$

где h_k – глубина колеи, м;

l_0 – длина дуги сопряжения катка с почвой, м;

B_k – ширина катка, м.

Формула получена с использованием известной зависимости напряжения от глубины хода опорно-прикатывающего катка.

Графически эта зависимость изображена на рис. 1.28.

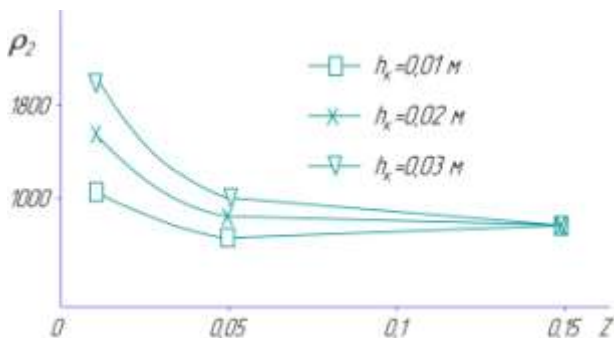


Рис. 1.28. Зависимость плотности почвы от глубины после прохождения прикатывающего каточка ($D_k = 0,2$ м; $B_k = 0,1$ м; $\rho_0 = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³)

Наибольший интерес для агротехники представляет плотность в верхнем слое почвы (по дну бороздки), т. е. при $Z = 0$:

$$\rho_0 = \frac{\rho_0 l_0 B_k}{l_0 B_k - h_k l_0 + B_k}. \quad (1.10)$$

По формуле (1.10) можно определить плотность почвы после прохода каточка через начальную плотность ρ_{00} , ширину каточка B_k , глубину колеи h_k и длину дуги l_0 . Казалось бы, что в нее обязаны входить нагрузка и характеристика деформируемости почвы. Эти величины и

входят в формулу, только не явно, а через глубину колеи. Именно она комплексно характеризует нагрузку и сжимаемость почвы. Выражение для глубины колеи h_k известно из литературных источников.

В реальных условиях значение ρ_0 варьируется. Для каждого значения ρ_0 невозможно изменять значения конструктивных параметров D_k и B_k . Поэтому желательно выбрать такие значения B_k и D_k , при которых значение ρ_0 будет близко к заданному при разных значениях ρ_{po} .

Тогда получим:

$$\rho_0 = \frac{\rho_0}{1 - \frac{1}{D_k} \sqrt[3]{\frac{3GD_k}{2KB_k} \left(1 + \frac{1}{B} \sqrt{\frac{3GD_k}{2KB_k}} \right)}}. \quad (1.11)$$

Формула (1.11) непосредственно выражает плотность (после прохода каточка) через конструктивные параметры $D_k = 2R$, B_k через нагрузку G и коэффициент объемного смятия K .

Заметим, что приближенная замена дуги на хорду имеет погрешность, которая растет вместе с h_k .

При $h_k = 0$ формула точная, при $h_k = 0,5$ ошибка составляет 5 %, и только в предельном случае при $h_k = R$ ошибка будет составлять 10 %.

Агротехнические требования к каточку сводятся к созданию определенной плотности почвы на глубине заделки семян. Таким образом, $\rho_{(0)}$ задается, а ρ_0 известно. Используя уравнение (1.11), можно выразить диаметр каточка через остальные величины.

Задавая отношение $\frac{\rho_0}{\rho_0}$, можно рассчитать диаметр каточка для

различных значений его ширины B_k , усилия G , а также отношения

$$A = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_0}.$$

На рис. 1.29 приведены графики зависимости D_k и B_k от заданной нагрузки G и отношения $A = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_0}$.

Из графиков видно, что наиболее рациональными параметрами каточка, обеспечивающими агротехнически необходимую плотность почвы при имеющейся нагрузке G и отношении $A = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_0}$, являются следующие:

$B_k = 0,10 \dots 0,12$ м; $D_k = 0,15 \dots 0,20$ м.

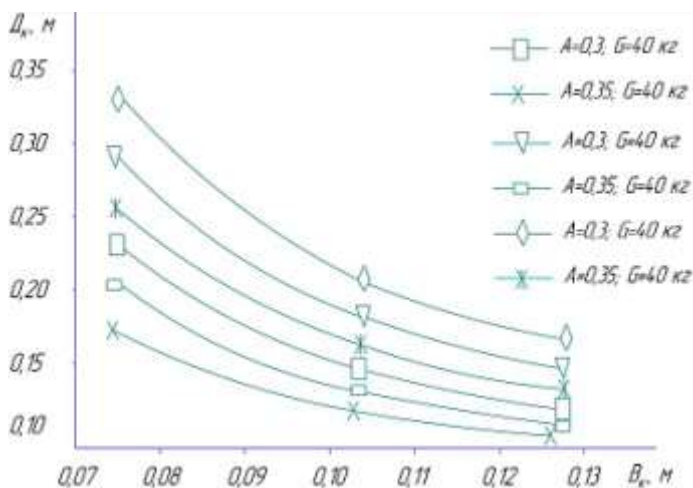


Рис. 1.29. Подбор конструктивных параметров D_k и B_k прикатывающего каточка при изменении нагрузки G и отношения A

Для проверки поисковых исследований, теоретических предположений был проведен четырехфакторный эксперимент по насыщенному плану Рехтшафнера с целью изучения влияния скорости V , глубины хода дисков h_d , диаметра рабочих дисков D_d и расстояния в точке их схождения a на ширину ленты B , глубину заделки $t_{зс}$, полевую всхожесть P_v с прикатыванием или без прикатывания по ленте высевных семян.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены двухдисковые сошники трех типоразмеров по дискам (0,30; 0,35; 0,40 м), распределительные пластины из различного материала (сталь, плотная резина, комбинированные) с каточками и без них.

Для анализа эффективности влияния прикатывания по ленте высевных семян и создания агротехнически рекомендуемого уплотненного слоя почвы на глубине их заделки при различных значениях конструктивных и технологических параметров дисков и каточков были получены функции отклика для глубины заделки семян с прикатыванием $t_{(зс)сп}$ и без прикатывания $t_{(зс)бп}$, полевой всхожести семян $P_{(в)сп}$ и $P_{(в)бп}$, ширины ленты $B_{сп}$ и $B_{бп}$.

$$t_{\text{зс сн}} = -0,0188 + 1,55h_{\text{д}} - 6,38h_{\text{д}}^2 - 0,0037VД_{\text{д}} - 6,3h_{\text{д}}a; \quad (1.12)$$

$$t_{\text{зс бн}} = -0,0051 + 1,135h_{\text{д}} - 6,47h_{\text{д}}^2 - 0,003VД_{\text{д}} - 7,81h_{\text{д}}a; \quad (1.13)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{в сн}} = & -368,6 - 3989,5h_{\text{д}} + 4787,9Д_{\text{д}} - 2171,0a - 3,2V^2 + \\ & + 1947,1h_{\text{д}}^2 - 6854,6Д_{\text{д}}^2 + 170393,8a^2 + 77,1Vh_{\text{д}} + 40,3VД_{\text{д}}; \end{aligned} \quad (1.14)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{в бн}} = & -378,3 - 29,7V - 3280,6h_{\text{д}} + 4914,6Д_{\text{д}} - 2516,4a + \\ & + 13511,1h_{\text{д}}^2 - 7094,6Д_{\text{д}}^2 + 16194,0a^2 + 111,0Vh_{\text{д}} + 64,9VД_{\text{д}} + \\ & + 188,9Va; \end{aligned} \quad (1.15)$$

$$\begin{aligned} B_{\text{сн}} = & -0,16 + 1,07Д_{\text{д}} - 0,0007V^2 + 3,04h_{\text{д}}^2 - 1,12Д_{\text{д}}^2 - 18,56a^2 - \\ & - 0,0027Vh_{\text{д}} - 0,036Va - 1,012h_{\text{д}}Д_{\text{д}} - 3,99h_{\text{д}}a + 2,75Д_{\text{д}}a; \end{aligned} \quad (1.16)$$

$$\begin{aligned} B_{\text{бн}} = & 0,019 - 0,0064V + 0,278Д_{\text{д}} + 0,0015V^2 + 1,86h_{\text{д}}^2 - 27,86a^2 - \\ & - 0,786h_{\text{д}}Д_{\text{д}} - 1,5h_{\text{д}}a + 2,78Д_{\text{д}}a. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Анализ уравнений регрессии (1.14)–(1.16) и данных $\Pi_{\text{в}}$, $t_{\text{зс}}$, отраженных на графиках, представленных на рис. 1.30, показывает, что глубина заделки семян $t_{\text{зс(сн)}}$ ближе к глубине хода $h_{\text{д}}$ рабочих дисков у сошника с опорно-прикатывающим катком.

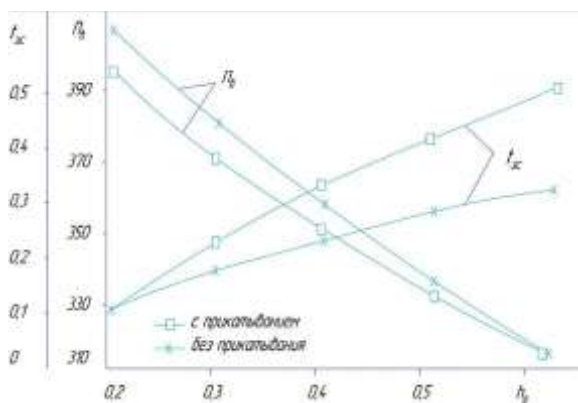


Рис. 1.30. Графики зависимости глубины заделки $t_{\text{зс}}$ и полевой всхожести семян $\Pi_{\text{в}}$ с прикатыванием и без прикатывания от глубины хода $h_{\text{д}}$ рабочих дисков сошника для ленточного высева зерновых культур

При глубине хода рабочих дисков, равного 0,05...0,06 м, разница в глубине заделки семян с прикатыванием и без прикатывания составляет 15...20 мм. Полевая всхожесть семян с прикатыванием по ленте также имеет большие значения по сравнению с агротехнически рекомендуемой в условиях Республики Беларусь (0,02...0,04 м).

Таким образом, по результатам поисковых, теоретических, экспериментальных исследований, а также исходя из компоновочных решений двухдискового сошника с распределительной пластиной для ленточного высева зерновых культур рекомендуются следующие его технологические и конструктивные параметры: скорость движения $V = 2,5...3,0$ м/с; глубина заделки семян $h_c = 0,02...0,04$ м; плотность почвы $\rho_{(0)} = 1,2...1,3 \cdot 10^3$ кг/м³; ширина ленты семян $B = 0,06...0,09$ м; длина верхней пластины распределителя $L_{в. пл} = 0,17$ м, длина нижней пластины распределителя $L_{н. пл} = 0,17...0,20$ м; диаметр дисков $D_d = 0,35$ м; диаметр опорно-прикатывающего катка $D_k = 0,20$ м; ширина опорно-прикатывающего катка $B_k = 0,10$ м; расстояние между центрами сошника и опорно-прикатывающего катка $l_{м.ц} = 0,30...0,35$ м; расстояние в точке схождения дисков $a = 0,01$ м.

В условиях Республики Беларусь для зерновых культур требуется средняя глубина заделки семян в диапазоне от 2 до 5 см. Чем выше влажность почвы, тем меньше должна быть установлена на высевающем агрегате средняя глубина заделки семян. Для получения высокой полевой всхожести семян должно быть по возможности меньшим стандартное отклонение глубины заделывания семян относительно среднего значения глубины высева (рис. 1.31).

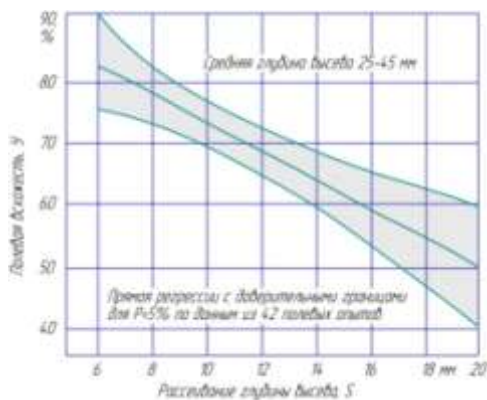


Рис. 1.31. Полевая всхожесть и рассеивание глубины высева

1.12. Анализ и исследование основных типов современных сошников для посева зерновых культур

Основная цель посева заключается в обеспечении оптимальных условий прорастания семян и в дальнейшем развития растений, которые в основном зависят от оптимального сочетания трех факторов: водного, воздушного и теплового. Известно, что лучшее сочетание данных факторов отмечается, когда семена равномерно распределены по площади поля на заданную (оптимальную) глубину. При этом они должны быть уложены на плотный слой почвы и прикрыты рыхлым слоем почвы мелкокомковатой структуры. Несоблюдение любого из этих требований ведет к снижению урожайности [20].

Сошник должен удовлетворять следующим требованиям: открывать бороздки одинаково заданной глубины; не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги; уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы; не нарушать равномерность потока семян. На существующих сеялках и посевных агрегатах в настоящее время применяются различные сошники, от правильного выбора и применения которых во многом зависит судьба урожая [20].

На сегодняшний день производители сельскохозяйственных машин предлагают целый ряд сошников различного типа, из которого можно выделить шесть основных видов: долотовидный, килевидный, анкерный, двухдисковый, однодисковый и анкерно-дисковый.

Долотовидные сошники (рис. 1.32) рыхлят даже сухую, твердую почву и справляются с толстыми мульчирующими слоями. Кроме посева ими не производится никакой другой обработки почвы. Сошник выполнен подобно лапе культиватора и работает при помощи своего нижнего зацепления на установленной глубине. Техника позволяет использовать высокие рабочие скорости и является хорошей альтернативой для больших площадей.

На первый взгляд, такие сошники имеют лишь положительные стороны: очень хорошую пригодность для посева по мульче, высокую производительность, возможность прямого посева и простую конструкцию. Но у них существует и ряд недостатков: при посеве по мульче необходима предварительная обработка культиватором, при использовании машин с рамной конструкцией поверхность поля должна быть хорошо выровнена.



Рис. 1.32. Долотовидный сошник

Обычно анкерные сошники (рис. 1.33) при влажных условиях сглаживают основание посевной бороздки, а иногда и ее стенки, что негативно влияет на развитие корневой системы проростка, особенно при высыхании почвы и образовании корки. Разрывное действие сошника сопровождается образованием вдоль посевной бороздки полосок рыхлой почвы, которую используют для заделки семян. Характер и количество рыхлой почвы зависят от влажности и скорости движения. Часто на тяжелых глинистых почвах невозможно получить рыхлую субстанцию для закрытия посевной бороздки. Иногда за несколько часов сухой погоды края посевной бороздки становятся ломкими и осыпаются вниз под действием загортачей, обеспечивающих заделку семян. Качество покрытия высеянных семян рыхлой почвой после прохождения анкерного сошника целиком зависит от времени, что очень неудобно.



Рис. 1.33. Анкерный сошник

Проблемой при использовании анкерных сошников является их быстрая изнашиваемость. В течение срока службы они постоянно видоизменяются, что затрудняет анализ зависимости формы посевной бороздки от формы сошника.

Сошники данного типа удобны тем, что качество их работы меньше зависит от скорости движения и они не затягивают в посевную бороздку растительные остатки. Это является плюсом для прохождения сеялки, но минусом с точки зрения создания микроклимата.

Главным недостатком анкерных сошников является высокий уровень износа и слабая способность к управлению растительными остатками.

При выборе посевных машин возникает вопрос: какой сошник предпочесть?

Тенденции и предпочтения говорят сегодня сами за себя: анкерные сошники выходят из моды, а долотовидные используются только при определенных условиях. Все больше аграриев предпочитают приобретать сеялки с одно- или двухдисковыми сошниками. На сегодняшний день около 85 % всех посевных агрегатов производители сельхозмашин поставляют с вышеуказанными рабочими органами. Связано это с тем, что важным пунктом для производителей является предложение рынку разнообразного оборудования. При этом не имеет особого значения, применяет ли хозяйство безотвальную обработку почв или же предпочитает вспашку плугом. Производители сельхозмашин хотят быстро и эффективно реагировать на предпочтения и спрос потребителей на посевную технику.

На территории Республики Беларусь используются пневматические универсальные сеялки типа СПУ-3, СПУ-4, СПУ-6 и их модификации с килевидными и дисковыми сошниками. Они предназначены для посева практически всех зерновых, зернобобовых, травяных культур и льна.

На территории Российской Федерации и Украины выпускаются различные механические зерновые сеялки: СЗ-3,6; СЗТ-3,6; СРН-3,6; СЛТ-3,6; СЗП-3,6; СЗ-3,6А; СЗ-3,6А-01-07; СЗ-5,4,01-07, на которых устанавливаются однострочные однодисковые и одно- и двухстрочные двухдисковые сошники.

Двухдисковый сошник (рис. 1.34) предназначен для посева зерновых культур на черноземах, суглинистых и других почвах, близких к ним по своим физико-механическим свойствам.

Конструкция сошника позволяет уложить семена с туками на заданную глубину посева. Глубина заделки семян составляет 30...80 мм.

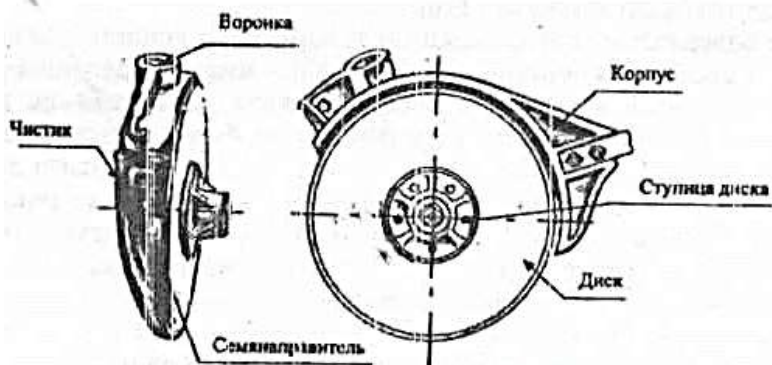


Рис. 1.34. Двухдисковый сошник с углом атаки дисков 9°

Недостатком этих двухдисковых сошников является высокая неравномерность заделки семян по глубине. На это могут влиять следующие причины: захват семян вращающимися дисками с выбросом их за пределы сошника в верхние слои почвы; захват семян почвой, отбрасываемой сошниками; осыпание бороздки, в результате чего семена, отраженные от дна борозды, попадают в более верхние слои почвы; сошник не обеспечивает достаточного уплотнения дна борозды и имеет высокую металлоемкость; диски сошников имеют угол атаки 9° , что вызывает с увеличением скорости движения отброс почвы, повышенное тяговое сопротивление, а также высокую гребнистость поверхности почвы.

Двухдисковый сошник (рис. 1.35) предназначен для узкорядного посева зерновых (ширина междурядий 75 мм). Глубина заделки семян 30...80 мм. Этот сошник более равномерно распределяет семена по площади поля.

Выпускаются также широкополосные сошники, производящие заделку семян полосой 75 см. Этими сошниками комплектуются сеялки СЗ-3,6А-04; СЗ-5,4-04.

Недостатком узкорядных и широкополосных дисковых сошников является наличие угла атаки равного 18° , что приводит к повышенно-

му отбросу почвы и увеличению тягового сопротивления. Кроме того, корпус, выполненный из чугуна, значительно увеличивает их массу.

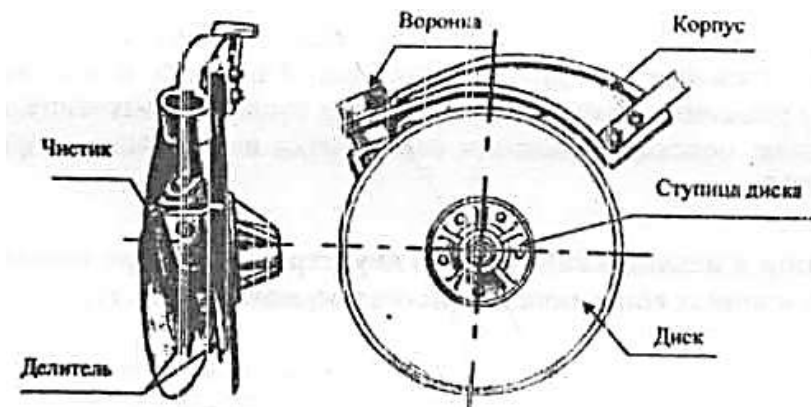


Рис. 1.35. Двухдисковый сошник с углом атаки дисков 18°

В Республике Беларусь разработаны однодисковые сошники нового поколения, защищенные патентами на изобретения.

Так, в ОАО «Брестский электромеханический завод» создан оригинальный сошник (патент ВУ 3512 U2007.04.30) с вырезным диском, который способен при высеве семян зерновых, зернобобовых культур, трав и других сельскохозяйственных культур, аналогичных им по размерам, норме высева и глубине заделки, независимо от физико-механических и (или) технологических свойств почв обеспечивать по всей длине борозды одинаковую глубину с равномерно уплотненным дном (рис. 1.36).

При этом сошник обеспечивает рядовой высев семян в уплотненном ложе и имеет большую долговечность [29]. Однако результатов испытаний этого сошника на Белорусской МИС с положительным решением не имеется.

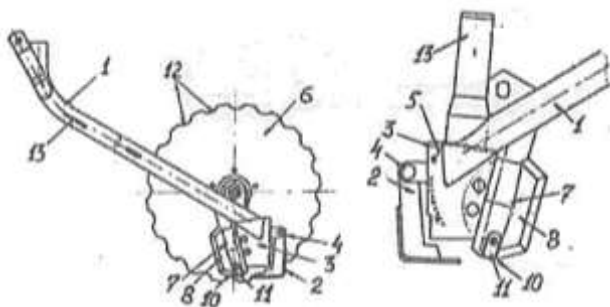


Рис. 1.36. Однодисковый сошник с вырезным диском: 1 – семяпровод; 2 – клапан; 3 – корпус; 4 – шарнирное соединение; 5 – отражатель; 6 – диск; 7 – нож; 8 – передняя кромка ножа трапецеидальной формы; 10 – рабочая кромка ножа; 11 – защитная пластина на рабочей кромке ножа; 12 – выемки радиальной формы; 13 – труба-воздуховод

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создан оригинальный однодисковый сошник (патент ВУ 74 U), который формирует стабильную по глубине, с плотным дном бороздку и обеспечивает компактную укладку на дно ее посевого материала на почвах с различными физико-механическими и технологическими свойствами (рис. 1.37).

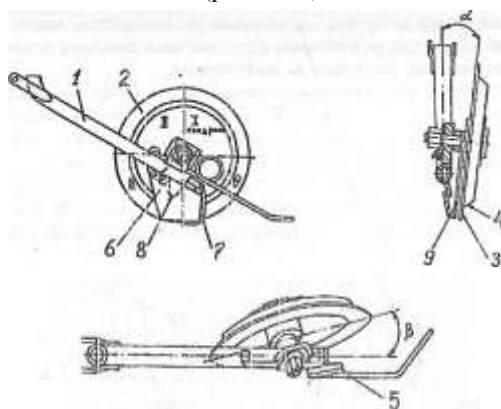


Рис. 1.37. Однодисковый сошник тарельчатой формы: 1 – крепежная труба; 2 – тарельчатый диск; 3 – плоская поверхность диска; 4 – опорная поверхность диска; 5 – загортач; 6 – киль; 7 – клапан; 8 – выходное отверстие семянаправителя; 9 – направляющая пластина

Испытания этих сошников на Белорусской МИС, в сравнении с килевидными сошниками, показали более высокое качество заделки семян в почву и, как результат, более высокую полевую всхожесть. Так, на минеральных почвах полевая всхожесть при посеве однодисковыми сошниками составила 86 %, килевидными – 85,3 %; на торфяных почвах – 85,2 и 84,7 % соответственно [30].

В УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» создано сошниково-заделывающее устройство (патент ВУ 890 У), позволяющее качественно заполнять бороздку с уложенными на ее дно семенами почвой и отводить без сгруживания лишнюю почву в межребневое пространство. Однако результатов лабораторных, а также полевых испытаний этого сошника на Белорусской МИС не приведено. Известен комбинированный двухстрочный сошник (рис. 1.38), который работает следующим образом.

При движении сеялки (не показано) посредством прикрепленной к ней тяги 6 и кронштейна 5 перемещается сошник. Наральники 3 пассивного действия, установленные параллельно направлению движения, формируют уплотненную бороздку. При этом расположенный между ними делитель, выполненный в виде плоского диска 4, установленного параллельно направлению движения и нижней своей точкой находящегося ниже наральников 3, совершает вращательно-поступательное движение. Это позволяет при встрече с крупными комками почвы и растительными остатками разрушать их за счет разрезания без сдвига в сторону [31].

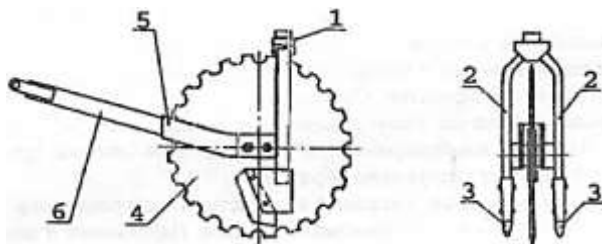


Рис. 1.38. Комбинированный двухстрочный сошник:
 1 – воронка; 2 – распределительные каналы; 3 – наральник;
 4 – диск; 5 – кронштейн; 6 – тяга

Известен двухдисковый двухстрочный сошник, схема устройства которого приведена на рис. 1.39.

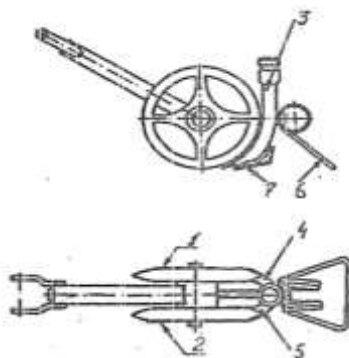


Рис. 1.39. Двухдисковый двухстрочный сошник:
 1, 2 – диски; 3 – делитель; 4, 5 – семянаправители;
 6 – загорточ; 7 – клапан

Сошник состоит из установленных параллельно направлению движения дисков 1, 2, бороздкообразующая часть которых имеет параболический профиль, делителя 3, заблокированных трубчатых семянаправителей 4, 5, передняя часть которых имеет кривизну по окружности дисков 1 и 2, загорточа 6, клапана 7. Сошник работает следующим образом. При движении сеялки диски 1, 2 в результате поступательно-вращательного движения впрессовывают своей бороздкообразующей частью две посевные бороздки с уплотненным дном. Одновременно семена по семяпроводу (не показан) подаются в делитель 3, где они разделяются на два потока и направляются в заблокированные трубчатые сошники 4, 5 и далее в бороздки. Забивание сошников предотвращается клапаном 7, который в этих случаях закрывает выходные отверстия сошников [32]. Недостатком данного сошника является то, что он не полностью удовлетворяет требованиям агротехники, особенно в условиях безотвальной обработки почвы, так как бороздки, формируемые за счет выдавливания почвы дисками, на которые при работе действует постоянное усилие вдавливания их в почву, на полях, засоренных камнями и пожнивными растительными остатками, плохо заглубляются, ухудшая равномерность укладки семян по глубине.

Дисковыми сошниками серии 00 сеялок «Great Plains» (рис. 1.40) комплектуются механические и пневматические сеялки для посева по обработанной почве.



Рис. 1.40. Дискový сошник серии 00 сеялок «Great Plains»

Давление сошников на грунт регулируется от 410 до 820 Н. Прикатывающий каток размером 75×330 мм с центральным ребром предназначен для сбора влаги в рядке, облегчения прорастания семян и рекомендуется для различных условий посева. Дискový сошник серии 10 «Great Plains» (рис. 1.41) предназначен для механических и пневматических стерневых сеялок. Давление на грунт дискового ножа составляет 2050 Н, дискового сошника – от 450 до 640 Н. Такими дисковыми ножами комплектуются только стерневые модели сеялок. Ширина волны составляет 16 мм, диаметр – 432 или 457 мм. Волны дискового ножа врезаются в почву перпендикулярно, разрыхляют обрабатываемый слой и измельчают остатки растений. Этот сошник имеет сложную конструкцию, повышенные металлоемкость и тяговое сопротивление.



Рис. 1.41. Дискový сошник серии 10 сеялок «Great Plains»

Сошники с прикатывающим каточком «Сид-Лок» (рис. 1.42) оснащаются семяпроводом, который открывается непосредственно на семенное ложе. За счет этого достигается точная глубина заделки и предотвращается повреждение и разброс семян.

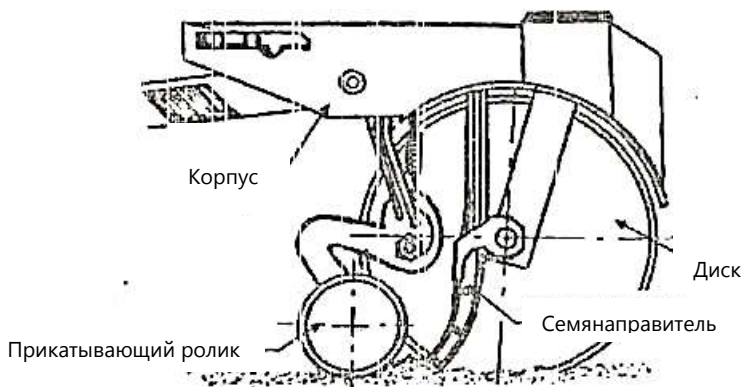


Рис. 1.42. Работа дискового сошника с прикатывающим каточком «Сид-Лок»

Использование сошников с прикатывающим каточком «Сид-Лок» повышает точность распределения и заделки семян, улучшает контакт семян с почвой.

Известна также серия сеялок «Salford MP». Это универсальные механические стерневые дисковые сеялки. Их можно укомплектовать дополнительным оборудованием, которое позволяет отдельно вносить удобрения и высевать мелкосемянные или технические культуры.

Средняя производительность 11-метровой сеялки «Salford MP-200» составляет 230 га/сут. Сошники размещаются на раме в два ряда с шагом 17,5 см. Расстановка рабочих органов и ширина междурядья могут быть изменены при заказе на заводе или самим пользователем путем перестановки или исключения сошника из работы.

Конструкция сеялки обеспечивает точную дозировку, распределение и заделку семян. Сеялка копирует неровности поля каждым дисковым сошником (ход сошника 260 мм) и сеялочными конструкциями, которые могут отклоняться относительно друг друга вверх и вниз.

К сеялкам «Salford MP» выпускается две модели сошников, которые отличаются друг от друга конструкцией и назначением (рис. 1.43).



Рис. 1.43. Дисковый сошник сеялки «Salford MP»

Дисковые сошники сеялки «Salford MP» в комбинации с дисковым ножом предназначены для посева по стерне с одновременным внесением стартовой дозы удобрений и заделкой их на одной глубине с семенами. Глубина заделки регулируется положением обрезиненного прикатывающего катка.

Сеялка может производить прямой посев без предварительной подготовки с одновременной вертикальной обработкой почвы. Расположенные перед сошником дисковые ножи прореживают пожнивные остатки и, образуя щель, культивируют почву, разрушают уплотнения в зоне развития корневой системы, предотвращают попадание неизмельченной соломы в щель на семенное ложе, устраняют боковые уплотнения бороздки. В результате корневая система развивается вертикально вниз и ей доступна влага и питательные вещества нижних слоев почвы.

Сеялки «Terrasem» компании «Петтингер» имеют короткую конструкцию, отличаются высокой маневренностью и оснащаются почвоуплотнителем на колесном ходу. Универсальные машины могут использоваться как для сева по мульче, так и для традиционного сева.

Сеялки «Terraset» моделей С6 (С8) производят обработку почвы, уплотнение ее и посев на ширине захвата соответственно 6 и 8 м. Наряду с точной укладкой посевного материала с помощью параллелограммной подвески двухдисковых сошников с последующими глубинными направляющими роликами машина хорошо адаптируется к особенностям почвы, отличается централизованной настройкой давления сошников в диапазоне 500...1300 Н на сошник.

На раме сеялки устанавливают двухдисковые сошники (рис. 1.44). Для укладки семян на одинаковой глубине все сошники управляются нажимным роликом. Регулирование глубины осуществляется централизованно. Настройка давления на сошники в диапазоне от 500 до 1300 Н осуществляется гидравлически. Размещение высевających узлов и механизмов на резиновых элементах обеспечивает оптимальную подвижность и не требует технического обслуживания. Выгнутые наружу зубчатые дисковые сошниковые элементы оснащены идущими за ними прикатывающими катками с прорезиненной поверхностью. Каждый элемент имеет параллелограммную подвеску для копирования поверхности почвы. Расположенный под углом дисковый сошник отодвигает растительные остатки в сторону и не вдавливает их в землю. Это обеспечивает хорошее качество посева.

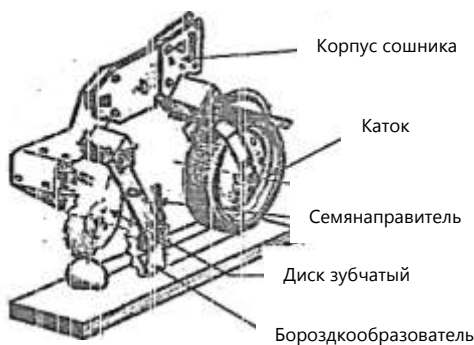


Рис. 1.44. Двухдисковый сошник с прикатывающим катком сеялок компании «Петтингер»

На сеялках фирмы «SULKY» также устанавливают дисковые сошники (рис. 1.45), например «CultiDISC II» сеялок «MAXIDRILL». Диски диаметром 415 мм имеют вырезы под углом 4°. Это обеспечивает компромисс между проникающей способностью и возможностью уда-

лять солому из бороздки и сохранять высокую производительность в сложных условиях [34].

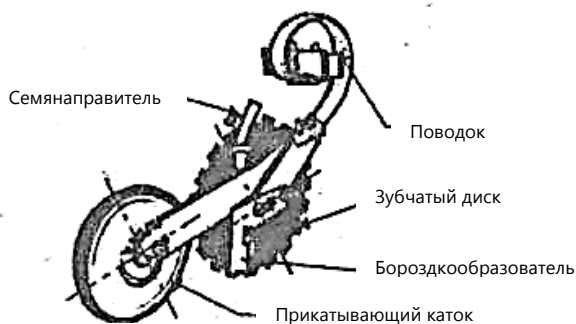


Рис. 1.45. Дисковый сошник «CultiDISC II»
сеялок «MAXIDRILL»

Индивидуальное давление на диск до 800 Н гарантирует ровную поверхность для обеспечения точной глубины заделки семян (далее при необходимости и без задних уплотняющих колес). Все высевающие элементы имеют равную длину, что обеспечивает одинаковую глубину заделки во время работы на всей ширине сеялки и удерживает антиблокировочный клиренс 680 мм между рядами.

Бороздные колеса «FARMFLEX» (500 мм диаметр, 21 мм ширина) с зубчатыми дисками (рис. 1.46) обеспечивают работу на постоянной глубине на неоднородных почвах даже на повышенной рабочей скорости.

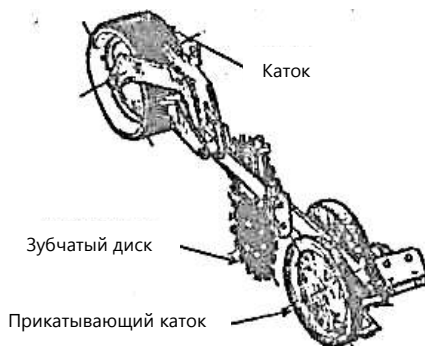


Рис. 1.46. Дисковые сошники в сочетании с бороздными колесами
«FARMFLEX» и прикатывающим колесом сеялок «EASYDRILL»

Между зубчатыми дисками установлен дернооси. Использование данных сошников обеспечивает равномерное формирование посевной бороздки, создает предпосылки для спокойного хода сошника и соответственно для точной глубины заделки. Поэтому возможна более высокая скорость движения сеялки независимо от типа и состояния почвы, а также от скорости движения.

Сошники «RoTeC» (рис. 1.47) в серийном исполнении имеют ограничивающие глубину хода и чистящие диски, которые позволяют производить установку глубины заделки семян без применения инструментов. Давление сошников на почву достигает 350 Н. Они не забиваются даже при большом количестве соломы и остатков растений [35].



Рис. 1.47. Дискосовый сошник «RoTeC»

Эластичный пластиковый диск предотвращает налипание почвы на высевной диск, придает форму посевной бороздки и точно регулирует глубину заделки семян. При слишком большой глубине заделки семян диск для ограничения глубины хода снимается за один прием (рис. 1.48).

Сошник «RoTeC» с прикатывающим роликом имеет более спокойный ход, чем сошник с параллелограммной подвеской и жестко закрепленным задним роликом.

Новый разработанный прикатывающий каточек для сошника «RoTeC AMAZONE» работает целенаправленно в посевной бороздке и прижимает семена ко дну бороздки (1.49).

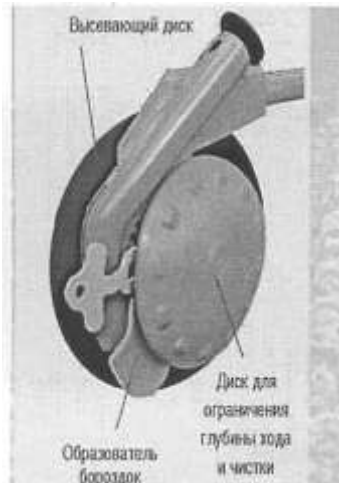


Рис. 1.48. Дискový сошник «RoTeC AMAZONE»



Рис. 1.49. Дискový сошник «RoTeC» в сочетании с прикатывающим каточком

Диск, формирующий бороздку, имеет угол атаки, что приводит к забрасыванию почвой соседних рядков при работе на повышенных скоростях.

Фирма «LEMKEN» на зерновых сеялках также устанавливает двухдискные сошники (рис. 1.50).

Двухстрочный двухдискный сошник с ограничивающим глубину прикатывающим каточком, имеющим резиновую шину, даже при из-

меняющейся почве и высоких скоростях движения точно укладывает посевной материал на одинаковой глубине. Вдавливание семян прижимным каточком обеспечивает условия для оптимального подвода воды, равномерного формирования корневой системы и ведет к быстрому развитию растений. Однодисковые сошники данной фирмы имеют высококачественный выпуклый полый диск диаметром 325 мм, который может воспринимать давление до 200 Н на сошник. Благодаря выпуклой форме диск обладает эффектом самоочистки, что позволяет на легких почвах не устанавливать дополнительный скребок [43, 46, 48].



Рис. 1.50. Двухстрочный двухдисковый сошник фирмы «LEMKEN» с ограничивающим глубину каточком

По ходу сева двухдисковые сошники отчасти способствуют созданию микросреды вокруг высеваемых семян. Положительное влияние таких сошников состоит в том, что они производят посев без блокирования за счет растительных остатков. Конструкция сравнительно простая и легкая в обслуживании. Наибольшие недостатки: высокое проникающее усилие; зависимость от состояния почвы, тенденция затягивания растительных остатков внутрь бороздки, что мешает осуществлению контакта семян и почвы на сухих грунтах, а во влажных почвах приводит к образованию жирных кислот, отрицательно влияющих на развитие семян.

По данным полевых агрономических опытов, двухдисковые сошники по сравнению с килевидными снижают урожайность на 2...3 ц/га. При их применении требуется довсходовое и послевсходовое прика-

тывание почвы, что повышает равномерность заделки семян и улучшает их контакт с почвой. Сошники такого типа наиболее пригодны для посева по мульче.

Однодисково-анкерный сошник (рис. 1.51) сочетает достоинства и дисковых, и анкерных сошников, так как бороздка образуется совместным действием кия и диска, установленного под углом атаки к направлению движения. Благодаря такому устройству, как и у килевидного сошника, качественно образуется бороздка и равномерно укладываются семена по глубине, при этом предотвращается сгуживание и забивание сошника почвой. При работе он создает U-образный профиль посевной бороздки.

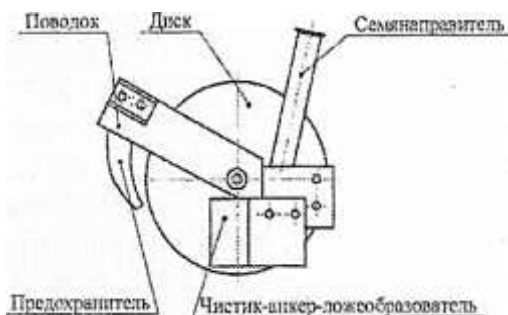


Рис. 1.51. Однодисково-анкерный сошник

Для более наглядного представления об эффективности работы анализируемых сошников необходимо произвести оценку качества их работы по бороздкообразованию [40]. Оценка велась по результатам наблюдений за видимым перемещением частиц почвы и по величине деформации почвы после прохода сошника [41, 42].

Анализ полученных данных, представленных на рис. 1.52, показывает, что у долотовидного сошника наибольшее значение суммарных высот ординат H до 20 мм, это свидетельствует о нерациональной конструкции сошника. Что касается остальных сравниваемых сошников, то профили образуемых ими посевных борозд сходны, а это свидетельствует об их взаимозаменяемости.

Самым эффективным сошником из четырех типов является анкерно-дисковый, который практически не создает гребней, хотя на различных типах экспериментальные данные будут отличаться от представленных.

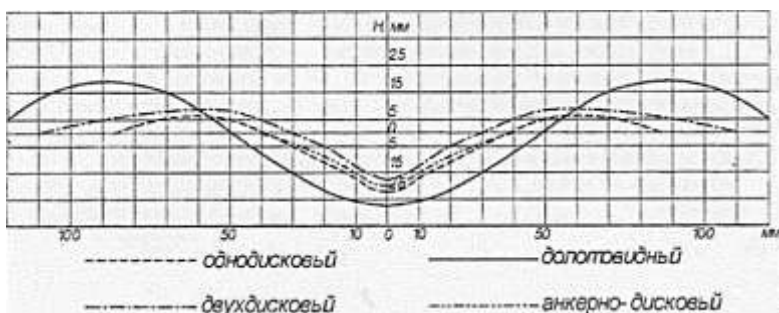


Рис. 1.52. Профили посевных бороздок сравниваемых сошников

При испытании экспериментальной катковой сеялки, разработанной в БелНИИМСХ (г. Минск), были получены следующие результаты (табл. 1.9).

Таблица 1.9. Динамика всходов и полевая всхожесть ячменя сорта Фаворит в зависимости от типа сошников

Тип сошников	Норма высева всхожих семян, шт/м ²	Количество взшедших семян по датам мая								Итого
		3	4	5	6	7	8	9	10	
Дисковый	380	0	0	0	85	13	26	89	89	289
Катковый	380	15	25	31	31	31	—	—	—	315

При использовании катковой сеялки наблюдались более ранние и дружные всходы, чем при использовании дисковой, причем полевая всхожесть при посеве катковой сеялкой оказалась выше по сравнению с дисковой.

Получены также данные по равномерности распределения семян по всей глубине при использовании сошников различных конструкций (табл. 1.10).

Из данных, приведенных в табл. 1.10, видно, что наиболее равномерную заделку семян в почву по глубине обеспечивают катковые сошники. При их применении почти все семена разместились на относительно небольшом интервале глубин (3...4 см). При использовании при посеве дисковых сошников наблюдался разброс основной массы семян на относительно большом интервале (4...8 см). Неравномерность заделки семян приводит к снижению полевой всхожести и урожайности.

Таблица 1.10. Распределение семян ярового ячменя по глубине, полевая всхожесть и урожайность в зависимости от конструкции сошника и подготовки поля

Глубина заделки семян, см	Относительное количество семян, % от взошедших				
	Дисковый сошник	Дисковый сошник + прикатывание до сева	Дисковый сошник + прикатывание после сева	Дисковый сошник + прикатывание до и после сева	Катковый сошник
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	8,3
3	1,2	3,6	0	2,4	46,7
4	3,6	16,7	2,4	14,3	41,7
5	4,8	26,2	16,7	27,4	3,6
6	32,1	33,3	23,8	32,1	0
7	38,1	19,0	36,9	23,8	0
8	20,1	1,2	20,2	0	0
9	0	0	0	0	0
Полевая всхожесть, %	55,0	69,0	74,9	75,7	77,1
Урожайность, ц/га	41,9	42,4	42,6	43,4	48,6

Применение совместно операций прикатывания до и после посева не привело к значительному повышению урожайности по сравнению с обычным посевом дисковым сошником. Урожайность повысилась с 41,9 до 43,4 ц/га. В то же время применение каткового сошника обеспечило прирост урожайности с 41,9 до 48,6 ц/га. При этом затраты на проведение операций посева были меньше, так как отсутствовали дополнительные операции прикатывания.

Детальный обзор конструкций и выполненный анализ работы одно- и двухстрочных сошников зерновых сеялок отечественных и зарубежных фирм показали, что лучшее решение по качеству посева зерновых еще не найдено. Среднее давление на сошники зерновых сеялок, выпускаемых за рубежом, колеблется в пределах 200...130 Н.

1.13. Сошниковые группы с опорно-прикатывающими катками

Для определения эффективности работы дисковых сошников с опорно-прикатывающими катками в сравнении с серийно выпускаемыми проведены полевые исследования. Для идентичных условий работы все сошники по очереди устанавливались на серийную зерно-туковую сеялку СЗ-5,3: двухдисковый узкорядный сошник сеялки

СЗ-5,4; двухдисковый рядовой сошник, однодисковый сошник с опорно-прикатывающим катком, рядовой катковый сошник, анкерный сошник, двухдисковый сошник для ленточного посева и двухдисковый сошник для ленточного посева с прикатывающим каточком. Полевые исследования проводились на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах опытного поля «Тушково» БГСХА. Основное внимание в процессе исследований уделялось определению влияния сошников на равномерность заделки семян по глубине, распределение их по площади поля и на урожайность зерновых культур.

Анализ гистограмм за три года опытов показывает, что распределение семян по глубине близко к нормальному закону для всех сошниковых групп, а наибольшее число семян, высеянных сошниками сеялок СЗ-5,4 и экспериментальными сошниками для ленточного сева без прикатывания, расположилось в слое почвы 10...40 мм.

Наиболее компактно по глубине заделывались семена, высеянные сошниками сеялки СЗ-5,4, но глубина их заделки была меньше установочной. Большинство семян расположилось в слое 1...20 мм, в этом слое также находилось большинство семян, высеянных анкерными сошниками. Наибольшее количество семян, высеянных сошниковой группой сеялки СЗ-5,4, расположилось ниже установочной глубины, т. е. в слое 30...40 мм.

У сошниковых групп сеялок СЗ-5,4 и экспериментальной для ленточного сева зерновых культур распределение семян по глубине наименее соответствовало нормальному закону, причем основная масса семян (около 50...60 %) заделывалась на установочной глубине в слое 20...30 мм.

Проверка соответствия распределения семян по глубине нормальному закону показала, что он более четко выражен у сошников без опорно-прикатывающих катков.

Исходя из статистической характеристики работы сошников, следует сделать вывод, что для условий посева по фону с предварительным внутрпочвенным внесением основной дозы минеральных удобрений обеспечить стабильную заделку семян по глубине можно при использовании сошников с опорно-прикатывающими катками.

1.14. Распределение семян в почве дисковыми сошниками с прикатывающими катками

Получение высокой урожайности зерновых культур требует высокой полевой всхожести и равномерного развития каждого растения.

Поэтому одной из задач посева является довольно точное распределение семян по площади питания и глубине их заделки.

Многочисленными исследованиями установлено, что чем равномернее семена распределены по площади, тем равномернее происходит затенение почвы, что, в свою очередь, оказывает отрицательное влияние на рост и развитие сорной растительности. По данным многочисленных опытов исследователей Германии (В. Коха, К. Хурле и др.), засоренность посевов при уменьшении ширины междурядий (до разбросного сева) снижалась до 40 %. При рассеивании глубины заделки семян до 6 мм полевая всхожесть достигает 80 %, а при 18 мм снижается до 54 %, что приводит в итоге к снижению урожайности зерновых культур.

Нами были проведены поисковые трехлетние двухфакторные мелкоделяночные ($S = 1 \text{ м}^2$) опыты с шестикратной повторностью с целью изучения влияния способов сева зерновых (более равномерное распределение их по площади): рядового ($B_p = 0,01 \text{ м}$), ленточного ($B_l = 0,075 \text{ м}$) и разбросного ($B_{\text{раз}} = 0,15 \text{ м}$), а также норм высева семян ($U = 2,4$ и 6 млн. шт/га) на урожайность зерновых культур (озимая рожь, ячмень).

По результатам опытов с ячменем получена функция отклика урожайности ячменя:

$$U_{\text{яч}} = -62,8 + 0,76U + 492,6B_{\text{раз}} - 0,0005U^2 - 3571,4B_p^2 + 1,29UB_l,$$

где $U_{\text{яч}}$ – урожайность ячменя, ц/га.

Анализ квадратичной зависимости показывает, что ширина ленты в совокупности с нормой высева семян оказывает существенное влияние на урожай ячменя в заданных границах исследований. Так, при любом постоянном значении B урожайность ячменя возрастает с увеличением нормы высева. Установлено также, что максимальная урожайность его соответствует ширине ленты $B = 0,07 \dots 0,08 \text{ м}$.

В технологиях возделывания зерновых культур, особенно при допосевном локальном внесении основной дозы минеральных удобрений, эти показатели должны иметь не только более конкретные значения, но и гарантированно соблюдаться рабочими органами.

При условии минимизации подготовки почвы к посеву и соблюдения всех агротехнических требований (равномерное распределение семян по площади поля, заделка по глубине, прикатывание рядков или лент семян с целью создания оптимальной плотности для них и др.) наиболее полно удовлетворяют этим требованиям одно- или двухдисковые сошники с опорно-прикатывающими катками.

Рассмотрим распределение семян в ленте на примере распределительного устройства, установленного в двухдисковом сошнике.

В зерновых сеялках типа СЗ-3,6А семена поступают в семяпроводы, а затем на распределительную пластину двухдискового сошника (рис. 1.53), расположенную под углом к горизонту, и скатываются по ней на дно раскрываемой бороздки.

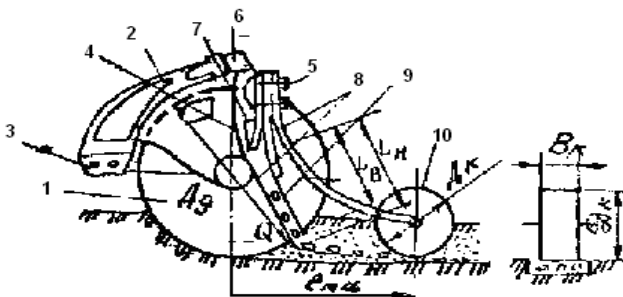


Рис. 1.53. Схема двухдискового сошника с распределителем для ленточного высева семян: 1 – диск рабочий; 2 – корпус; 3 – поводок; 4 – распределитель семян; 5 – болты крепления; 6 – горловина; 7 – отражатель; 8 – распределительная пластина; 9 – верхняя пластина; 10 – каток прикатывающий

Если принять выход из семяпровода в одной точке и учесть только силу тяжести, под действием которой движется семя, то все семена в идеальном случае будут укладываться вдоль прямой. Однако сеялка, семяпроводы и сошники в процессе движения по полю подвержены вибрации из-за макро- и микронеровностей, различной плотности почвы, поэтому семена случайным образом рассеиваются по некоторой площади дна бороздки, раскрываемой дисками сошника. С точки зрения агротехнических требований желательно распределение семян в ленте с одинаковой площадью питания.

Прежде всего мы изучали вопрос о характере закона распределения семян поперек ленты, влиянии на него технологических и конструктивных параметров сошника.

Горизонтальные и вертикальные колебания двухдискового сошника с распределительной пластиной (в дальнейшем рассматриваем только распределительную пластину) можно рассматривать как случайный процесс, состоящий из толчков (импульсов), происходящих в

случайные моменты времени и имеющих случайную величину и направление.

Относительно вибрации сделаем следующие допущения: представим вибрацию как систему импульсов случайной величины и направлений, происходящих через равные промежутки времени t .

Пусть ось Ox направлена по центру пластины, а Oy – поперек нее. Движение семени описывается обычными уравнениями движения точки по наклонной плоскости. С целью изучения распределения семян поперек ленты рассматривалась только составляющая случайной скорости по оси Oy . Пусть v_{yc} – случайная величина, распределенная равномерно на отрезке $v_{yc, \max} \leq v_{yc} \leq v_{yc, \min}$.

Изучая на основании заданных допущений вероятностное распределение координаты y_c движущегося семени, можно предположить:

- если пластина не имеет боковых стенок, то при достаточно большом числе импульсов вибрации распределение семян поперек ленты стремится к нормальному закону. На рис. 1.54 приведено распределение семян в моменты времени $t, 2t, 3t$;

- если пластина имеет боковые стенки, то распределение по ширине отличается от нормального закона, приближаясь к равномерному. При условии если вертикальные стенки параллельны и расстояние между ними равно $2v_{\max}t$, то распределение в ленте будет приближено равномерным.

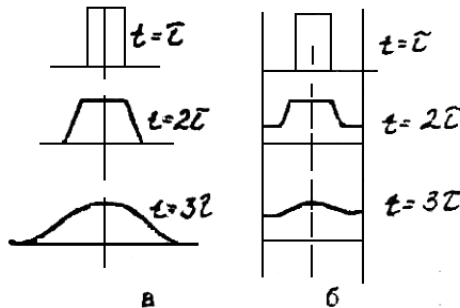


Рис. 1.54. Распределение семян в ленте двухдисковым сошником с распределителем семян: *а* – без боковых стенок; *б* – с боковыми стенками

В реальных условиях роль боковых стенок выполняют края бороздки, открываемой двухдисковым сошником. В поисковых исследо-

ваниях установлено, что чем больше диаметр дисков (при постоянном угле атаки), тем больше ширина раскрываемой бороздки, а соответственно ширина ленты высеваемых семян. По результатам этих же исследований получена гистограмма распределения семян по ширине ленты (рис. 1.55).

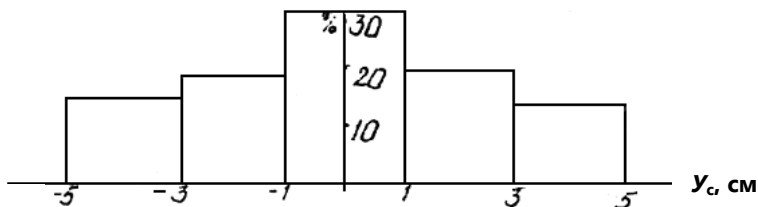


Рис. 1.55. Гистограмма распределения семян при ленточном высеве их

Результатами поисковых исследований установлено, что распределение семян по ширине ленты (при высеве их экспериментальным двухдисковым сошником с распределительной пластиной) близко к нормальному закону.

1.15. Современные тенденции развития конструкций и технологических схем дисковых сошников

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур в первую очередь зависит от качества посева и только потом от других немаловажных факторов. Так, высокая урожайность напрямую зависит от равномерной глубины заделки семян и достигается при получении выравненных и дружных всходов необходимой густоты [11, 12].

Условиями получения ровных и дружных всходов необходимой густоты является соблюдение оптимальной технологии посева. Во-первых, это создание уплотненного ложа, обеспечивающего постоянный капиллярный приток влаги к высеванным семенам, а следовательно, их быстрое набухание и дружное прорастание. Во-вторых, оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение по площади, что обеспечивает им адекватный водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для прорастания и формирования мощного узла кушения, вторичных корней [13, 14]. Именно в этот период закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчи-

вость к полеганию, стрессовым факторам. Процесс посева, являясь важнейшим звеном в технологии возделывания зерновых и льна, зависит прежде всего от конструкции рабочих органов, укладывающих семена в почву [15, 16, 36].

Для улучшения качества почвы и достижения оптимальной урожайности особое внимание в первую очередь уделяется посевным рабочим органам – сошникам [17, 18, 31–33]. В Республике Беларусь разработкой и совершенствованием посевных рабочих органов занимаются Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства») [5, 19, 26]. Производство почвообрабатывающе-посевных агрегатов, сеялок, рабочих органов (сошников) также осуществляет РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». В учреждении образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» с 1976 г. разработкой сошников занимались А. М. Ширяев, Г. К. Демидов, К. К. Курилович, Ю. Т. Вагин. В настоящее время на кафедре механизации и практического обучения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии эти исследования продолжают В. Р. Петровец, В. И. Ильин, В. А. Гайдуков, О. П. Лабурдов.

Многолетний опыт различных стран мира показывает, что потери растений и колосьев на единице площади могут достигать 60 %, что связано прежде всего с качеством подготовки почвы и сева. Начальный период развития растений является самым критическим, они еще не имеют развитых органов питания, поэтому наиболее чувствительны к стрессам и предъявляют чрезвычайно высокие требования к качеству обработки почвы и формированию посевного слоя (семенного ложа) определенных параметров [17, 18].

В связи с этим важным направлением развития сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции является переход к дифференцированным технологиям точного земледелия. (Точное земледелие – это оптимальное управление продуктивностью посевов с учетом среды обитания растений для каждого квадратного метра поля.) Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды. Такой подход, как показывает междуна-

родный опыт, обеспечивает гораздо больший экономический эффект и, самое главное, позволяет повысить воспроизводство почвенного плодородия и уровень экологической чистоты сельскохозяйственной продукции. В настоящее время рост цен на семена, минеральные удобрения, средства защиты растений, технику и другие средства производства в сельском хозяйстве приводит к необходимости повышать эффективность их использования [24, 37, 38]. Поэтому точное земледелие рассматривается в Республике Беларусь как неотъемлемая часть ресурсосберегающего экологического сельского хозяйства и открывает перед производителями новые возможности, особенно в плане обеспечения условий для получения запрограммированного объема продуктов растениеводства высокого качества.

Далее будут рассмотрены схемы и конструкции однодисковых сошников с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями с нулевым (или близким к нулевому) углом атаки диска для работы на высоких скоростях с точной укладкой семян зерновых культур.

В настоящее время в Республике Беларусь создаются условия для ведения точного земледелия. Суть точного земледелия заключается в том, чтобы обработка полей производилась в зависимости от реальных потребностей культур, выращиваемых в данном месте. Эти потребности определяются с помощью мониторинга земельных ресурсов на основе современных информационных технологий, включающих космическую съемку. При этом предполагается, что для достижения максимального эффекта при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ средства обработки могут различаться в пределах отдельных участков поля. Поэтому технологическая и конструкторская база средств и агрегатов для обработки почв Республики Беларусь должна быть разнообразной и подготовленной к таким изменениям. С учетом этого в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработана, запатентована и прошла практическую апробацию целая серия сошниковых групп посевных машин для разнообразных сельскохозяйственных культур [10]. Рассмотрим их конструктивные особенности, принципы работы и достоинства по отношению к имеющимся аналогам.

1. Двухдисковый сошник (рис. 1.56) включает корпус 1, два плоских (левый и правый) диска 2 с ребордами 3. Диски расположены вертикально, параллельно один другому к направлению движения сошника.

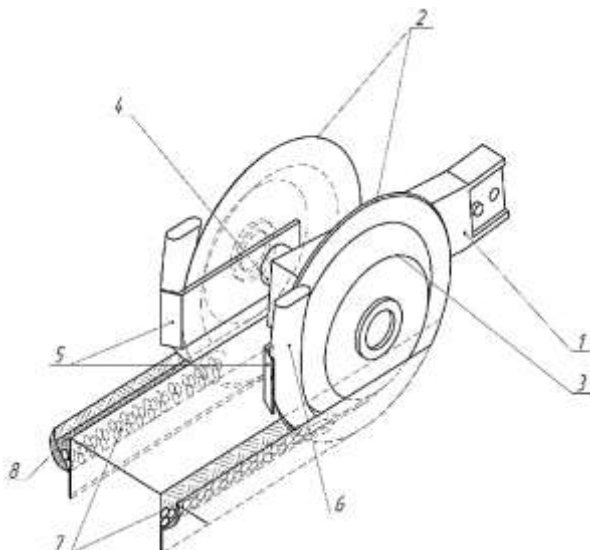


Рис. 1.56. Технологическая схема двухдискового сошника с внешними симметричными усеченно-конусными ребрами и нулевым углом атаки дисков: 1 – корпус; 2 – диски; 3 – ребра; 4 – ось; 5 – пластины; 6 – семянаправитель; 7 – семена; 8 – бороздка

На корпусе закреплены две оси 4, на которых установлены два диска с ребрами. Они вращаются на подшипниках качения. Ребра имеют форму усеченных конусов и закреплены с наружных сторон обеих дисков. На корпусе также закреплены две пластины 5, к которым прикреплены семянаправители 6, размещенные за ребрами.

Данный сошник при высеве семян зерновых, зернобоб, трав и других сельскохозяйственных культур может обеспечить наименьшее тяговое сопротивление при работе на высоких скоростях. В связи с этим позволит значительно повысить производительность посевных машин и агрегатов.

2. Комбинированный однодисковый сошник для ускоряющего посева семян зерновых культур и льна (рис. 1.57), состоит из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренними и наружными ребрами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса, с бороздкообразователями 3; семянаправителей 6 с клапанами 10, имеющих фор-

му концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками 9 на осях 11; закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей; прикатывающего катка 13, закрепленного на оси 12, который в поперечном сечении имеет форму равнобедренного треугольника, симметричную форме реборд, с установленным на поводке чистиком 14.

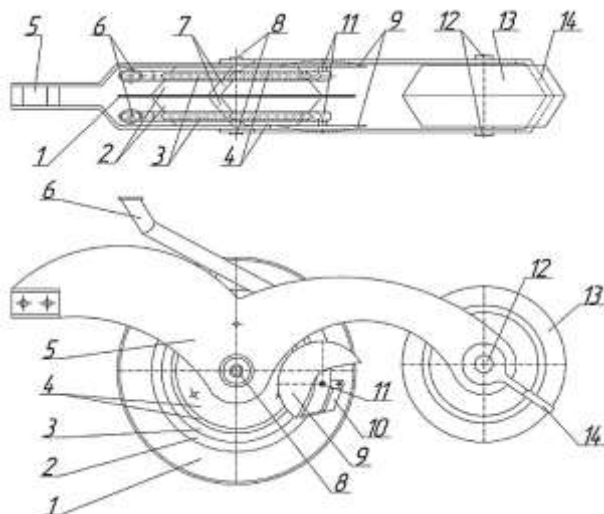


Рис. 1.57. Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды; 3 – бороздкообразователь; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 7, 14 – чистики; 8, 11, 12 – оси; 9 – диск; 10 – клапан; 13 – прикатывающий каток

Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева показана на рис. 1.58.

Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси 8, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 17, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды 2 и 4 создают по обе стороны от щели уплотненные под углом к горизонту ложа 15. В уплотненных ложах установленные на

ребордах бороздкообразователи 3 с закругленными кромками выдавливают бороздки с расстоянием $b = 62,5$ мм между ними. Потоки семян направляются в семянаправители 6, из которых под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 16 мелкосемянных культур, а сферические диски 9, установленные на осях 11 у основания семянаправителей, создают бороздки 19 и предотвращают тем самым осыпание стенок бороздки в районе высева семян. Установленный за сошником на корпусе 5 прикатывающий каток 13 за счет приданной ему формы образует над бороздками с уложенными в них семенами прослойку почвы 18 неодинаковой плотности. За счет установленного на поводке чистика 14, копирующего форму катка, почва не налипает на его поверхность. Образованная плоским диском тонкая щель заполняется почвой рыхлой структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян.

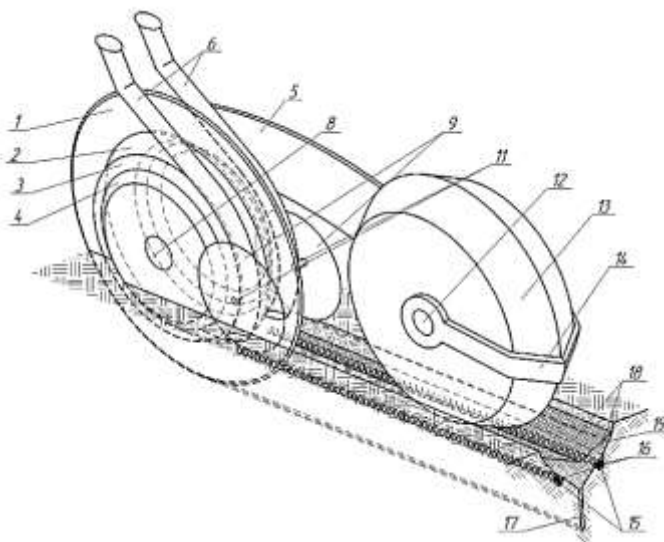


Рис. 1.58. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды; 3 – бороздкообразователь; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 8, 11, 12 – оси; 9 – диск; 11, 12 – ось; 13 – прикатывающий каток; 14 – чистик; 15 – ложа; 16 – семена; 17 – щель; 18 – прослойка почвы; 19 – бороздка

3. Двухдисковый четырехстрочный сошник (рис. 1.59), включает корпус 1, два плоских диска 2, на которых симметрично закреплены внутренние и внешние реборды-бороздкообразователи 3. Диски с ребордами-бороздкообразователями расположены вертикально, параллельно один другому и направлению движения сошника.

На корпусе закреплены две оси 4. На осях установлены два диска с внутренними и внешними ребордами-бороздкообразователями. Они вращаются на подшипниках качения.

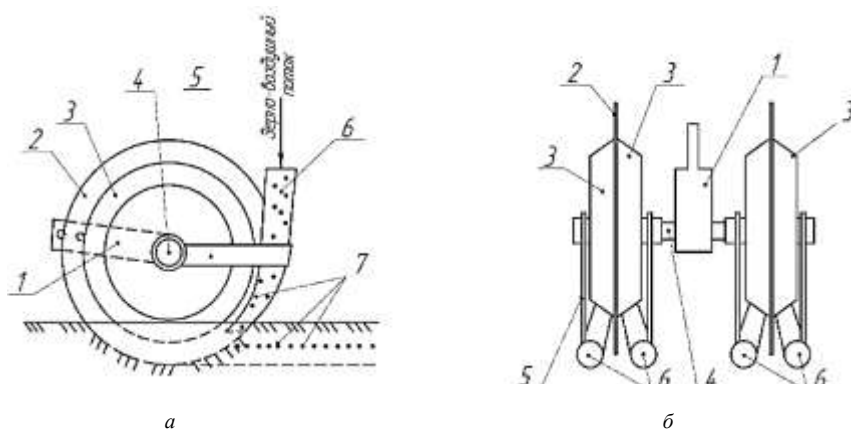


Рис. 1.59. Технологическая схема работы двухдискового четырехстрочного сошника с усеченно-конусными ребордами и нулевым углом атаки дисков: *а* – вид сбоку; *б* – вид сверху; 1 – корпус; 2 – диск; 3 – реборда; 4 – ось; 5 – пластина; 6 – семянаправители; 7 – семена

Реборды-бороздкообразователи закреплены на дисках симметрично, имеют одинаковые диаметры и образуют к периферии диска равнобедренный треугольник (рис. 1.59, *б*).

Рабочие кромки внутренних и внешних реборд-бороздкообразователей имеют острый угол. На корпусе также закреплены две пластины 5, к которым прикреплены семянаправители 6. Они размещены за внутренними и внешними ребордами-бороздкообразователями.

4. Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребордами (рис. 1.60) состоит из корпуса 4, который присоединяется к поводку сеялки; оси 5, на которой крепится с нулевым углом атаки к

направлению движения плоский диск 2 с установленными на его обеих сторонах ребрами-бороздкообразователями 1 и 3, имеющими форму усеченных конусов разных диаметров, ширины и углов вхождения в почву; семянаправителем 6 и туконаправителем 7, имеющих форму концентричную форме соответствующих им ребер; пластин 11, на которых они закреплены, и установленного за диском, на оси 9 поводка 8, прикатывающего катка 10 с поверхностью ступенчатой формы и различными углами прикатывающих кромок.

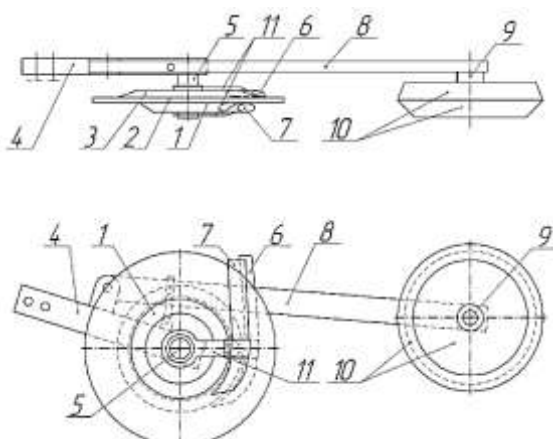


Рис. 1.60. Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами-бороздкообразователями с разными диаметрами и нулевым углом атаки дисков: 1, 3 – уплотнители; 2 – плоский диск; 4 – корпус; 5, 9 – оси; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 10 – прикатывающий каток; 11 – пластины

Схема технологического процесса комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребрами представлена на рис. 1.61.

Диск 2, свободно вращающийся на оси 5, при движении в почве разрезает пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 15, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны ребры-бороздкообразователи-уплотнители 1 и 3 за счет различных диаметров, ширины и углов вхождения в почву создают по обе стороны от щели бороздки разной ширины на разной глубине с уплотненными под разными углами ложами 14. В образованные бороздки на уплотненное ложе из тукопровода по туконаправителю 7 и соответственно

из семяпровода по семянаправителю 6 под силой тяжести укладываются удобрения 13 и семена 12 зерновых культур.

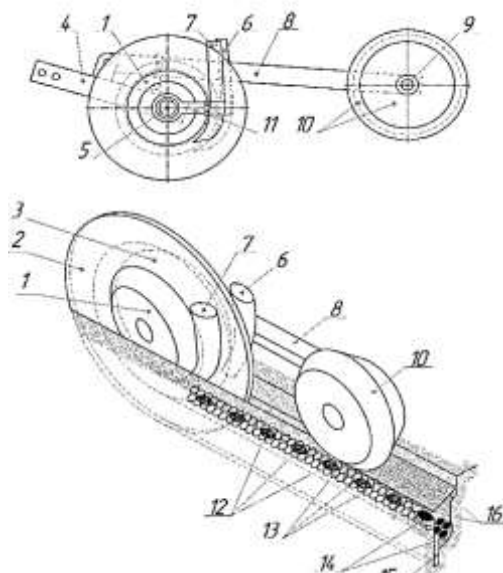


Рис. 1.61. Технологический процесс комбинированного однодискового сошника с двухсторонними конусными ребрами для узкорядного посева: 1, 3 – уплотнители; 2 – плоский диск; 4 – корпус; 5, 9 – оси; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 10 – каток прикатывающий; 11 – пластина; 12 – семена; 13 – удобрения; 14 – уплотненное ложе; 15 – щель; 16 – почва

Образованная плоским диском тонкая щель частично заполняется почвой. Установленный за сошником при помощи поводка 8 прикатывающий каток 10 за счет приданной ему ступенчатой формы и различных углов прикатывающих кромок одновременно вдавливают уложенные ленты удобрений и рядки семян в уплотненные ложа бороздок и образует над ними и между ними слои почвы 16 неодинаковой плотности, обеспечивая этим оптимальное размещение семян в почве. Благодаря уплотненному под разными углами ложу бороздок и слоям неодинаковой плотности улучшается контакт удобрений и семян с почвой, снижаются потери удобрений и повышается всхожесть семян,

а также к заделанным удобрениям и семенам равномерно подтягивается влага.

На рис. 1.62 представлен **комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами и сферическими дисковыми загортачами** состоящий из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренней и наружной ребрами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса, с бороздкообразователями 3; семянаправителями 6 с клапанами 10, имеющих форму концентричную форме реборд; установленных у основания реборд сферических дисков 9 на осях 11; закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей.

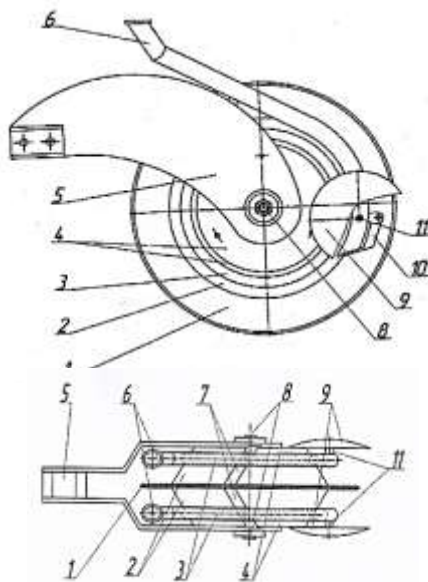


Рис. 1.62. Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами и сферическими дисковыми загортачами для узкорядного посева: а – вид сбоку; б – вид сверху;
 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды; 3 – бороздкообразователи;
 5 – корпус; 6 – семянаправители; 7 – чистики; 8 – ось;
 9 – сферические диски; 10 – клапан; 11 – оси

Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами и сферическими дисковыми загортачами (рис. 1.63) работает так же, как и сошник на рис. 1.60, но без прикатывающего каточка.

Применение данной конструкции однодискового сошника позволяет: добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей; устранить сгуживание и отброс почвы; исключить осыпание стенок борозд в районе высева семян и предотвратить повреждение семянаправителей за счет использования сферических дисков; повысить всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, привлекая тем самым влагу; снизить тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки; сделать рациональным использование конструкции при узкорядном высеве мелкосемянных культур за счет использования бороздкообразователей.

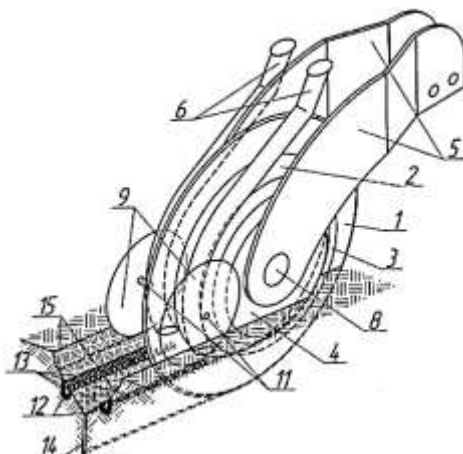


Рис. 1.63. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребрами и дисковыми загортачами для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – внутренняя реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – наружная реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 8, 11 – оси; 9 – сферические диски; 12 – ложе; 13 – семена; 14 – щель; 15 – бороздки

Установка дисков с нулевым углом атаки и крена на двухдисковых и однодисковых сошниках позволяет производить посев на высоких скоростях, при этом уменьшить до минимума разброс почвы в сторо-

ну, сократить расстояние между рядами сошников (при двухрядном расположении на посевных машинах и агрегатах), значительно уменьшить тяговое сопротивление, создать уплотнение ложа не только дна, но и стенок бороздок.

1.16. Патентные исследования конструкций дисковых сошников

Двухдисковый сошник с внешними конусными ребрами (рис. 1.64) включает корпус 1 с отверстиями 2 и болтами 3, два плоских (левый и правый) диска 4 с ребрами-бороздкообразователями-уплотнителями 5. Диски расположены вертикально, параллельно один другому и направлению движения сошника.

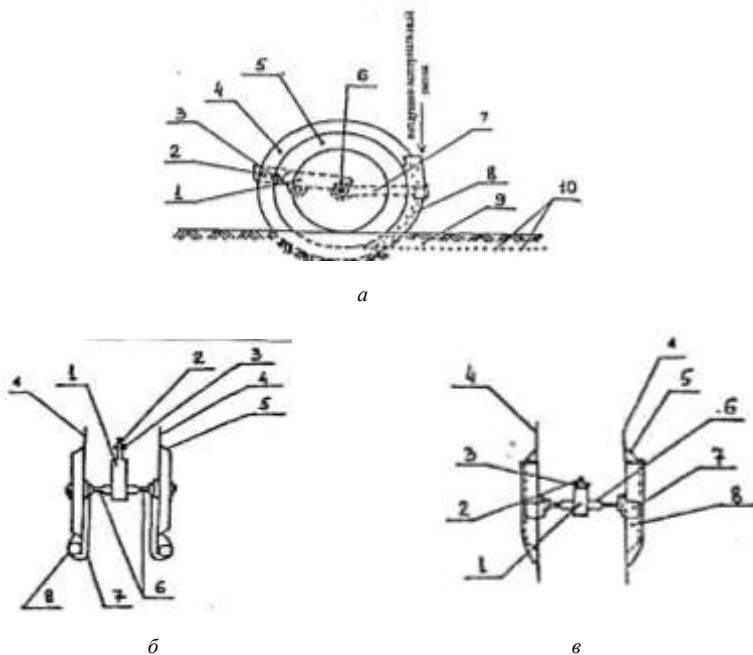


Рис. 1.64. Двухдисковый сошник с внешними конусными ребрами и нулевым углом атаки дисков: *а* – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид сзади; 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – болт; 4 – диски; 5 – реборды-бороздкообразователи-уплотнители; 6 – ось; 7 – пластина; 8 – семянаправитель; 9 – бороздка; 10 – семена

На корпусе закреплены две оси 6. На осях установлены два диска с ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями. Они вращаются на подшипниках качения. Реборды-бороздкообразователи-уплотнители имеют форму усеченных круговых конусов и закреплены с наружных сторон обеих дисков.

На корпусе также закреплены две пластины 7, к которым прикреплены семянаправители 8. Они размещены за ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями.

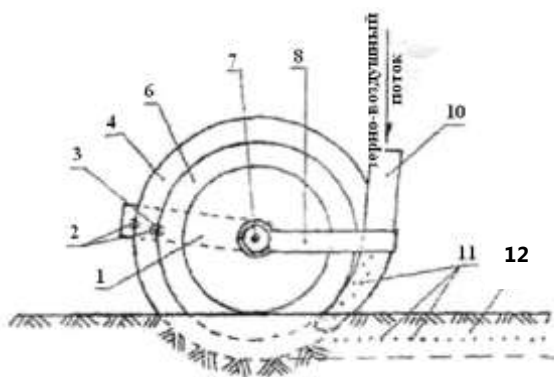
Задачей изобретения является создание сошника, который при высеве семян зерновых, зернобобовых, трав и других сельскохозяйственных культур может обеспечить наименьшее тяговое сопротивление при работе на высоких скоростях и в связи с этим значительно повысить производительность посевных машин и агрегатов.

Двухдисковый четырехстрочный сошник (рис. 1.65) включает корпус 1 с отверстиями 2 и болтами 3, два плоских (левый и правый) диска 4. На дисках закреплены симметрично внутренние 5 и внешние 6 реборды-бороздкообразователи-уплотнители. Диски с ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями расположены вертикально, параллельно один другому и направлению движения сошника.

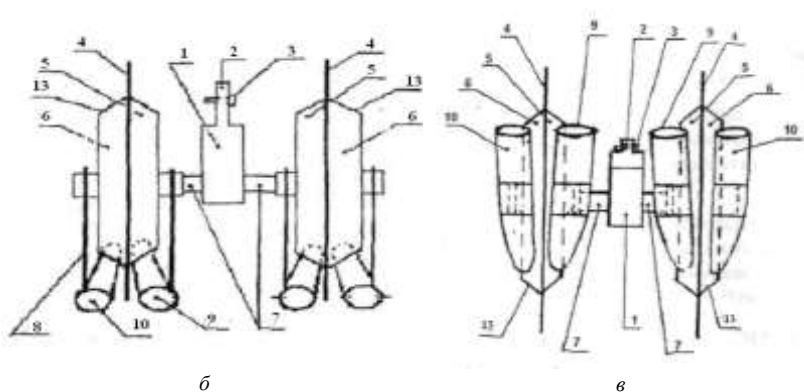
На корпусе закреплены две оси 7. На осях установлены два диска с внутренними и внешними ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями. Они вращаются на подшипниках качения.

Реборды-бороздкообразователи-уплотнители закреплены на дисках симметрично, имеют одинаковые диаметры и образуют к периферии диска равнобедренный треугольник (рис. 1.65, б).

Рабочие кромки 13 внутренних и внешних реборд-бороздкообразователей-уплотнителей имеют острый угол. На корпусе также закреплены две пластины 8, к которым прикреплены семянаправители 9 и 10. Они размещены соответственно за внутренними и внешними ребордами-бороздкообразователями.



a



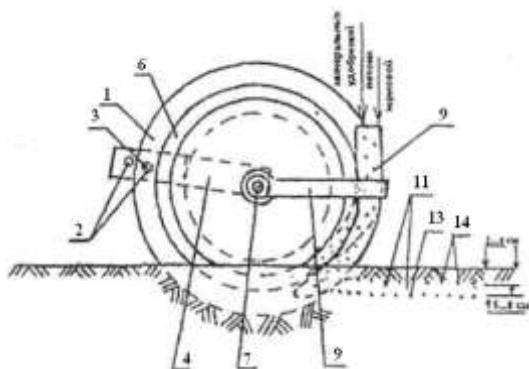
б

в

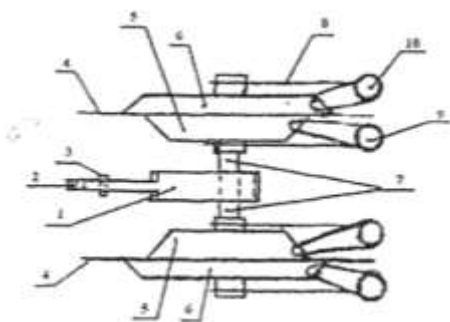
Рис. 1.65. Двухдисковый четырехстрочный сошник с конусными ребрами и нулевым углом атаки дисков: *a* – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид сзади; 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – болт; 4 – диски; 5, 6 – реборды-бороздкообразователи-уплотнители; 7 – ось; 8 – пластина; 9, 10 – семянаправители; 11 – семена; 12 – бороздка; 13 – рабочая кромка

Комбинированный двухдисковый сошник с разновеликими ребордами (рис. 1.66) состоит из корпуса 1 с отверстиями 2 и болтами 3, двух плоских (левого и правого) дисков 4 с внутренними 5 и внешними 6 ребордами-бороздко-образователями-уплотнителями. Диски расположены вертикально, параллельно один другому и направлению движения сошника [22].

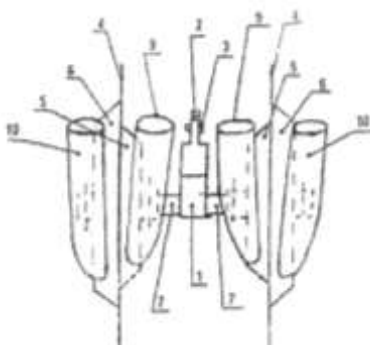
В задней части корпуса закреплены оси 7. На осях установлены диски с внутренними и внешними ребрами-бороздкообразователями-уплотнителями. Внутренние и внешние ребра имеют разную толщину и разные диаметры. На корпусе также закреплены пластины 8, на которых установлены по два семянаправителя 9 и 10.



a



б



в

Рис. 1.66. Комбинированный сошник с разновеликими ребрами и нулевым углом атаки дисков: *a* – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид сзади; 1 – корпус; 2 – отверстия; 3 – болт; 4 – диски; 5, 6 – ребра-бороздкообразователи-уплотнители; 7 – ось; 8 – пластина; 9, 10 – семянаправители; 11 – бороздки; 13 – гранулы минеральных удобрений; 14 – семена

Комбинированный двухдисковый сошник с конусными ребрами (рис. 1.67) состоит из корпуса 3, который присоединяется к поводку сеялки; оси 4, на которой крепятся вертикально и параллельно направлению движения два плоских диска 1 с установленными на их наружных сторонах ребрами-бороздкообразователями 2, имеющими форму усеченных конусов; семянаправителей 5, имеющих форму концентричную форме реборд; пластин 6 с закрепленными на них семянаправителями 5 и козырьками 7.

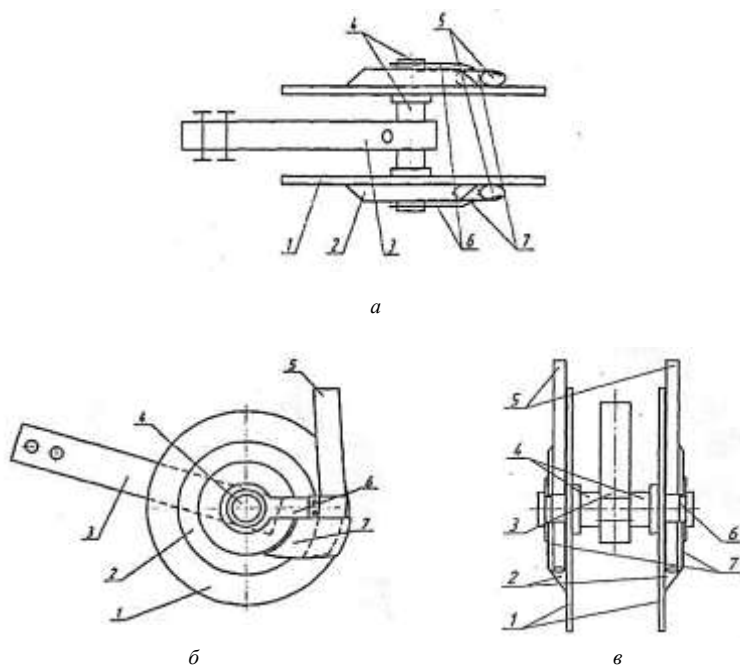
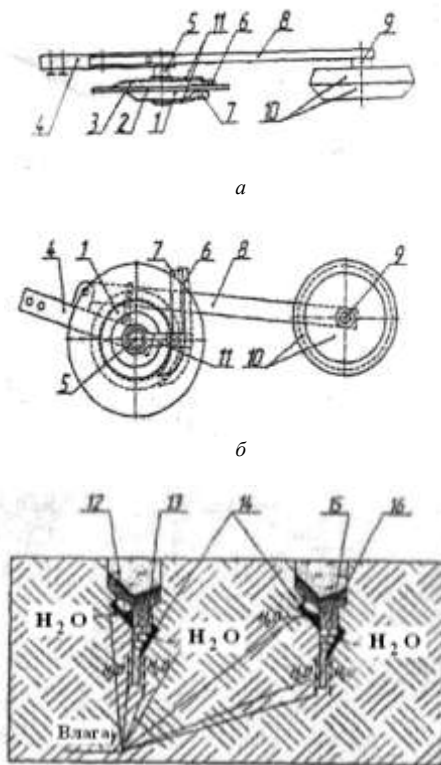


Рис. 1.67. Комбинированный двухдисковый сошник с конусными ребрами и нулевым углом атаки дисков: *а* – вид сверху; *б* – вид сбоку; *в* – вид сзади; 1 – плоские диски; 2 – реборды-бороздкообразователи; 3 – корпус; 4 – ось; 5 – семянаправители; 6 – пластины; 7 – козырьки

Комбинированный двухдисковый сошник, схема которого представлена на рис. 1.67, отличается тем, что на плоских дисках, установленных вертикально и параллельно направлению движения, закреплены реборды, имеющие форму усеченного конуса, а семянаправители

с закрепленными на их пластинах защитными козырьками имеют форму концентричную форме реборд [60].

Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями (рис. 1.68) состоит из корпуса 4, который присоединяется к поводку сеялки.



в

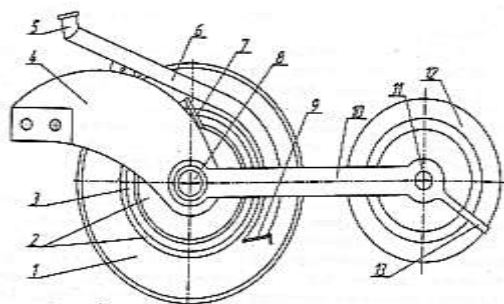
Рис. 1.68. Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки дисков:
 а – вид сверху; б – вид сбоку; в – вид сзади; 1, 3 – уплотнители; 2 – плоский диск; 4 – корпус; 5, 9 – оси; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 10 – прикатывающий каток; 11 – пластина; 12 – семена; 13 – удобрения; 14 – уплотнительное ложе; 15 – шель; 16 – почва

На оси 5 без угла атаки к направлению движения установлен вертикально и параллельно направлению движения плоский диск 2 с закрепленными на его внутренней и внешней сторонах ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями 1 и 3, имеющими форму усеченных конусов; к пластинам 11 прикреплены семянаправитель 6 и туконаправитель 7, а за диском 2 на оси 9 установлен поводок 8 и прикатывающий каток 10.

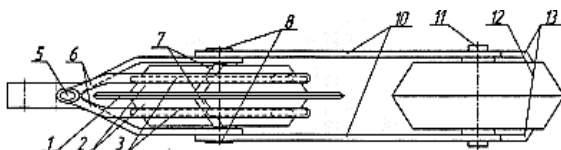
Комбинированный однодисковый сошник, схема которого представлена на рис. 1.68, отличается тем, что на плоском диске установлены реборды различных диаметров, толщины и углов вхождения в почву с семя- и туконаправителями, которые имеют форму концентричную форме соответствующих им реборд, а опорная поверхность прикатывающего катка имеет ступенчатую форму и различные углы прикатывающих кромок.

Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева с двухсторонними ребордами (рис. 1.69) состоит из корпуса 4, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его внутренней и внешней сторонах ребордами 2 с бороздкообразователями 3; воронки 5 и семянаправителей 6 с клапанами 9; закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей; поводка 10 с закрепленным на оси 11 прикатывающим катком 12; установленного на поводке чистика 13.

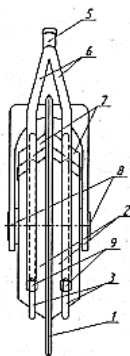
Комбинированный однодисковый сошник, схема которого представлена на рис. 1.69, отличается тем, что на плоском диске с противоположных сторон установлены симметричные реборды, имеющие форму комбинированного усеченного конуса, с закрепленными на них бороздкообразователями; семянаправители, установленные вслед за ними, имеют форму концентричную форме реборд, а опорная поверхность прикатывающего катка в поперечном сечении – форму равнобедренного треугольника.



a



б



в

Рис. 1.69. Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева с двухсторонними ребрами и нулевым углом атаки дисков: а – вид сбоку; б – вид сверху; в – вид сзади; 1 – плоский диск; 2 – реборды; 3 – бороздкообразователи; 4 – корпус; 5 – делительная головка; 6 – семянаправитель; 7, 13 – чистики; 8, 11 – оси; 9 – клапан; 10 – поводок; 12 – прикатывающий каток

Однодисковый сошник (рис. 1.70) состоит из корпуса 3, который присоединяется к поводку сеялки; оси 7, на которой крепятся с помощью подшипников 9 плоский диск 1 без угла атаки к направлению движения, а с противоположных его сторон – реборды 2; делительной воронки 4 и семянаправителей 5 с клапанами 8; закрепленных на корпусе чистиков 6, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд.

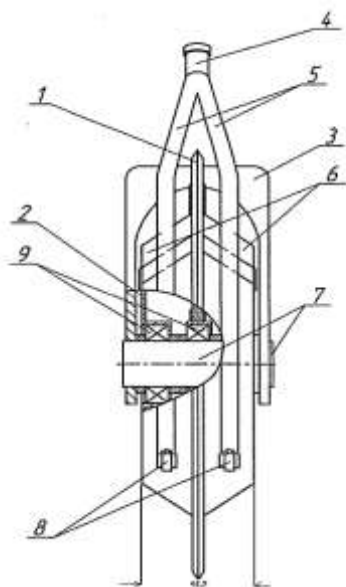


Рис. 1.70. Однодисковый сошник с двухсторонними ребрами-бороздкообразователями для узкорядного посева:
 1 – плоский диск; 2 – ребра;
 3 – корпус; 4 – делительная воронка; 5 – семянаправители;
 6 – чистики; 7 – ось;
 8 – клапаны; 9 – подшипники

Однодисковый сошник, схема которого представлена на рис 1.70, отличается тем, что плоский диск и закрепленные с противоположных сторон его симметричные реборды, имеющие форму усеченного конуса, установлены подвижно относительно друг друга, а семянаправители, установленные вслед за ними, имеют форму концентричную форме реборд.

На рис. 1.71 представлен комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребордами и дисковыми загортачами. Он состоит из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки и крена к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренними и наружными ребордами 2 и 4 с бороздкообразователями 3; семянаправителей 6 с клапанами 10 и установленных у их основания сферических дисков 9 на осях 11; закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей [2].

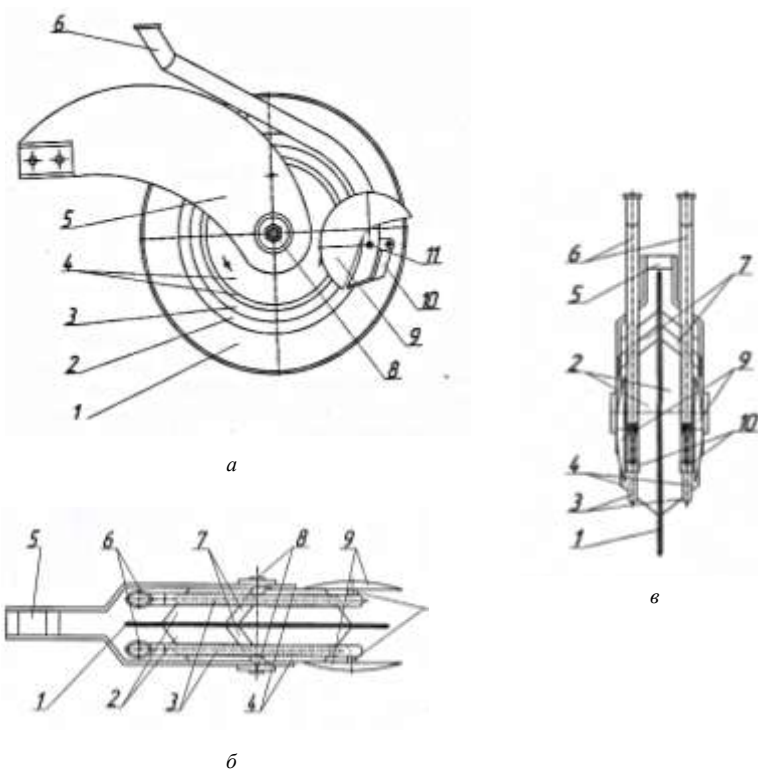


Рис. 1.71. Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами и дисковыми загортачами с нулевым углом атаки дисков для узкорядного посева: *а* – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид сзади: 1 – плоский диск; 2 – внутренняя реборда; 3 – бороздкообразователи; 4 – наружная реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 7 – чистики; 8, 11 – оси; 9 – сферический диск; 10 – клапан

Комбинированный однодисковый сошник, схема которого представлена на рис 1.71, отличается тем, что на нем установлены с обеих сторон реборды в форме усеченного конуса с бороздкообразователями, создающие уплотненные ложа с выдавленными в них бороздками; семянаправителям придается форма концентричная форме реборд, а на них у самого основания установлены сферические диски-загортачи, защищающие семянаправители от повреждения и устраняющие осыпание стенок борозд в районе высев семян.

Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева (рис. 1.72) состоит из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки.

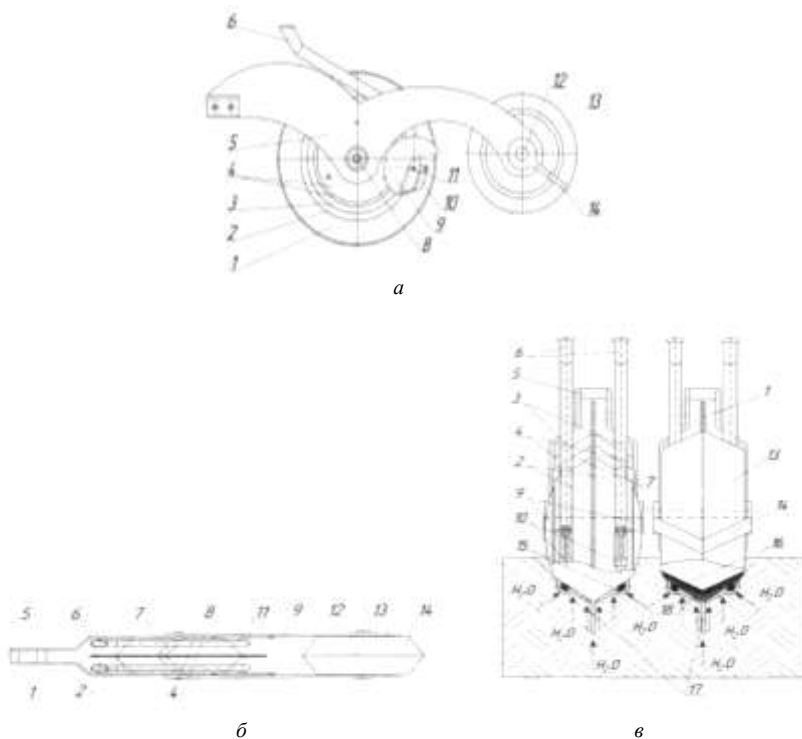


Рис. 1.72. Комбинированный сошник для узкорядного посева:
a – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид сзади; 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды;
 3 – бороздкообразователи; 5 – корпус; 6 – семянаправители;
 7, 14 – чистики; 8, 11, 12 – оси; 9 – сферические диски; 10 – клапаны;
 13 – прикатывающий каток; 15 – ложа; 16 – семена

На оси 8 крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренними и наружными ребордами 2 и 4 с бороздкообразователями 3; к пластинам, закрепленным на корпусе, прикреплены семянаправители 6 с клапанами 10, у основания которых установлены сферические диски 9 на

осях 11; на корпусе закреплены чистики 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей, а на оси 12 – прикатывающий каток 13 с установленным на поводке чистиком 14.

Комбинированный однодисковый сошник, схема которого представлена на рис 1.72, отличается тем, что на плоском диске установлены реборды, имеющие форму усеченного конуса с закрепленными на них бороздкообразователями; семянаправители с установленными у их оснований сферическими дисками имеют форму концентричную форме реборд, а опорная поверхность прикатывающего катка в поперечном сечении – форму равнобедренного треугольника.

Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева (рис. 1.73) состоит из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки.

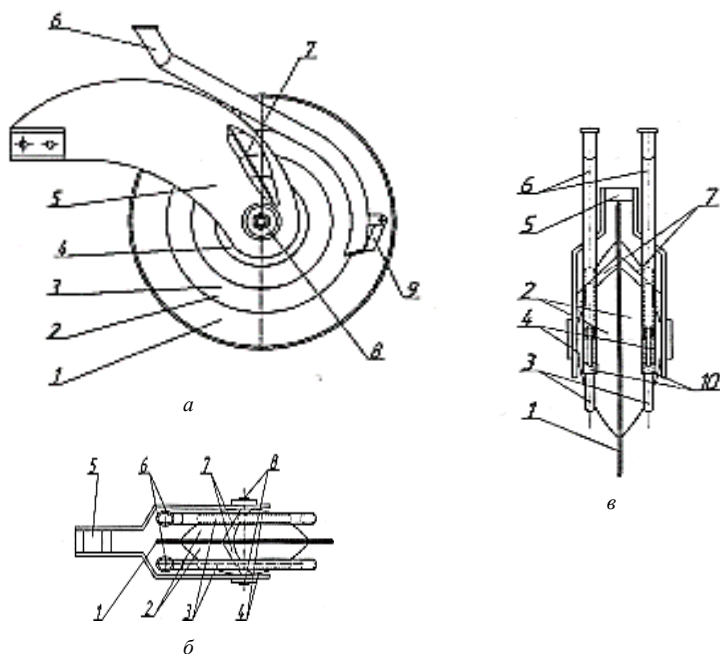


Рис. 1.73. Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева:
a – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид сзади; 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды;
 3 – бороздкообразователи; 5 – корпус; 6 – семянаправители;
 7 – чистики; 8 – ось; 9 – клапан; 10 – щели

На оси 8 крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах ребордами 2 и 4 с бороздкообразователями 3; к пластинам, закрепленным на корпусе, прикреплены семянаправители 6 с клапанами 9; на корпусе закреплены чистики 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей.

Однодисковый сошник, схема которого представлена на рис 1.73, отличается тем, что на плоском диске, установленном вертикально и параллельно направлению движения, закреплены на внутренней и внешней сторонах реборды, имеющие форму полусферы, с бороздкообразователями, а семянаправители имеют форму концентричную форме бороздкообразователей.

1.17. Технологический процесс работы дисковых сошников различной конструкции

Двухдисковый сошник работает следующим образом (рис. 1.74). Диски 4, двигаясь в почве, разрезают ее, а также пожнивные и растительные остатки, а затем реборды-бороздкообразователи-уплотнители 5 образуют бороздки 9 с правой стороны правого диска и с левой стороны левого диска. В образовавшиеся бороздки укладываются семена 10, например, зерновых культур, поступающие под действием силы тяжести и воздушного потока по семянаправителю 8. Семена, находящиеся в бороздке, присыпаются почвой [4].

Реборды-бороздкообразователи-уплотнители с правой и левой сторон работают следующим образом. Плоская часть диска разрезает почвенные и растительные остатки, почву, образуя щель 11. Под щелями за счет уплотнения почвы ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями к семенам подтягивается влага. Реборда-бороздкообразователь-уплотнитель поддерживает равномерную глубину заделки семян, а также при образовании бороздки уплотняет ее дно. Кроме того, она создает за собой разреженное пространство, в котором размещается семянаправитель.

Установка рабочих дисков без углов атаки и крена на двухдисковом сошнике с ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями позволяет уменьшить до минимума отброс почвы в стороны от диска и снизить тяговое сопротивление сошника при работе на высоких скоростях.

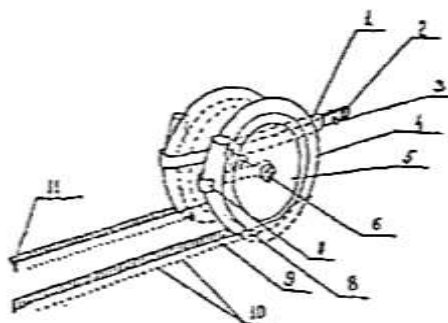


Рис. 1.74. Технологический процесс работы двухдискового сошника с внешними ребрами-бороздкообразователями-уплотнителями: 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – болт; 4 – диск; 5 – реборда-бороздкообразователь-уплотнитель; 6 – ось; 7 – пластина; 8 – семянаправитель; 9 – бороздка; 10 – семена; 11 – щель

Такая установка рассматриваемого двухдискового сошника не создает боковых сил, что позволяет работать на скоростях движения 10–15 км/ч и более, при этом одновременно уменьшить до минимума разброс почвы в стороны. Это дает возможность расставлять сошники в один ряд с расстоянием между рядками семян 12,5 см и менее [62].

Таким образом, использование двухдисковых сошников с ребрами-бороздкообразователями-уплотнителями с нулевым углом атаки позволяет уменьшить тяговое сопротивление сошников при работе на высоких скоростях.

Двухдисковый четырехстрочный сошник работает следующим образом (рис. 1.75). Корпус 1 сошника присоединяют к доводку сеялки с помощью отверстий 2 и болтов 3. Два диска 4, двигаясь в почве, разрезают ее, а также пожнивные и растительные остатки, а затем внутренние 5 и внешние 6 реборды-бороздкообразователи-уплотнители образуют по две бороздки с правой и левой сторон правого и левого дисков 4. В образовавшиеся четыре бороздки 13 укладываются семена 11 и 12, например, зерновых культур, поступающие под действием силы тяжести и воздушно-зернового потока по семянаправителям 9 и 10. Семена, находящиеся в бороздках, присыпаются почвой. Реборды-бороздкообразователи-уплотнители, установленные с правой и левой сторон дисков, работают следующим образом. Плоская часть диска разрезает почвенные и растительные остатки, образуя щели.

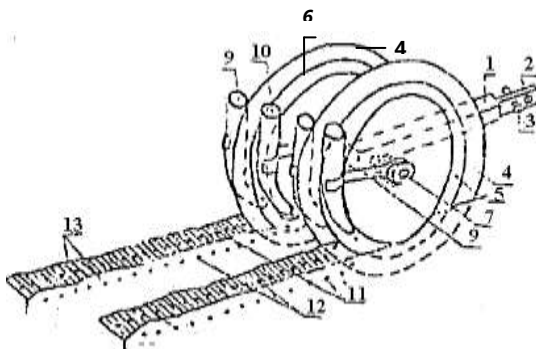


Рис. 1.75. Технологический процесс работы двухдискового четырехстрочного сошника: 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – болт; 4 – диски; 5, 6 – реборды-бороздкообразователи-уплотнители; 7 – ось; 9, 10 – семянаправители; 11 – семена; 12 – удобрения; 13 – бороздка

По щелям за счет уплотнения почвы ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями 5 и 6 к семенам подтягивается влага. Реборды-бороздкообразователи-уплотнители поддерживают равномерную глубину заделки семян, а также при образовании четырех бороздок 13 уплотняют их боковые стенки. Кроме того, они создают за собой разреженное пространство, в котором размещаются семянаправители 9 и 10. Рабочие кромки бороздкообразователей-уплотнителей образуют равнобедренный треугольник с острыми углами при вершине. Это дает возможность дискам 4 с ребордами 5 и 6 легко заглубляться в почву и плавно изменять глубину хода дисков с ребордами, а соответственно, и глубину заделки семян.

Двухдисковый четырехстрочный сошник с ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями позволяет более равномерно распределять семена, например, зерновых культур по площади питания и уменьшить до минимума отброс почвы в стороны при бороздкообразовании, а также снизить тяговое сопротивление сошника при посеве на высоких скоростях.

Таким образом, предлагаемый двухдисковый четырехстрочный сошник при движении в почве распределяет семена в четыре бороздки одновременно, что позволяет более равномерно распределить семена по площади поля. За счет более равномерного распределения семян обеспечивается оптимальное питание растений, повышается урожайность зерновых и других культур и снижается тяговое сопротивление сошников.

Комбинированный двухдисковый сошник с внешними и внутренними ребрами (рис. 1.76) работает следующим образом. Корпус 1 сошника присоединяют к поводку сеялки с помощью отверстий 2 и болтов 3. Рабочие диски 4 с внутренними 5 и внешними 6 ребрами-бороздкообразователями-уплотнителями установлены на осях 7 без углов атаки и крена. Внутренние и внешние ребры имеют разные диаметр и толщину. Диски, двигаясь в почве, разрезают ее, а также пожнивные и растительные остатки, а внутренние и внешние ребры-бороздкообразователи-уплотнители выдавливают по две бороздки с правой и левой стороны правого диска и с левой и правой стороны левого диска. За счет разного диаметра и толщины внутренних и внешних ребры образуются четыре бороздки 11 и 12, которые имеют разные глубину и ширину. В образованные бороздки укладываются, например, гранулы 13 минеральных удобрений и семена 14 зерновых культур, поступающие под действием силы тяжести или воздушного потока по семянаправителям 9 и 10. Гранулы минеральных удобрений и семена зерновых культур, находящиеся в бороздках, присыпаются почвой.

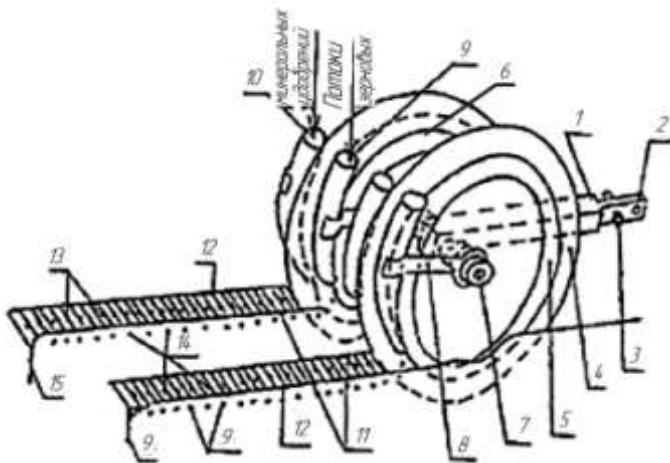


Рис. 1.76. Технологический процесс работы комбинированного двухдискового сошника с внешними и внутренними ребрами для четырехстрочного посева:
 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – болт; 4 – диск; 5, 6 – ребры; 7 – ось;
 8 – пластина; 9, 10 – семяпроводы; 11, 12 – бороздки; 13 – гранулы минеральных удобрений; 14 – семена; 15 – щели

Реборды-бороздкообразователи-уплотнители 5 и 6 работают следующим образом. Плоская часть диска 4 разрезает почву, пожнивные и растительные остатки, образуя щель 15. По щели за счет уплотнения почвы внутренними 5 ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями к семенам 14 зерновых культур, а внешними 6 к гранулам 13 минеральных удобрений подтягивается влага. Реборды-бороздкообразователи-уплотнители ограничивают глубину заделки семян зерновых культур и минеральных удобрений, а также при образовании бороздок 11 и 12 уплотняют их дно. В связи с тем, что внутренние и внешние реборды имеют разные диаметр и толщину, они образуют бороздки разной ширины и глубины. Поэтому гранулы минеральных удобрений заделываются на большую глубину (5 см), а семена зерновых культур – на меньшую (2...4 см).

Установка рабочих дисков без углов атаки и крена на комбинированном сошнике с внешними и внутренними ребордами позволяет уменьшить до минимума отброс почвы в стороны от диска и снизить тяговое сопротивление сошника.

Уплотнение почвы ребордами-бороздкообразователями позволяет подтягивать влагу к гранулам минеральных удобрений и семенам зерновых культур и обеспечивать лучшую усвояемость туков, прорастание семян и появление всходов.

Установка на правых и левых дисках симметрично закрепленных внутренних и внешних реборд разного диаметра и толщины выравнивает боковые силы, что позволяет работать на скоростях движения 10...15 км/ч и более, при этом уменьшается до минимума разброс почвы в стороны. Это дает возможность расставлять сошники в один ряд на посевных машинах.

Установка дисков без углов атаки на двухдисковых сошниках с ребордами разного диаметра и толщины позволяет одновременно высевать два материала при работе на повышенных скоростях – 15...20 км/ч и более.

Комбинированный двухдисковый сошник с разновеликими ребордами (рис. 1.77) работает следующим образом. Корпус 1 сошника присоединяют к поводку сеялки с помощью отверстий 2 и болтов 3. Рабочие диски 4 с внешними 5 и внутренними 6 ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями установлены на осях 7 без углов атаки и крена. Внешние и внутренние реборды имеют разный диаметр. Диски, двигаясь в почве, разрезают ее, а также пожнивные и растительные остатки, а внешние и внутренние реборды-бороздкообразователи-

уплотнители выдавливают по две бороздки с правой и левой стороны правого диска и с левой и правой стороны левого диска. За счет разного диаметра внешних и внутренних реборд образуются четыре бороздки 11 и 12. В образованные бороздки укладываются, например, семена зерновых 13 и травяных 14 культур, поступающие под действием силы тяжести и воздушного потока соответственно по семянаправителям 9 и 10. Семена, например, зерновых и травяных культур, находящиеся в бороздках, присыпаются почвой.

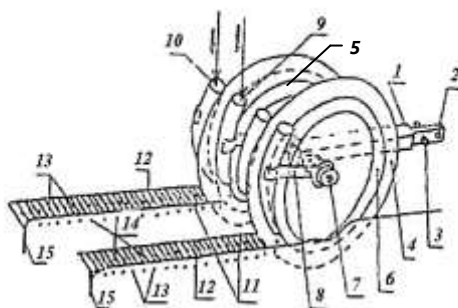


Рис. 1.77. Технический процесс работы комбинированного двухдискового сошника с разновеликими ребордами: 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – болт; 4 – диск; 5, 6 – реборды-бороздкообразователи-уплотнители; 7 – ось; 8 – пластина; 9, 10 – семянаправители; 11, 12 – бороздки; 13, 14 – семена трав и зерновых; 15 – щели

Реборды-бороздкообразователи-уплотнители 5 и 6 работают следующим образом. Плоская часть диска 4 разрезает почву, пожнивные и растительные остатки, образуя щель 15. По щели за счет уплотнения почвы внешними 5 ребордами-бороздкообразователями-уплотнителями к семенам 14 трав, а внутренними 6 к семенам 13 зерновых культур подтягивается влага. Реборды-бороздкообразователи-уплотнители ограничивают глубину заделки семян зерновых культур и трав, а также при образовании бороздок 11 и 12 уплотняют их дно. В связи с тем, что внутренние и внешние реборды имеют разный диаметр, они образуют бороздки на разной глубине. Поэтому семена зерновых культур высеваются на большую глубину (2...4 см), а семена 14 травяных культур – на меньшую (1...2) см.

Установка рабочих дисков 4 без углов атаки и крена на комбинированном двухдисковом сошнике позволяет уменьшить до минимума

отброс почвы в стороны от диска и снизить тяговое сопротивление сошника.

Установка на правых и левых дисках симметрично внутренних и внешних реборд разного диаметра выравнивает боковые силы, что позволяет работать на скоростях движения 10...15 км/ч и более, при этом уменьшается до минимума разброс почвы в стороны. Это дает возможность расставлять сошники в один ряд на посевных машинах.

Установка дисков без углов атаки на двухдисковых сошниках с ребордами разного диаметра позволяет одновременно высевать две культуры или два материала на разную глубину, уменьшить тяговое сопротивление комбинированных сошников и работать на высоких скоростях – 10...15 км/ч и более.

Сошник, представленный на рис. 1.78, работает следующим образом. Диски 1, свободно вращающиеся на оси 4, при движении в почву разрезают пожнивные и растительные остатки, образуя узкие щели 8 на расстоянии $b \leq 12,5$ см друг от друга, а установленные на них с наружной стороны реборды-бороздкообразователи 2 создают с одной стороны от щели бороздки с уплотненными ложами 9. В образованные бороздки на уплотненные ложа из семяпровода по семянаправителю 5 укладываются семена 10 зерновых культур. Закрепленные на пластинах 6 козырьки защищают семянаправители от повреждений и предотвращают преждевременное осыпание стенки бороздки в зоне высева семян, обеспечивая тем самым равномерность укладки семян по глубине. Образованные плоскими дисками тонкие щели частично заполняются почвой. Благодаря уплотнению ложа бороздок улучшается контакт семян с почвой, повышается всхожесть семян, а также к заделанным семенам подтягивается влага.

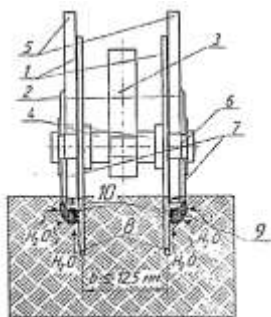


Рис. 1.78. Технологический процесс сошника: 1 – плоские диски; 2 – реборды-бороздкообразователи; 3 – корпус; 4 – ось; 5 – семянаправители; 6 – пластина; 7 – козырьки; 8 – щели; 9 – уплотненное ложе; 10 – семена

Сошник позволяет: устранить сгруживание и отброс почвы, а также сделать рациональным его использование при одновременном высеве семян в две бороздки за счет установки дисков вертикально и параллельно направлению движения; исключить осыпание стенки бороздки в районе высева семян и предотвратить повреждение семянаправителей за счет использования козырьков; повысить всхожесть семян за счет использования реборд-бороздкообразователей, которые создают уплотненные ложа; снизить тяговое сопротивление за счет установки дисков сошника вертикально и параллельно направлению движения.

Схема технологического процесса однодискового сошника с двухсторонними ребордами представлена на рис. 1.79.

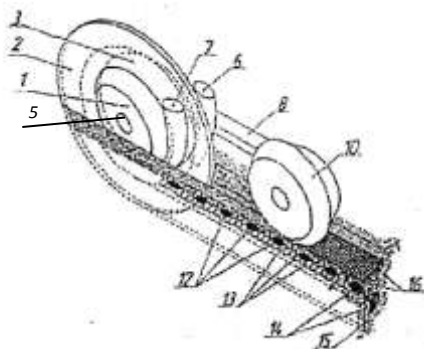


Рис. 1.79. Технологический процесс однодискового сошника с двухсторонними конусными ребордами для узкорядного посева:
 1, – бороздкообразователь-уплотнитель; 2 – плоский диск;
 3 – уплотнитель; 5 – ось; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель;
 8 – поводок; 10 – прикатывающий каток; 12 – семена;
 13 – удобрения; 14 – уплотненное ложе; 15 – щель; 16 – почва

Диск 2, свободно вращающийся на оси 5, при движении в почве разрезает пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 15, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды-бороздкообразователи-уплотнители 1 и 3 за счет различных диаметров, ширины и углов вхождения в почву создают по обе стороны от щели бороздки разной ширины на разной глубине с уплотненными под разными углами ложами 14. В образованные бороздки на уплотненное ложе из тукопровода по туконаправителю 7 и соответственно из семяпровода по семянаправителю 6 под силой тяжести укладываются

удобрения *13* и семена *12* зерновых культур. Образованная плоским диском тонкая щель *15* частично заполняется почвой. Установленный за сошником при помощи поводка *8* прикатывающий каток *10* за счет приданной ему ступенчатой формы и различных углов прикатывающих кромок вдавливают одновременно уложенные рядки удобрений и рядки семян. В уплотненном ложе бороздок и образуемых над ними слоев почвы *16* неодинаковой плотности каток обеспечивает оптимальное размещение удобрений и семян в почве. Благодаря уплотненным под разными углами ложам бороздок и слоям почвы неодинаковой плотности улучшается контакт удобрений и семян с почвой, снижаются потери удобрений и повышается всхожесть семян, а также к заделанным удобрениям и семенам подтягивается влага.

Применение данной конструкции сошника позволяет обеспечить ресурсосбережение за счет оптимальной прослойки почвы между лентами удобрений и рядками семян при получении бороздок различной глубины и ширины и нарезанной между ними щели. Это позволяет: уменьшить потери удобрений за счет создания над ними ступенчатым прикатывающим катком слоев почвы неодинаковой плотности, что предохраняет удобрения от улетучивания газообразной составляющей и вымывания при промывном режиме; повысить всхожесть семян и интенсивность растворения удобрений за счет использования реборд-бороздкообразователей-уплотнителей, уплотняющих ложе бороздок, и прикатывающего катка, вдавливающего удобрения и семена в уплотненные под разными углами ложа бороздок для подтягивания к ним влаги; устранить сгуживание и отброс почвы в сторону, а также снизить тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки.

Комбинированный однодисковый сошник (рис. 1.80) работает следующим образом. Плоский диск, свободно вращающийся на оси *8*, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные растительные остатки, образуя узкую щель *15*, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды *2* создают по обе стороны от щели уплотненные под углом к горизонту ложа *14*. В уплотненных ложах установленные на ребордах бороздкообразователи с закругленными кромками выдавливают бороздки *17* с расстоянием $b = 62,5$ мм между ними. Делительная воронка *5* разделяет поток семян на две части и направляет их в семянаправители *6*, из которых под силой тяжести в образованные бороздки поступают семена *16* мелкозерновых культур. Установленный за сошником при помощи поводка прикатывающий

каток за счет приданной ему формы образует над бороздками с уложенными в них семенами прослойку почвы 18 неодинаковой плотности. За счет установленного на поводке чистика 13, копирующего форму катка, почва не налипает на его поверхность. Образованная плоским диском тонкая щель заполняется почвой рыхлой структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян. Благодаря уплотненным ломам и верхней прослойке почвы неодинаковой плотности к уложенным в бороздки семенам подтягивается влага, что повышает их всхожесть.

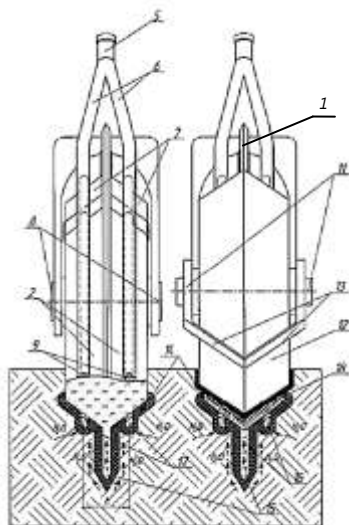


Рис. 1.80. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребордами и нулевым углом атаки дисков: 1 – диск; 2 – реборды; 5 – делительная головка; 6 – семянаправители; 7, 13 – чистики; 8, 11 – оси; 9 – клапаны; 12 – прикатывающий каток; 14 – ложа; 15 – щели; 16 – семена; 17 – бороздка; 18 – почва

Применение данной конструкции сошника позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей, устранить сгруживание и отброс почвы, повысить всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, и прикатывающего катка,

создающего прослойку почвы неодинаковой плотности и привлекающего тем самым влагу; снизить тяговое сопротивление агрегата и добиться прямолинейности бороздок за счет применения плоского диска в качестве сошника и установки его без угла атаки; сделать рациональным использование конструкции при узкорядном посеве мелкосемянных культур за счет использования бороздкообразователей.

Однодисковый сошник работает следующим образом (рис. 1.81).

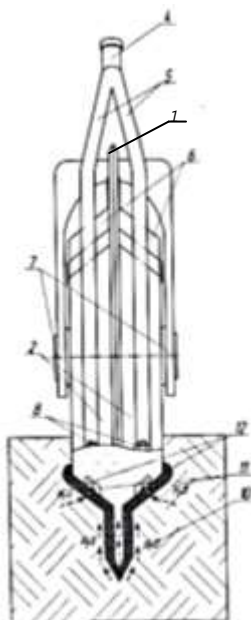


Рис. 1.81. Технологическая схема работы однодискового сошника: 1 – диск; 2 – реборды; 4 – делительная воронка; 5 – семянаправители; 6 – чистики; 7 – ось; 8 – клапаны; 10 – шель; 11 – ложа; 12 – семена

Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси 7, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 10, а установленные с обеих сторон его реборды 2 создают по обе стороны от щели уплотненные под углом к горизонту ложа 11. Установленные на корпусе чистики 6 очищают от налипшей почвы рабочую поверхность реборд. Делительная воронка 4 разделяет поток семян на две части и направляет их в семянаправители 5, из которых под силой тяжести на уплотненные ложа укладываются семена 12 зерновых культур и присыпаются почвой.

Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами и дисковыми загорточами (рис. 1.82) работает следующим образом.

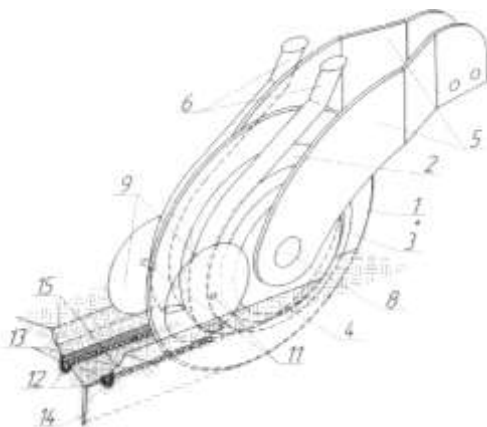


Рис. 1.82. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребрами и дисковыми загорточами: 1 – плоский диск; 2 – внутренняя ребра; 3 – бороздкообразователь; 4 – наружная ребра; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 8, 11 – оси; 9 – сферические диски; 12 – ложа; 13 – семена; 14 – щель; 15 – бороздки

Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси 8, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 14, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды 2 и 4 создают по обе стороны от щели 14 уплотненные под углом к горизонту ложа 12. Установленные на ребордах бороздкообразователи 3 с закругленными кромками выдавливают бороздки с расстоянием $b = 62,5$ мм между ними. Потоки семян направляются в семянаправители 6, из которых под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 13 мелко семянных культур, а сферические диски 9, установленные на осях 11 у основания семянаправителей, создают бороздки 15 и предотвращают тем самым осыпание стенок борозды в месте высева семян. Образованная плоским диском тонкая щель 14 заполняется почвой рыхлой

структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян. Благодаря уплотненным ложам к уложенным в бороздках семенам подтягивается влага, что повышает их всхожесть.

Применение данной конструкции сошника позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей; устранить сгуживание и отброс почвы; исключить осыпание стенок борозд в районе высева семян и предотвратить повреждение семянаправителей за счет использования сферических дисков; повысить всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, подтягивая тем самым влагу; снизить тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки; сделать рациональным использование конструкции при узкорядном высеве мелкосемянных культур за счет использования бороздкообразователей.

Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребордами и прикатывающим катком (рис. 1.83) работает следующим образом. Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси 8, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 17, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды 2 и 4 создают по обе стороны от щели уплотненные под углом к горизонту ложа 15. В уплотненных ложах установленные на ребордах бороздкообразователи 3 с закругленными кромками выдавливают бороздки с расстоянием $b = 62,5$ мм между ними. Потоки семян направляются в семянаправители 6, из которых под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 16 мелкосемянных культур, а сферические диски 9, установленные на осях 11 у основания семянаправителей, создают бороздки 19 и предотвращают тем самым осыпание стенок бороздки в районе высева семян. Установленный за сошником на корпусе 5 прикатывающий каток 13 за счет приданной ему формы образует над бороздками с уложенными в них семенами прослойку почвы неодинаковой плотности, а за счет установленного на поводке чистика 14, копирующего форму катка, почва не налипает на его поверхность. Образованная плоским диском тонкая щель 17 заполняется почвой рыхлой структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян. Благодаря уплотненным ложам к уложенным в бороздки семенам подтягивается влага, что повышает их всхожесть.

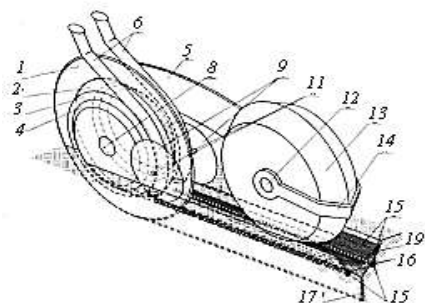


Рис. 1.83. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребрами и прикатывающим катком: 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды; 3 – бороздкообразователь; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 8, 11, 12 – оси; 9 – сферический диск; 13 – прикатывающий каток; 14 – чистик; 15 – ложа; 16 – семена; 17 – щель; 19 – бороздка

Применение данной конструкции сошника позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей; устранить сгруживание и отброс почвы; исключить осыпание стенок борозд. В районе высева семян предотвращается повреждение семянаправителей за счет использования сферических дисков; повышается всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, а также прикатывающего катка. Он создает прослойку неодинаковой плотности, подтягивая тем самым влагу; снижает тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки. Делает рациональным использование конструкции при узкорядном высева мелкосемянных культур за счет использования бороздообразователей.

Однодисковый сошник, схема которого представлена на рис. 1.84, работает следующим образом.

Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образуя узкую щель 10. Установленные на диске с внутренней и наружной стороны реборды 2 и 4 создают по обе стороны от щели уплотненные под углом к горизонту ложа 11. В уплотненных ложах установленные на ребордах бороздкообразователи 3 с закругленными кромками выдав-

ливают бороздки с расстоянием $b = 62,5$ мм между ними. Из семянаправителей 6 под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 12 мелкосемянных культур. Образованная плоским диском тонкая щель 10 заполняется рыхлой почвой, создавая тем самым запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян. Благодаря уплотненным ложам к уложенным в бороздки семенам подтягивается влага, что повышает их всхожесть.

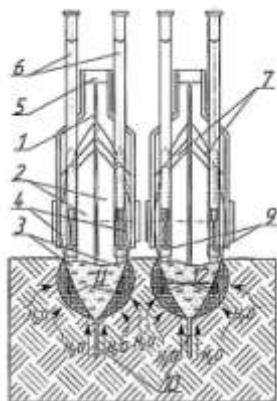


Рис. 1.84. Технологическая схема работы однодискового сошника: 1 – плоский диск; 2, 4 – реборды; 3 – бороздкообразователь; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 7 – чистик; 9 – клапан; 10 – щель; 11 – ложа; 12 – семена

Применение данной конструкции сошника позволяет: устранить сгуживание и отброс почвы за счет установки сошников без угла атаки; сделать рациональным их использование при узкорядном высеве мелкосемянных культур за счет использования бороздкообразователей; добиться равномерности заделки семян за счет использования реборд в форме полусферы с бороздкообразователями, а также исключить возможность повреждения семянаправителей за счет придания им формы концентричной формы бороздкообразователей.

1.18. Обзор вариантов оптимального посева

Сошники, используемые в традиционной технологии, создают различные профили посевной бороздки. Обычно используются сошники

с двумя вариантами профиля посевной бороздки: V- и U-образная щель (рис. 1.85).

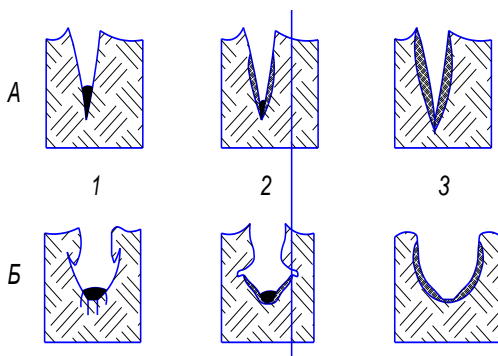


Рис. 1.85. Профили посевных борозд на суглинистых почвах (А – V-образные; Б – U-образные) при влажности почвы: 1 – 15 %; 2 – 20 %; 3 – 27 %

В настоящее время большинство импортных почвообрабатывающе-посевных агрегатов оборудовано рабочими органами для описанного способа сева. При этом в зависимости от назначения по условиям применения (тип почвы, агрофон, система обработки почвы, рельеф и др.) можно выделить четыре различных варианта посева.

Первый вариант посева осуществляется комбинированными сошниками (рис. 1.86, а) фирмы «Horsch» (Германия), «Sulky» (Франция), «Pöttinger» (Австрия), «Kverneland» (Норвегия). Технологический процесс работы (рис. 1.86, б) включает следующие операции: укладка семян в бороздки, раскрытые сошниками; прикатывание бороздок с семенами, обрезиненными каточками, ширина обода которых несколько больше ширины дна бороздки, благодаря чему семена полностью закрываются обжатой почвой; закрытие прикатанных бороздок рыхлой почвой пружинными боронками (загортачами) за сошниками.

Достоинства варианта: хорошие контакт семян с почвой и обеспеченность влагой; полосовое прикатывание посевного слоя, которое по сравнению со сплошным прикатыванием обеспечивает лучший воздухообмен почвы; замедление процесса испарения влаги из уплотненного слоя почвы с семенами в результате заполнения рыхлой почвой бороздок.

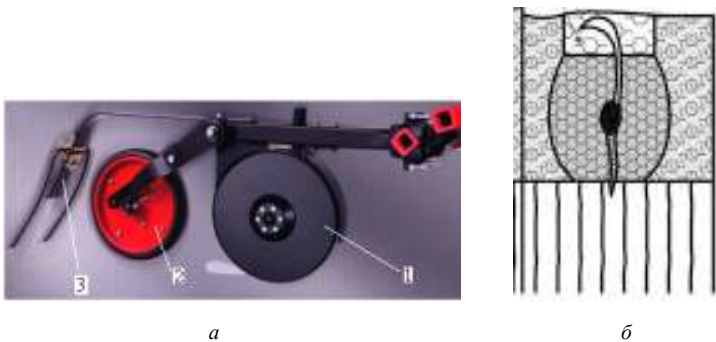


Рис. 1.86. Комбинированный сошник для первого варианта посева:
a – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс;
 1 – двухдисковый сошник; 2 – прикатывающий обрезиненный каток;
 3 – загортач

Основной недостаток варианта: посев производится на неуплотненное ложе и при увеличении скорости движения агрегата происходит отброс почвы в сторону, для нормальной работы необходимо использование дополнительных операций по подготовке ложа.

Второй вариант посева осуществляется комбинированными сошниками (рис. 1.87, *a*), фирм «Rabe» (Германия), «Röttinger» (Австрия), «Tume» (Норвегия), «Kongskilde» (Дания), «Väderstad» (Швеция). Технологический процесс (рис. 1.87, *б*) данного варианта близок первому, отличается от него лишь тем, что семена, уложенные в раскрытые сошниками бороздки, прикатываются ленточно, одним широким катком или колесом на две бороздки.

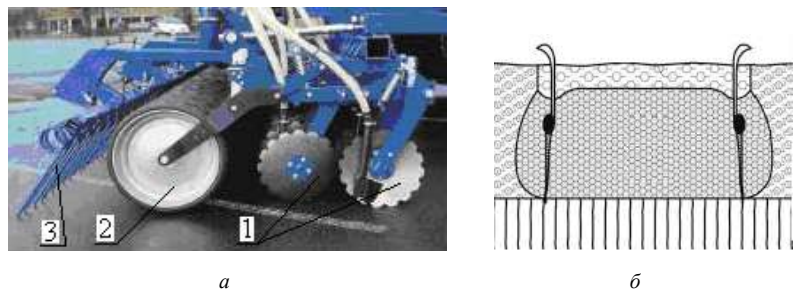


Рис. 1.87. Комбинированный сошник для второго варианта посева:
a – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс; 1 – однодисковые сферические сошники; 2 – широкий прикатывающий каток; 3 – загортач

Достоинства варианта: те же, что и первого.

Недостатки варианта: малый объем неприкатанной почвы может быть недостаточным для нормальных воздухообмена и жизнедеятельности произрастающих растений во влажный период и особенно на средних и тяжелых суглинистых и глинистых почвах.

Третий вариант подготовки семенного ложа осуществляется комбинированным сошником немецкой фирмы «Amazone» (рис. 1.88, *а*). Технологический процесс работы (рис. 1.88, *б*) включает: выпрессовывание клинчатых бороздок, укладку семян в бороздки сошниками, закрытие бороздок с семенами рыхлой почвой с помощью загорточей типа «ласточкин хвост».

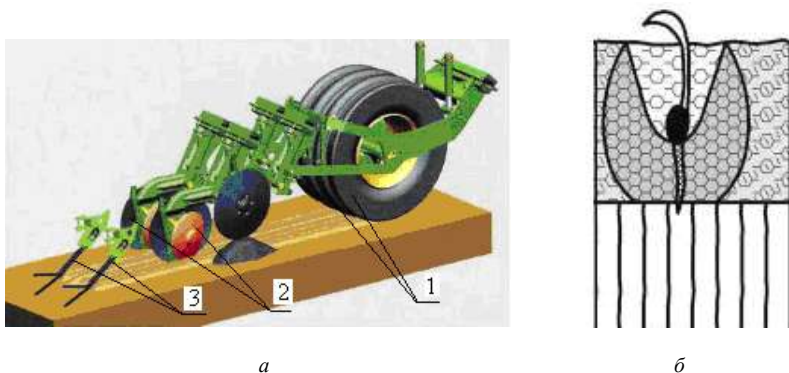


Рис. 1.88. Комбинированный сошник для третьего варианта посева:
а – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс; 1 – выпрессовывающие катки; 2 – однодисковые сферические сошники; 3 – загортачи типа «ласточкин хвост»

Достоинства варианта: предварительно выпрессованные бороздки повышают устойчивость хода сошников и равномерность укладки семян по глубине; заполненные рыхлой почвой бороздки замедляют процесс испарения влаги из уплотненного слоя почвы.

Недостаток варианта: неприкатанные семена в бороздках имеют невысокий контакт с почвой, что может снижать интенсивность их произрастания в сухую погоду, особенно на легких почвах.

Четвертый вариант посева осуществляется комбинированными сошниками (рис. 1.89, *б*) фирмы «Lemken» (Германия) и входящих в состав АПП-6А, АПП-6П, освоенных на производстве в ОАО «Лидагропроммаш». Технологический процесс работы (рис. 1.89, *б*) подобен

третьему варианту, включает выпрессовывание клинчатых бороздок, укладку семян в бороздки сошниками, прикатывание бороздок с семенами обрезиненными каточками, закрытие при необходимости прикатанных бороздок рыхлой почвой (с помощью загортачей).

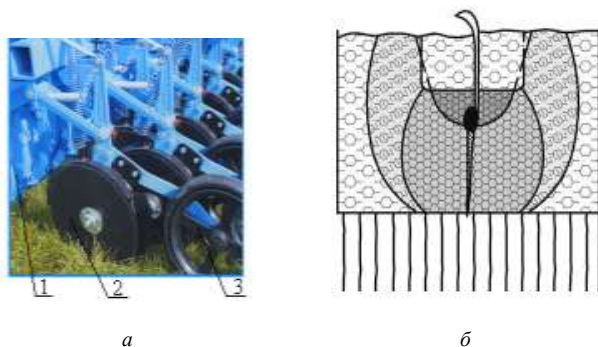


Рис. 1.89. Комбинированный сошник для четвертого варианта посева:
a – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс;
 1 – выпрессовывающий железный каток; 2 – двухдисковый сошник; 3 – прикатывающий каток

Достоинства варианта: имеет все достоинства третьего варианта и устраняет его недостаток – прикатывание бороздок с семенами повышает равномерность заделки их по глубине, создает хороший контакт семян с почвой, что обеспечивает более дружные всходы в любую послепосевную погоду.

1.19. Агротехнические аспекты функционирования сошниковых групп

В процессе жизненного цикла (от всходов до созревания семян) растения проходят несколько фаз роста и развития. Для нормального прохождения этих фаз все культуры предъявляют определенные требования к факторам среды.

Начальной фазой является прорастание семян. Для этого в посевном слое почвы обязательно наличие трех факторов: воды, тепла и кислорода. Кроме физических режимов существенны и химические факторы. Так, прорастанию семени предшествует его набухание. Поглощение при этом влаги – сложный биохимический процесс, в ре-

зультате которого в зерне усиливается деятельность ферментов, которые, в свою очередь, переводят сложные органические соединения (крахмал, некоторые белки, жиры и другие вещества) в формы, доступные для питания начинающего рост зародыша.

В дальнейшем растение своей корневой системой поглощает питательные вещества из тех слоев почвы, которые являются доступными для нее. Поэтому становится понятным, что качественно высеять семена в теплые, влажные и кислородсодержащие слои почвы – это только половина задачи, обеспечивающая будущему растению оптимальный физический режим. Вторая, не менее важная задача, состоит в том, чтобы обеспечить растение питательными веществами. А это достигается только совокупным оптимальным размещением семян и удобрений.

Таким образом, качественная заделка семян и удобрений при посеве является важнейшей задачей, успешное решение которой обеспечивает оптимальные условия в начальных фазах вегетации растений и тем самым закладывает основу будущего урожая возделываемой культуры. Тепло, свет, воздух, вода, микроорганизмы, другие физические и химические факторы каждый в своем диапазоне создают многомерное пространство условий роста и развития растений. Численные значения этих условий в оптимальных диапазонах для каждой конкретной культуры определены агрономической наукой.

Опыт ведения механизированного сельского хозяйства показал, что контролировать или регулировать технологические процессы машин по непосредственным показателям (свет, вода, воздух и т. д.), регламентированным агрономической наукой, не представляется возможным. В этой связи общепринятой во всем мире является разработка агротехнических требований, которые, будучи косвенными показателями качества технологических операций машин, являются, по сути, инженерным и экономико-математическим отражением условий внешней среды для развития растений.

Одна из важнейших задач при разработке агротехнических требований состоит в определении оптимальных и допустимых сочетаний пределов условий роста, развития растений и функционирования рабочих органов машин. Как показывает практика, диапазон показателей работы машин не всегда достаточно точно «накладывается» на оптимальные пределы условий для растений.

Отсюда следует важный вывод: в системе «растение – машина» по каждой технологической операции необходимо стремиться к наиболее

приемлемому сочетанию допустимых условий. Такой подход получил в практике название компромиссного оптимума.

Условиями внешней среды для растений в начальные периоды развития являются прежде всего почвенные условия. Косвенные показатели этих условий определены физико-механическими и технологическими свойствами почвы, к которым, в частности, относятся степень крошения, удельное сопротивление при обработке. По отношению к рабочим органам машин важное значение имеют величины коэффициента трения пары поверхность – почва, упругость, пластичность, липкость почвы. Технологические трудности здесь состоят в том, что упомянутые свойства почвы претерпевают изменения в зависимости от ее состояния, и в частности от влажности.

Увеличение абсолютной влажности почвы до 25...27 % повышает способность семян к прорастанию и обеспечивает большую доступность питательных веществ. С другой стороны, при увеличении влажности почвы повышаются значения показателей трения и липкости, которые с технологической точки зрения играют отрицательную роль [21].

Математическая обработка результатов экспериментальных исследований по определению технологических свойств почв, проведенных авторами данной работы совместно со специалистами Кировоградского НПО «Почвопосевмаш», показала, что в реальном размахе влажности почвы ее фрикционные свойства достаточно точно могут быть описаны квадратным трехчленом:

$$f = aw^2 + bw + c, \quad (1.18)$$

где f – коэффициент трения почвы о рабочую поверхность;

w – абсолютная влажность почвы, %.

При этом коэффициент при квадратичном члене, так же как и свободный член, для всех почв является величиной отрицательной. Так, для суглинистой и песчаной почв средней степной части Украины уравнения соответственно имеют следующий вид:

$$f_1 = -0,0012w^2 + 0,0675w - 0,2749; \quad (1.19, a)$$

$$f_2 = -0,0011w^2 + 0,0671w - 0,4308, \quad (1.19, б)$$

а для супесчаной почвы восточной зоны Беларуси

$$f_3 = -0,0011w^2 + 0,673w - 0,3415. \quad (1.19, в)$$

Подстановка в правые части уравнений (1.19, а; 1.19, б; 1.19, в) значений абсолютной влажности в диапазоне 20...40 % позволила устано-

вить, что по мере увеличения влажности до определенного предела коэффициент трения возрастает, а далее убывает. Это объясняется тем, что при дальнейшем увеличении в почве содержания влаги последняя играет роль смазки.

Следует отметить, что согласно приведенным уравнениям максимальное значение коэффициента трения песчаной почвы $w_1 = 30,5 \%$, супесчаной – $w_2 = 29,3 \%$, суглинистой – $w_3 = 28,1 \%$.

Таким образом, агрономические требования растений и технологические возможности почвообрабатывающих рабочих органов входят в противоречие соответственно по условиям внешней среды и функционирования. Поэтому при совершенствовании технологий и разработки новых рабочих органов для заделки семян и удобрений следует учитывать, что все технологические операции сошников могут выполняться в узком диапазоне технологических условий: между нижней границей агрономических возможностей растений и верхней границей технологических возможностей поверхностей рабочих органов.

Анализ биологических потребностей растений с учетом опыта практической агрономии показывает, что полноценное семя способно быстро прорасти и обеспечить основу мощного растения, если в процессе посева и в начальные периоды вегетации оно (а впоследствии его корневая система) локально получит все необходимые физические и химические факторы развития. Многообразие этих факторов может быть сформулировано в форме интегральных требований, определяющих критерии качества технологических операций почвообрабатывающих рабочих органов, и в частности сошников для заделки семян и удобрений.

Комплексный подход к процессу возделывания сельскохозяйственных культур в подсистеме «почва – растение» позволил разработать схемы технологических операций заделывающих рабочих органов по биологическим и агротехническим критериям с разбивкой по трем периодам: до посева, в процессе посева и после посева (табл. 1.11).

Отдельно следует остановиться на обеспечении растений питательными веществами, поскольку от этого в конечном счете зависит продуктивность и урожайность культуры.

Качественная укладка и заделка семян являются необходимым, но недостаточным условием обеспечения растений питательными веществами. Последнее может быть достигнуто при условии качественного и своевременного размещения в почве удобрений.

Т а б л и ц а 1.11. Схema технологических операций подготовки почвы

Период	Операция	Биологические потребности	Агротехнические требования
1	2	3	4
До посева	Предпосевная подготовка почвы: рыхление	Аэрация	Состав почвенных агрегатов по размерам, %
	уплотнение (прикатывание)	Формирование влаго-содержащего слоя	Плотность почвы (отдельных слоев)
Во время посева	Подготовка почвы в зоне сошника для укладки семян и удобрений: уплотнение	Влажное дно борозды для семени	Твердость семенного ложа
	рыхление	Способствование проникновению тепла	Крошение почвы на комки по размерам
	отвод комков	Проникновение будущих корней в почвенные структуры	Обеспечение структурности почвы
	Образование борозды, укладка семян и удобрений	Влага, тепло, воздух, невысыхающий слой почвы, питательные вещества	Укладка семян и удобрений на плотное влажное дно борозды
	Заделка семян и удобрений	Длительное (20...30 дней) локальное сохранение сформированных физических и химических режимов	Углубление (вдавливание) семян в дно борозды: ук-рывка семян и удобрений влажной почвой, засыпка борозды рыхлой почвой; уплотнение почвы, создание мульчирующего слоя; засыпка борозды с образованием гребня; частичное уплотнение

1	2	3	4
После посева	Послепосевное выравнивание почвы	Выравнивание потенциальных возможностей в удовлетворении потребностей каждого растения в физических и химических факторах жизнедеятельности	Применение нивелирующих приспособлений
	Послепосевное уплотнение (прикатывание) почвы	Подтягивание почвенной влаги к посевному слою почвы	Применение прикатывающих катков
	Сплошное рыхление почвы	Последующее влагоудержание	Рабочие органы для сплошного рыхления почвы (поверхностное)

Исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют о том, что весьма эффективным является ленточное допосевное или припосевное внесение основной дозы минеральных удобрений. При этом основные критерии качества заделки удобрений состоят в следующем:

- заделка во влажную почву для обеспечения растворения в воде питательных веществ;
- оптимальное размещение относительно корневой системы будущих растений, что достигается почвенной прослойкой между семенами и удобрениями в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- создание оптимальной плотности почвы в зоне заделки туков для обеспечения инфильтрационного пропитывания тех слоев, где размещена корневая система;
- формирование оптимальной ширины ленты удобрений для обеспечения биологически обоснованной площади питания растений;
- равномерное распределение с регламентированными числовыми характеристиками законов распределения туков по ширине ленты удобрений и глубине ее залегания;
- создание уплотненного слоя почвы над лентой минеральных удобрений;
- создание над уплотненным слоем почвы рыхлого мульчирующего слоя.

Перечисленные критерии качества укладки и заделки минеральных удобрений являются, с одной стороны, фрагментом карты технологи-

ческих операций, выполняемых туковыми сошниками почвообрабатывающих и посевных машин, а с другой – определяют технические параметры бороздкообразующих и боковых поверхностей сошников, а также опорных элементов, к которым относятся пятки и уплотнители. Данные критерии являются исходными данными для разработки дополнительных элементов и устройств, таких как отражатели, рыхлители, выравниватели.

Таким образом, технические параметры зерновых и туковых сошников, а также их отдельных элементов определены агротехническими требованиями, которые, в свою очередь, являются инженерным и экономико-математическим представлением биологических потребностей растений.

Многообразие этих потребностей и различия в почвенно-климатических условиях зон возделывания культуры приводят к необходимости разработки новых и совершенствования существующих технологий внесения удобрений и посева, а также создания новых рабочих органов или их элементов для реализации этих технологий.

1.20. Технологическое образование бороздок и распределение семян двухдисковыми сошниками с различными углами атаки дисков

На рис. 1.90 приведены схемы бороздообразования шести двухдисковых сошников с различными углами атаки дисков. Тенденция создания посевных машин направлена на повышение их производительности и сокращения сроков посева зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Производительность посевного агрегата зависит от ширины захвата и скорости движения. Увеличение ширины захвата посевных машин для хозяйств нашей республики практически исчерпано 6...8 метрами. В северо-восточной части республики, Могилевской и Витебской областях, наиболее оптимальны шестиметровые посевные агрегаты. В настоящее время согласно агротехническим требованиям для посевных машин рекомендуемая скорость их движения составляет 2,5...3 м/с (до 10 км/ч). Такая скорость рекомендуется из-за конструкций дисковых сошников, которые хорошо работают на любых типах почв, в том числе мульчированных. В то же время существующие двухдисковые сошники имеют определенный угол атаки дисков для наилучшего формирования бороздок и распределения в них семян, например, зерновых культур.

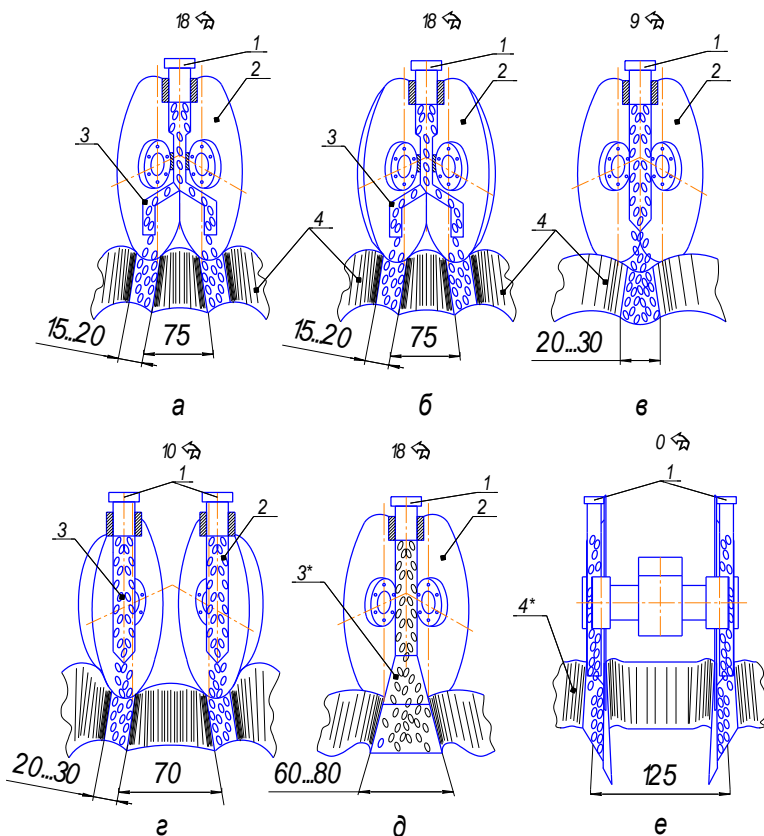


Рис. 1.90. Схемы образования бороздок и распределения семян двухдисковыми сошниками: *а* – двухдисковый узкорядный сошник с междурядьем 75 мм и углом атаки 18°; *б* – двухдисковый узкорядный сошник с коническими дисками с междурядьем 75 мм и углом атаки 18°; *в* – двухдисковый узкорядный сошник с коническими дисками с междурядьем 150 мм и углом атаки 9°; *г* – двухдисковый сошник овощной сепялки СО-4,2 с ограничительными ребрами с междурядьем 70 мм и углом атаки 10°; *д* – двухдисковый широкополосный сошник с междурядьем 150 мм, шириной полосы рассева семян 60...80 мм и углом атаки 18°; *е* – двухдисковый сошник (макетный образец) с междурядьем 125 мм и углом атаки дисков 0°; 1 – семянаправитель; 2 – плоские диски двухдисковых сошников; 3 – делитель семян; 3* – обрезающий распределитель семян; 4 – почва, отбрасываемая двухдисковыми сошниками; 4* – гребень почвы, образованный макетным образцом двухдискового сошника с нулевым углом атаки дисков

Углы атаки дисков находятся в пределах $9...18^\circ$ для осуществления широкорядных и узкорядных посевов, как правило, 15 или 7,5 см. В настоящее время в республике используются импортные и отечественные посевные машины с двухдисковыми сошниками для посева зерновых культур с междурядьем 12,5 см и уменьшенным углом атаки дисков с целью уменьшения отброса почвы в сторону от дисков сошников и забрасывания ею соседних рядков семян. Огромным резервом увеличения производительности посевных машин и сокращения сроков посева является скорость. Однако с повышением скорости увеличивается отброс почвы с забрасыванием ею соседних рядков, что приводит к нарушению глубины заделки семян зерновых культур. Двухдисковые сошники имеют и другие существенные недостатки.

Известные двухдисковые сошники с плоскими дисками с углами атаки 9° и 18° для узкорядного и широкорядного посева семян имеют следующие недостатки:

- разрушают уплотненный слой почвы для семян, образованный различными конструкциями катков в составе комбинированных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов;
- имеют увеличенную длину, так как расстановка на сеялках и почвообрабатывающе-посевных агрегатах осуществляется, как правило, в два ряда;
- ухудшают равномерность заделки семян по глубине за счет наличия углов атаки дисков и забрасывания почвой соседних рядков;
- не образуют уплотненного ложа для семян;
- увеличивают тяговое сопротивление посевных агрегатов за счет перемещения и отбрасывания в сторону значительной массы почвы;
- имеют повышенную металлоемкость;
- требуют установки на двухдисковые сошники дополнительных приспособлений с опорно-прикатывающими катками для образования уплотненного ложа для семян;
- не осуществляют качественно технологический процесс посева семян на высоких скоростях – более 3 м/с.

На рис. 1.90, *а* приведена технологическая схема бороздкообразования двухдисковым сошником для узкорядного посева семян зерновых культур с междурядьем 75 мм и углом атаки дисков 18° . На рис. 1.90, *б* [50] представлен двухдисковый сошник А. А. Точицкого с коническими дисками. С помощью конических дисков уплотняется дно бороздки, на которую укладываются семена. На рис. 1.90, *в* показан двухдисковый узкорядный сошник, осуществляющий образова-

ние междурядья шириной 150 мм. На рис. 1.90, *з* представлен двухдисковый сошник овощной сеялки СО-4,2 с раздвигающимися ребордами. С помощью реборд осуществляется постоянная глубина хода дисков, раскрывающих бороздки для семян, что гарантирует заданную глубину их посева. На рис. 1.90, *д* [4] указан двухдисковый сошник В. А. Гайдукова, у которого семянаправитель заканчивается прорезиненным распределителем семян. С помощью этого распределителя между дисками выравнивается дно бороздки, семена размещаются лентой шириной 60...80 мм и прикатываются обрезиненным каточком, присоединенным к корпусу сошника и расположенным между дисками. Каточек обеспечивает прикатывание семян и поддерживает заданную глубину посева их. На рис. 1.90, *е* представлен макетный образец двухдискового сошника с нулевым углом атаки дисков с симметричными усеченно-конусными ребордами, за которыми размещены семянаправители. Реборды формируют две бороздки с уплотненным дном и ограничивают определенную глубину размещения семян.

1.21. Агротехнические и технологические требования к посеву зерновых культур. Определение факторов узкорядного посева сельскохозяйственных культур однодисковыми сошниками

В зависимости от имеющихся технических средств применяют рядовой посев с междурядьем 12,5...15,0 см, а также узкорядный (6,25 и 7,5 см).

Посев зерновых культур должен быть проведен в оптимальные агротехнические сроки. В сельскохозяйственных предприятиях сев как озимых, так и яровых культур должен корректироваться в зависимости от погодных условий, влажности, состава почвы, высеваемой культуры. Следует учесть, что почти 20 % урожая теряется из-за нарушения сроков выполнения посевных работ.

Комбинированные сеялки и почвообрабатывающие посевные агрегаты должны обеспечивать высокую равномерность высева по ширине захвата, глубине заделки и ходу движения. Глубина заделки семян в подготовленную под посев почву зависит от влажности, механического состава почвы, сроков посева и высеваемой культуры. На суглинистых почвах семена высевают на глубину 2–4 см, на среднесуглинистых, супесчаных и торфяных – на 3–5 см. При запаздывании с посевом и пересыхании почвы глубину увеличивают на 1–2 см. Отклонение глубины заделки семян от заданной не должно превышать 15 %.

Наличие незаделанных в почву семян не допускается. Отклонение ширины стыковых междурядий смежных проходов от основных не должно превышать 15 см. Крайне важно создание уплотненного семенного ложа для семян зерновых и других культур ($1,2 \dots 1,25 \text{ г/см}^2$ [56]). Оно способствует равномерной заделке их по глубине, позволяет подтягивать влагу для скорейшего набухания и прорастания семян, особенно при ее дефиците (рис. 1.91).

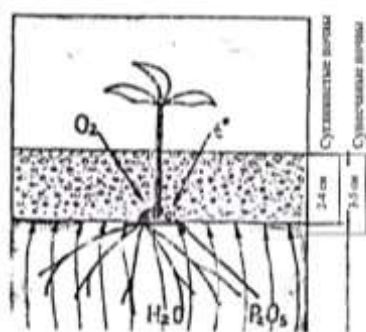


Рис. 1.91. Схема оптимальной заделки семян:
 ———— — плотность почвы $1,2 \dots 1,25 \text{ г/см}^3$

Априорно установлено, что при традиционных способах посева на равномерность распределения семян по глубине и посевной площади оказывают влияние множество конструктивных и эксплуатационных параметров сошника, зависящих от его типа и конфигурации рабочих элементов.

Данный параметр изменяется в зависимости от технологических параметров работы посевных агрегатов, а также вида и свойств почв и посевных культур.

Установлено, что эффективный узкорядный посев $6,25 \dots 7,5$ см между бороздками) высеваемых сельскохозяйственных культур в настоящее время имеющимися в Республике Беларусь посевными агрегатами обеспечить нельзя. Связано это с тем, что их конструкции не позволяют произвести стабильное бороздкообразование с шириной между бороздками $12,5 \dots 15,0$ см из-за отбрасывания почвы соседними сошниками при увеличении скорости движения посевных машин. Данную операцию возможно осуществить однодисковыми сошниками

с углом атаки близким к нулевому и с симметричными ребордами-бороздкообразователями.

В связи с этим при изучении узкорядного посева целесообразно акцентировать внимание на следующих параметрах: скорости движения сошника (м/с), ширине реборды (м), глубине хода реборды (м), статическом усилии нажимной пружины на сошник (Н).

Согласно поставленным целям и задачам в качестве основных результирующих факторов, по которым будет оцениваться результативность экспериментальных данных, выберем качественные показатели изучаемого процесса: среднее квадратическое отклонение заделки семян от рекомендуемой глубины $\sigma_{\Delta z}$ ($\rightarrow \min$) для используемой посевной культуры; ширина бороздки $b_{\text{бор}}$ ($0 < b_{\text{бор}} < b_{\text{min}}$) – и количественный показатель – тяговое сопротивление исследуемой конструкции E ($\rightarrow \min$).

1.22. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам

Основным направлением развития зернового подкомплекса Республики Беларусь является достижение к 2020 г. производства зерна в объеме не менее 10 млн. тонн за счет совершенствования структуры посевных площадей, строгого соблюдения технологических регламентов возделывания зерновых и зернобобовых культур, предусматривающих своевременное и качественное проведение всех этапов технологического процесса (сева, ухода за посевами и уборки сельскохозяйственных культур), своевременной и полноценной защиты от сорняков, болезней и вредителей [1].

В общем комплексе технологических операций и приемов при возделывании сельскохозяйственных культур большое значение имеет посев [26]. Научкой установлено и практикой подтверждено, что урожай сельскохозяйственных культур на 25–30 % зависит от качества выполнения этой операции, так как именно в начальный период развития семени закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчивость к полеганию, стрессовым факторам. Поэтому при посеве сельскохозяйственных культур в первую очередь требуется обеспечить наилучшие условия прорастания семян и дальнейшего развития растений, что, в свою очередь, позволит получить наивысшую продуктивность их в ходе уборки. Эти условия в основном зависят от оптималь-

ного сочетания водного, воздушного и теплового факторов развития семени и растения [10]. Благоприятное сочетание этих факторов отмечается, когда семена равномерно распределены по площади питания и на одинаковую глубину, уложены на плотное ложе бороздок, вдавлены в него и прикрыты сверху рыхлым слоем почвы. Соблюдение рациональных агротехнических условий посева является залогом получения выравненных и дружных всходов необходимой густоты. Так, например, обеспечение необходимой плотности почвы $((1,2..1,3) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3)$ в ложе для семян позволяет добиться постоянного капиллярного притока влаги к высеванным семенам, а следовательно, их быстрого набухания и дружного прорастания. Оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение их по площади питания позволят обеспечить семенам необходимый водный, тепловой и пищевой режимы, которые требуются им для прорастания, а также формирования мощного узла кущения и вторичных корней [9–12].

Процесс сева зависит прежде всего от конструкции рабочих органов для его осуществления. В последнее время зарубежные и отечественные посевные машины оборудуются, как правило, комбинированными сошниками, отличающимися разнообразием признаков. Эти агрегаты позволяют комбинировать операции подготовки почвы, внутрипочвенного внесения стартовой дозы фосфорных удобрений и посева сельскохозяйственных культур. Они хорошо работают на различных типах почв при минимальной их обработке, в том числе засоренных растительными и пожнивными остатками.

Существующие классификационные схемы сошников посевных агрегатов, как правило, представляют собой иерархическую блок-схему, пример одной из которых приведен на рис. 1.92.

Недостатком таких классификаций является то, что представленная в них информация о сошниках не позволяет однозначно описать всевозможные конструктивные особенности их, алгоритмизировать кодировку и дешифровку отличительных признаков и предусмотреть возможность их расширения.

Поэтому одной из задач данной работы являлось создание универсальной классификационной таблицы, структура и форма представления которой позволяла бы легко дополнять признаки, характеризующие изучаемый рабочий орган, не изменяя алгоритма ее образования. Данная классификация также должна позволять осуществлять цифровое кодирование отличительных признаков существующих и новых сошников для хранения информации и однозначной ее идентификации.

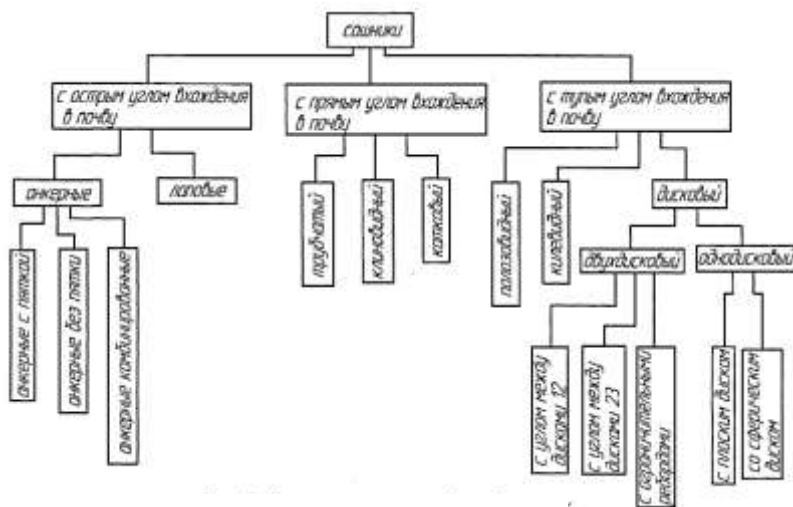


Рис. 1.92. Классификация сошников зерновых сеялок (Российская Федерация)

Классификацию комбинированных дисковых сошников, применяемых для посева сельскохозяйственных культур, можно осуществлять на основании разработанной табл. 1.12, которая представляет собой двумерную таблицу, включающую совокупность конструктивных и технологических классификационных признаков, или занумерованных смысловых делителей (ЗСД), существующих дисковых сошников, на основании которых можно осуществить выбор рациональной конструкции рабочего органа для конкретной посевной культуры, используя логическое соответствие, цепочку: вид посева => предназначение сошника.

Вторая строка классификационной таблицы определяет показатели первого смыслового делителя – «посевной культуры» и имеет занумерованный индекс 1. Второй смысловой делитель – «предназначение сошника» имеет индекс 2 и устанавливает соответствие с видом посева, который в нашей классификации делится на рядовой, ленточный, широкополосный, рядовой однострочный, подпочвенный разбросной, пунктирный, узкорядный, рядовой 4-строчный и рядовой 2-строчный. На основании первых двух смысловых делителей вырабатывается стратегия подбора характеристик дисковых сошников.

Остальные признаки, характеризующие конструктивные и технологические особенности дисковых сошников, располагаются в столбец и занумерованы индексами от 3 до 20. К ним были отнесены: конструкция сошника, угол его вхождения в почву, характер его работы, материал корпуса, сечение семянаправителя и его установка, конструкция реборды, форма уплотнительного элемента, подвеска сошника, конструкция загортачей, форма чистиков, процесс высева, технологические операции, выполняемые сошником, угол атаки, скоростной режим, давление на сошник, форма бороздки и ширина междурядья. Таким образом, в табл. 2.12 приведена структурно-морфологическая классификация сошников по двенадцати конструктивным (3...14) и шести (15...20) технологическим признакам.

Таблица 1.12. Усовершенствованная классификация дисковых сошников для посева зерновых, травяных, льна и колосовых культур

Занумерованные смысловые делители (ЗСД)		Вид посева									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Посевная культура	1	Мелко-семянная	Травяная	Зерновая	Лен	Крупная	Крупно-семянная	Зерно-бобовая			
Предназначение сошника	2	Рядовой	Ленточный	Широкопосный	Рядовой однострочный	Подпочвенный разбросный	Пунктирный	Узко-рядный	Рядовой 2-строчный	Рядовой 4-строчный	
Конструктивные признаки	Конструкция сошника	3	Двух-дисковый с плоскими дисками	Двух-дисковый с анкерный	Двух-дисковый с разноразмерными дисками	Катковый	Двух-дисковый с ребордами	Двух-дисково-комбинированный	Двух-дисково-сферический	Одно-дисковый	Одно-дисковый с ребордами
	Угол вхождения в почву	4	Острый	Прямой	Тупой	Нулевой	Минимальный (1-5°)	Средний (5-9°)			
	Характер работы сошника	5	Пассивный	Пассивно-вибрационный	Ротационный	Вибрационный	Роторный с механическим приводом	Роторный с электрическим приводом	Роторный с гидравлическим приводом		
	Материал корпуса	6	Чугунный	Стальной	Пластмассовый	Полиуретановый	Комбинированный	Металлический			

Продолжение табл. 1.12

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Конструктивные признаки	Сечение семянаправителя	7	Эллипсовидное	Прямоугольное	Круглое	Квадратное	Комбинированное	Треугольное	Трапециевидное		
	Установка семянаправителя	8	Прямостоячий	Поднаклонном	Концентрично реборде	За ребордой	Рядом с диском	За дисками	Между дисками		
	Конструкция реборды	9	Цилиндрическая	Плавающая	Усеченно-конусная	Катковая	В виде лыжи	Комбинированная	Усеченно-трапециевидная		
	Форма уплотнительного элемента	10	Треугольная	Прямоугольная	Круглая	Трапециевидная	Эллипсовидная	Коническая	Усеченная коническая		
	Подвеска сошника	11	Жесткая	Упругая с плоской пружинной	Упругая с винтовой пружинной	Упругая с двойной пружинной	Комбинированная	Рессорная	Пневматическая		
	Конструкция загортачей	12	Побразный	Пружинный	Катковый	Цепной	Дисковый	Дисково-сферический	«Ласточкин хвост»		
	Форма чистиков	13	Треугольная	Усеченно-эллипсовидная	Плоская	Фигурная	В виде клана	Комбинированная	Цилиндрическая		
Технологические признаки	Процесс высева материала	14	Под давлением	Свободное падение	Пневматический с малой концентрацией	Пневматический с высокой концентрацией	Гидротранспортирование				
	Операции, выполняемые сошниками	15	Посев	Внесение стартовой дозы удобрений	Комбинированный посев						
	Угол атаки дисков, град	16	Нулевой	1	3	5	9	12	15	18	

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Технологические признаки	Скоростной режим, м/с	17	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0		
	Давление на сошник, Н	18	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1500
	Форма бороздки	19	V-образная	Треугольная	Прямоугольная	Эллипсовидная	Трапециевидная	Конусная	Эллипсоидная	U-образная	
	Ширина между-рядья, см	20	6,25	7,5	12,5	15,0	18,0	45,0	70,0	75,0	90,0

Признаки и свойства сошников в таблице расположены соответственно по вертикали и горизонтали и рассматриваются во взаимодействии, т. е. сошники одного класса многими признаками и свойствами связаны с сошниками другого класса.

Необходимо отметить, что данная классификация дисковых сошников не претендует на законченный вид, может легко быть дополнена путем расширения количества смысловых делителей как по строкам, так и по столбцам.

Для того чтобы любой пользователь мог продолжить логическое соответствие и осуществить выбор нужного ему сошника в представленной таблице он должен:

1) определиться с видом посевной культуры во второй строке таблицы (например, крупяная культура – 5);

2) в третьей строке установить соответствие между видом посева и предназначением сошника (например, вид посева «Рядовой» => предназначение сошника «Рядовой посев» – 1);

3) двигаясь по смысловым делителям сверху вниз, определиться с выбором показателей и зафиксировать их индексы.

4) из зафиксированных индексов показателей формируется цифровой код выбранного дискового сошника, который комплексно характеризует его с учетом представленной табл. 1.12.

Цифровая запись характеристик дискового сошника включает в себя 20 цифр, разделенных точкой. Порядок этих цифр в записи отвечает индексам ЗСД, записанным в строках табл. 1.12, а соответствующий цифровой показатель кода – индексу ЗСД, указывающему на ее стол-

бец. Пустые клетки таблицы составляют резерв для расширения классификации и предназначены для новых свойств ее.

Рассмотрим применение приведенной в табл. 1.12 классификации для некоторых дисковых сошников, разработанных в УО БГСХА, и импортных разработок.

1. Информация об однодисковом сошнике с опорно-прикатывающим каточком (рис. 1.93) для рядового посева зерновых культур следующая: 3.1.8.5.1.2.3.6.4.2.3.2.3.2.1.5.3.2.2.3.



Рис. 1.93. Однодисковый сошник 3.1.8.5.1.2.3.6.4.2.3.2.3.2.1.5.3.2.2.3

Это означает, что рассматривается сошник для посева зерновых культур (3), рядового посева (1), однодисковый (8), с минимальным углом (1–5°) вхождения в почву (5), пассивный (1), со стальным корпусом (2), семянаправитель круглой формы (3), который установлен за диском (6), реборда каткового типа (4). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве ложа определенной плотности прямоугольная (2), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загортачи, которые преимущественно устанавливаются, пружинные (2), форма чистика плоская (3). Высев осуществляется свободным падением (2), сошник может осуществлять только посев (1). Установка диска произведена с углом атаки 9° (5), скоростной режим составляет 4 м/с (3), давление пружины на сошник 200 Н (2), форма бороздки треугольная (2), рассчитан на междурядье 12,5 см (3).

2. Информация об однодисковом сошнике с двухсторонними усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями (рис. 1.94) для узкорядного посева зерновых культур следующая: 3.7.9.4.1.2.3.4.3.5.3.2.1.2.1.1.5.3.5.1.



Рис. 1.94. Двухдисковый сошник 3.7.9.4.1.2.3.4.3.5.3.2.1.2.1.1.5.3.5.1

Здесь рассматривается сошник для посева зерновых культур (3), узкорядного посева (7), однодисковый с ребрами (9), с нулевым углом вхождения в почву (4), пассивный (1), со стальным корпусом (2), семянаправитель круглой формы (3), который установлен за ребром (4), ребра усеченно-конусного типа (3). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве ложа определенной плотности эллипсовидная (5), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загортаки, которые преимущественно устанавливаются, пружинные (2), чистики треугольной формы (1).

Высев осуществляется свободным падением (2), сошник осуществляет только посев (1). Установка дисков произведена с нулевым углом атаки (1), скоростной режим составляет до 6 м/с (5), давление пружины на сошник до 400 Н (3), форма бороздки трапецевидная (5), рассчитан на междурядье 6,25 см (1).

3. Информация о двухдисковом сошнике с внешними усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями (рис. 1.95), предна-

значенном для рядового посева зерновых культур, следующая: 3.8.5.4.1.2.3.4.3.7.3.2.1.2.1.1.4.3.5.3.

В данном случае рассматривается сошник для посева зерновых культур (3), рядового двухстрочного посева (8), двухдисковый с ребордами (5), с нулевым углом вхождения в почву (4), пассивный (1), со стальным корпусом (2), семянаправитель круглой формы (3), который установлен за ребордой (4), реборда усеченно-конусного типа (3). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве ложа определенной плотности усеченная коническая (7), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загортачи, которые преимущественно устанавливаются, пружинные (2), чистики треугольной формы (1).



Рис. 1.95. Однодисковый сошник 9.4.1.2.3.4.3.5.3.2.1.2.1.1.5.3.5.1

Высев осуществляется свободным падением (2), сошник осуществляет только посев (1). Установка дисков произведена с нулевым углом атаки (1), скоростной режим составляет до 5 м/с (4), давление пружины на сошник до 400 Н (3), форма бороздки трапецевидная (5), рассчитан на междурядье 12,5 см (3).

4. Информация о двухдисковом сошнике с минимальным углом атаки дисков, с прикатывающим катком (рис. 1.96) для посева зерновых культур следующая: 3.1.1.2.1.2.3.7.4.2.3.3.3.2.1.4.2.2.2.3.



Рис. 1.96. Двухдисковые сошники с минимальным углом атаки дисков, с прикатывающим катком (производство ЕС) 3.1.1.2.1.2.3.7.4.2.3.3.3.2.1.4.2.2.2.3

Здесь рассматривается сошник для посева зерновых культур (3), рядового посева (1), двухдисковый с плоскими дисками (1), с прямым углом вхождения в почву (2), пассивный (1), со стальным корпусом (2), семянаправитель круглой формы (3), который установлен между дисками (7), реборда каткового типа (4). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве ложа определенной плотности прямоугольная (2), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загортачи в виде катка (3), чистики плоской формы (3).

Высев осуществляется свободным падением (2), сошник осуществляет только посев (1). Установка дисков произведена с минимальным углом атаки 5° (4), скоростной режим составляет до 3 м/с (2), давление пружины на сошник до 200 Н (2), форма бороздки треугольная (2), рассчитан на междурядье 12,5 см (3).

5. Информация о двухдисковом сошнике с минимальным углом атаки дисков, с пружинными загортачами (рис. 1.97) для посева зерновых культур следующая: 3.1.1.2.1.2.3.7.2.1.3.2.3.2.1.2.2.2.2.2.

Здесь рассматривается сошник для посева зерновых культур (3), рядового посева (1), двухдисковый с плоскими дисками (1), с прямым углом вхождения в почву (2), пассивный (1), со стальным корпусом (2).

сом (2), семянаправитель круглой формы (3), который установлен между дисками (7), реборда плавающая (2). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве ложа определенной плотности треугольная (1), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загортаки пружинные (2), чистики плоской формы (3).

Высев осуществляется свободным падением (2), сошник осуществляет только посев (1). Установка дисков произведена с минимальным углом атаки 3° (4), скоростной режим составляет до 4 м/с (3), давление пружины на сошник до 200 Н (2), форма бороздки треугольная (2), рассчитан на междурядье 7,5 см (2).

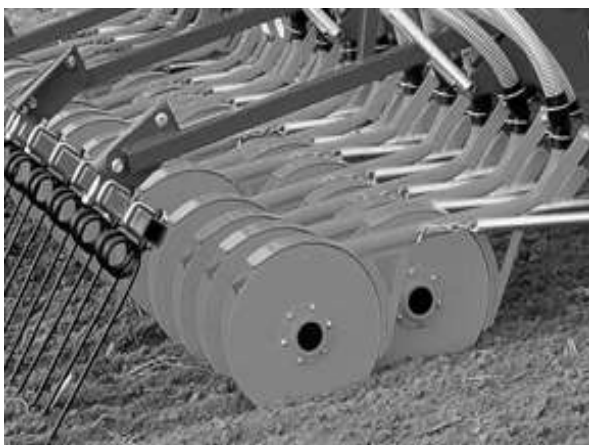


Рис. 1.97. Двухдисковые сошники с минимальным углом атаки дисков, с пружинными загортачами (производство ЕС) 3.1.1.2.1.2.3.7.2.1.3.2.3.2.1.2.2.2.2.2

Приведенная классификация является результатом глубокого анализа существующих конструкций посевных машин, а также обобщения и расширения классификаций других авторов. Преимущество данной классификационной таблицы по сравнению с имеющимися аналогами заключается в том, что ее структура и форма позволяют легко дополнять признаки, характеризующие изучаемый рабочий орган, не изменяя алгоритм образования цифрового кода, что, в свою очередь, позволит выполнить цифровое кодирование отличительных признаков существующих и новых сошников для хранения информации и однозначной ее идентификации.

1.23. Структурно-морфологическая классификация сошников и их технологических параметров

Сошник можно рассматривать как систему, состоящую из совокупности отдельных конструктивных и технологических признаков, тесно связанных между собой, например: форма рабочего органа, угол вхождения в почву, конструкция семяпровода и его сечения, форма уплотнительного элемента, конструкция реборды, процесс высева, технологические операции, выполняемые сошником, угол атаки, скоростной режим, давление на сошник, форма бороздки и др.

В табл. 1.13 приведена матрица общей структурно-морфологической классификации сошников по двенадцати конструктивным (1...12) и шести (13...18) технологическим признакам, всего по восемнадцати смысловым делителям. Признаки и свойства сошников в матрице расположены соответственно по вертикали и горизонтали и рассматриваются во взаимодействии, т. е. сошники одного класса многими признаками и свойствами связаны с сошниками другого класса. Во время анализа по предлагаемой классификации изучается двухдисковый сошник, который заканчивается цифровым кодированием. В начале выбирается сошник, относящийся к одному из классов по первому смысловому делителю. После этого рассматривается форма сошника (двухдисковый, дисково-анкерный и т. д.). Классификация используется для выбора рациональной конструкции рабочего органа. В табл. 1.13 приведено несколько форм конструкций сошников, однако их может быть и значительно больше.

Дальнейший анализ двухдисковых сошников проводится последовательным рассмотрением отдельных свойств по всем смысловым делителям сверху вниз. Исходным пунктом решения задач синтеза сошников, на наш взгляд, могут быть операции, выполняемые ими, затем рассматриваются технологические, конструктивные признаки в обратной последовательности.

Предлагаемая классификация позволяет применять цифровое кодирование всего многообразия признаков и свойств двухдисковых сошников, применять ПЭВМ для поиска, хранения и переработки информации по ним.

Таблица 1.13. Классификация двухдисковых сошников для посева (зерновых) травяных, льна и других культур

Признаки	↓Анализ Синтез↑	Смысловой делитель Резерв	Свойства сошников и составляющих их элементов									
			1	2	3	4	5		6	7	8	9
	0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Конструктивные	1	Класс сошников	Рядовой посев	Ленточный посев	Широкополосный посев	Рядовой однострочный посев	Рядовой двухстрочный посев	Подпочвенный разбросной посев	Пунктирный посев		Рядовой 4-строчный посев	
	2	Конструкция сошника	Двухдисковый с плоскими дисками	Двухдисково-анкерный	Двухдисковый с разновеликими дисками	Катковый	Трехдисковый	Двухдисковый с ребрами	Двухдисково-комбинированный	Двухдисково-сферический	Однодисковый	Однодисковый с ребрами
	3	Угол вхождения в почву (угол атаки и крена)	Острый	Прямой	Тупой	Нулевой		Минимальный (1–5°)	Средний (5–9°)			
	4	Характер работы сошника	Пассивный	Пассивно-вибрационный	Ротационный	Вибрационный		Роторный с механическим приводом	Роторный с электрическим приводом	Роторный с гидравлическим приводом		
	5	Корпус	Чугунный	Стальной	Пластмассовый			Комбинированный	Металлический			

Конструктивные	6	Сечение семя- провода	Эллипсо- видное	Прямо- угольное	Круглое	Квадратное		Комбини- рованное	Треуголь- ное	Трапе- циевид- ное		
	7	Установка семя- провода	Прямо- стоячий	Под накло- ном	Концен- трично реборде	За ребор- дой		Рядом с диском	За дис- ками	Между дисками		
	8	Конструк- ция ре- борды	Цилин- ричес- кая	Плаваю- щая	Усеченно- конусная	Катковая		В виде льжи	Комбини- рованная	Усеченно- трапецие- видная		
	9	Форма уплотни- тельного элемента	Треуголь- ная	Прямо- угольная	Круглая	Трапещи- евидная		Эллипсо- видная	Коническая	Усечен- ная кониче- ская		
	10	Подвеска сошника	Жесткая	Упругая с плоской пружиной	Упругая с винтовой пружиной	Упругая с двойной пружиной		Комбини- рованная	Рессорная			
Технологические	11	Конструк- ция загор- тачей	П-образ- ный	Пружинный	Катковый	Цепной	Диско- вый	Дисково- сфериче- ский				
	12	Форма чистиков	Треуголь- ная	Усеченно- эллипсо- видная	Плоская	Фигурная	В виде клапана	Комбини- рованная	Цилиндри- ческая			
	13	Процесс высева материала	Под давле- нием	Свободное падение	Пневмати- ческий с малой концентра- цией	Пневмати- ческий с высокой концентра- цией	Гидро- тран- спортиро- вание					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Технологические	14	Операции, выполняемые сошниками	Посев мелко-семянных культур	Посев травяных культур	Посев зерновых культур	Посев льна	Посев крупяных культур	Посев зерно-бобовых культур	Внесение стартовой дозы удобрений	Комбинированный посев		
	15	Угол атаки дисков, град	Нулевой	1	3	5	9	12	15	18		
	16	Скоростной режим, м/с	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0		
	17	Давление на сошник, Н	100	200	400	600	800	1000	1200	1400		
	18	Форма бороздки	V-образная	Треугольная	Прямоугольная	Эллипсо-видная	Трапециевидная	Конусная	Эллипсо-видная	U-образная		

Если обозначить горизонтальные строчки P_i , а вертикальные колонки m_j , причем номер строчки i может принимать значения от 1 до n (где n – количество строчек в матрице), а j изменяется от 1 до k (где k – количество вертикальных колонок в матрице). Тогда матрицу можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} P_1(m_1, m_2, \dots, m_{k_1}) \\ P_2(m_1, m_2, \dots, m_{k_2}) \\ P_3(m_1, m_2, \dots, m_{k_n}) \end{array} \right\}, \quad (1.20)$$

где k_1, \dots, k_n – обозначение последней колонки по каждому из смысловых делителей.

Содержание предлагаемой классификации представляется системой определителей.

$$\left| P_1 m_j \right| \left| P_2 m_j \right| \dots \left| P_n m_j \right| \cdot \quad (1.21)$$

Они записаны в порядке расположения смысловых делителей. Номер смыслового делителя соответствует месту определителя, поэтому записывают только числа, соответствующие номеру вертикальной колонки. Пустые клетки матрицы составляют резерв для расширения классификации. Нулевые горизонтальная и вертикальная колонки предназначены для новых свойств, которых нет в данной матрице. Определитель в таком случае будет иметь вид $/P_n m_0/$.

Все содержание информации по какому-либо сошнику записывается из n цифр десятичной системы, где n – число выделенных смысловых делителей в матрице. В составленной нами таблице представлено восемнадцать смысловых делителей. Шифр в данном случае будет состоять из восемнадцати цифр. Цифры, относящиеся к свойствам одного смыслового делителя, должны отделяться точкой. Например, информация о сошнике для рядового двухстрочного посева зерновых культур следующая: 1.5.3.3.2.3.3.4.7.3.1.1.1.2.1.4.1.6. Это означает, что рассматривается двухдисковый сошник для двухстрочного рядового посева (1), с ребордой (5), с тупым углом вхождения в почву (3), ротационный (3), с металлическим корпусом (2), семянаправитель круглой формы (3), который установлен концентрично реборде (3), реборда каткового типа (4). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве комбинированного ложа определенной плотности усеченная коническая (7), подвеска сошника упругая с винтовой пруж-

жиной (3), загортачи пружинные (1), чистик пружинный плоский (1). Высев зерновых культур осуществляется свободным падением (1), сошник может высевать одновременно два материала, например зерновых культур и стартовую дозу фосфорных удобрений (2). Установка дисков произведена под нулевым углом (1), скоростной режим составляет 4 м/с (4), давление пружины на сошник 200 Н (1), форма бороздки полуэллипсоидная (6). Данная классификация сошников является более общей, чем классификация других авторов. Предлагаемая классификация способствует более глубокому решению задач синтеза, анализа сошников, изучения, прогнозирования, поиска, хранения и переработки информации с применением современных компьютеров.

1.24. Цифровая классификация дисковых сошников

При возделывании сельскохозяйственных культур важнейшее значение имеет посев. Качество этой операции определяется техническим состоянием посевных машин, их настройкой и регулировкой, соблюдением агротехнических требований. Современные зарубежные и отечественные посевные машины в настоящее время оборудуются дисковыми сошниками. Посевные агрегаты позволяют комбинировать операции обработки почвы, внутрипочвенного внесения стартовой дозы фосфорных удобрений и посева сельскохозяйственных культур. В данном подразделе приведена цифровая классификация сошников по 2 основополагающим, 13 конструктивным и 7 технологическим признакам. Классификационная таблица (табл. 1.14) предназначена для описания характеристик посевных рабочих органов, а также формирования для них цифровой индикационной записи. На примерах новых дисковых сошников рассмотрена возможность воспроизведения цифровой информации о сошниках в виде многообразия их характеристик. Преимущество предлагаемой классификационной таблицы по сравнению с существующими заключается в том, что ее структура и форма позволяют постоянно дополнять признаки, характеризующие изучаемый рабочий орган, не изменяя алгоритм образования цифрового кода. Предлагаемая цифровая классификация дисковых сошников будет способствовать более глубокому решению задач синтеза и анализа этих рабочих органов, позволит применять цифровое кодирование для многообразия их признаков.

Признаки, характеризующие конструктивные и технологические особенности дисковых сошников, занумерованы индексами от 3 до 22.

К ним были отнесены: конструкция сошника, диаметр диска, угол вхождения сошника в почву, характер его работы, материал корпуса, сечение семянаправителя и его установка, конструкция реборды, форма уплотнительного элемента, подвеска сошника, конструкция загортачей, форма чистиков, форма предохранительного клапана, процесс высева, технологические операции, выполняемые сошником, угол атаки, скоростной режим, давление на сошник, форма бороздки и ширина междурядья.

Таблица 1.14. Цифровая классификация дисковых сошников

Занумерованные смысловые делители		Вид посева									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Посевная культура	1	Мелко-семянная	Травяная	Зерновая	Лен	Крупяная	Крупносемянная	Зернобобовая	Две культуры		
Предназначение сошника	2	Рядовой	Ленточный	Широкопососный	Рядовой однострочный	Подпочвенный разбросный	Пунктирный	Узкорядный	Рядовой 2-строчный	Рядовой 4-строчный	
Конструктивные признаки	Конструкция сошника	3	Двухдисковый с плоскими дисками	Двухдисково-анкерный	Двухдисковый с разновеликими дисками	Катковый	Двухдисковый с ребордами	Двухдисково-комбинированный	Двухдисково-сферический	Однодисковый	Однодисковый с ребордами
	Диаметр диска, мм	4	150	200	250	300	350	400	450	500	
	Угол вхождения в почву	5	Острый	Прямой	Тупой	Нулевой	Минимальный (1–5°)	Средний (5–9°)	Максимальный (10–18°)		
	Характер работы сошника	6	Пассивный	Пассивно-вибрационный	Ротационный	Вибрационный	Роторный с механическим приводом	Роторный с электрическим приводом	Роторный с гидравлическим приводом		
	Материал корпуса	7	Чугунный	Стальной	Пластмассовый	Полиуретановый	Комбинированный	Металлический	Керамический		

Продолжение табл. 1.14

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Конструктивные признаки	Сечение семянаправителя	8	Эллипсоидное	Прямоугольное	Круглое	Квадратное	Комбинированное	Треугольное	Трапециевидное		
	Установка семянаправителя	9	Прямостоячий	Поднаклонном	Концентрично реборде	За ребордой	Рядом с диском	За дисками	Между дисками		
	Конструкция реборды	10	Цилиндрическая	Плавающая	Усеченноконусная	Катковая	В виде лыжи	Комбинированная	Усеченнотрапециевидная	Без реборды	
	Форма уплотнительного элемента	11	Треугольная	Прямоугольная	Круглая	Трапециевидная	Эллипсоидная	Коническая	Сферическая	Катковая	
	Подвеска сошника	12	Жесткая	Упругая с плоской пружиной	Упругая с винтовой пружиной	Упругая с двойной пружиной	Комбинированная	Рессорная	Пневматическая		
	Конструкция загорточей	13	П-образный	Пружинный	Катковый	Цепной	Дисковый	Дисково-сферический	«Ласточкин хвост»		
	Форма чистиков	14	Треугольная	Усеченноэллипсоидная	Плоская	Фигурная	В виде клапана	Комбинированная	Цилиндрическая		
	Форма предохранительного клапана	15	Прямоугольная	Эллипсоидная	Овальная	Криволинейная	Круглая	Треугольная	Комбинированная	Без предохранительного клапана	
Процесс высева материала	16	Под давлением	Свободное падение	Пневматический с малой концентрацией	Пневматический с высокой концентрацией	Гидротранспортирование	Гравитационный	Комбинированный			

Окончание табл. 1.14

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Конструктивные признаки	Операции, выполняемые сошниками	17	Посев	Внесение стартовой дозы удобрений	Комбинированный посев	С подсевом трав	С подсевом гороха	С инкрустацией семян	Высев дражированными семенами		
	Угол атаки дисков, град	18	Нулевой	1	3	5	9	12	15	18	
	Скоростной режим, м/с	19	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Технологические признаки	Давление на сошник, Н	20	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1500
	Форма бороздки	21	V-образная	Треугольная	Прямоугольная	Эллипсоидная	Трапециевидная	Конусная	Эллипсоидная	U-образная	Комбинированная
	Ширина междурядья, см	22	6,25	7,5	12,5	15,0	18,0	45,0	70,0	75,0	90,0

Таким образом, в табл. 1.14 приведена усовершенствованная цифровая классификация сошников по тринадцати конструктивным (3...15) и семи (16..22) технологическим признакам. В нее добавлены новые признаки и свойства сошников.

Цифровая запись характеристик дискового сошника включает в себя 22 цифры, разделенные точкой. Порядок этих цифр в записи отвечает индексам ЗСД, записанным в строках табл. 1.14, а соответствующий цифровой показатель кода – индексу ЗСД, указывающему на ее столбец. Пустые клетки таблицы составляют резерв для расширения классификации и предназначены для новых свойств ее.

Примеры применения приведенной в табл. 1.14 классификации для некоторых дисковых сошников, разработанных в УО БГСХА, и импортных разработок приведены ниже.

1. Цифровой код однодискового сошника с внешними усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями (рис. 1.98) для рядового посева зерновых культур следующий: 3.7.9.6.4.3.2.1.4.3.8.3.2.1.4.2.1.1.5.3.1.1.



Рис. 1.98. Однодисковый сошник с нулевым углом атаки и крена 3.7.9.6.4.3.2.1.4.3.8.3.2.1.4.2.1.1.5.3.1.1

Это означает, что рассматривается сошник для посева зерновых культур (3), узкорядного посева (7), однодисковый с ребордами (9), с диаметром диска 400 мм (6), с нулевым углом вхождения в почву (4), ротационный (3), со стальным корпусом (2), семянаправитель эллипсовидной формы (1), который установлен за ребордой (4), реборда усеченно-конусная (3). Форма уплотнительного элемента сошника для создания в почве ложа определенной плотности катковая (8), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загоргачи, которые преимущественно устанавливаются, пружинные (2), форма чистика треугольная (1), форма предохранительного клапана криволинейная (4).

Высев осуществляется свободным падением (2), сошник может осуществлять только посев (1). Установка диска произведена с нулевым углом атаки (1), скоростной режим составляет 6 м/с (5), давление пружины на сошник 400 Н (3), форма бороздки V-образная (1), рассчитан на междурядье 6,25 см (1).

2. Цифровой код двухдискового сошника с опорно-прикапывающим каточком (рис. 1.99) следующий: 7.2.1.5.7.3.1.3.7.8.8.3.3.4.8.2.4.8.2.3.1.4.

Это означает, что рассматривается сошник для посева зернобобовых культур (7), ленточного посева (2), двухдисковый (1), с диаметром диска 350 мм (5), с углом вхождения дисков в почву 10–18° (7), характер работы ротационный (3), материал корпуса сошника чугунный (1), сечение семянаправителя круглое (3), установка семянаправителя между дисков (7), конструкция без реборды (8), форма уплотнительного элемента катковая (8), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), конструкция загоргачей катковая (3), форма чистика фигурная (4), без предохранительного клапана (8), процесс высева – свободное падение (2), с подсевом трав (4), с углом атаки дисков 18° (8), скоростной режим 3 м/с (2), давление на сошник 400 Н (3), форма бороздки V-образная (1), ширина междурядий 15 см (4).



Рис. 1.99. Двухдисковый сошник для ленточного посева с опорно-прикапывающим каточком 7.2.1.5.7.3.1.3.7.8.8.3.3.4.8.2.4.8.2.3.1.4

3. Цифровой код комбинированного двухдискового сошника с разновеликими дисками для одновременного высева двух различных культур (рис. 1.100) следующий: 8.8.3.(5.3).(7.5).3.1.3.1.8.8.3.1.4. 8.6.3.(5.4).2.4.9.2.



Рис. 1.100. Комбинированный двухдисковый сошник с разновеликими дисками для одновременного высева двух различных культур 8.8.3.(5.3).(7.5).3.1.3.1.8.8.3.1.4.8.6.3.(5.4).2.4.9.2

В данном случае рассматривается сошник для одновременного внесения удобрений с посевом зерна (8), рядового двухстрочного посева (8), двухдисковый с разновеликими дисками (3), с диаметрами дисков 350 и 250 мм (5 и 3), угол вхождения в почву максимальный + минимальный (7 и 5), характер работы сошников в почве ротационный (3), материал корпуса чугунный (1), сечение семянаправителей круглое (3), семянаправители прямостоячие (1), без реборды (8), форма уплотнительного элемента катковая (8), подвеска сошника упругая с винтовой пружиной (3), загортачи П-образные (1), форма чистика фигурная (4), без предохранительного клапана (8), гравитационный высев двух материалов (6), комбинированный высев двух материалов – удобрения и зерна (3), с углом атаки большого диска 9° (5) и малого 5° (4), скорость работы сошника 3 м/с (2), давление на сошник 600 Н (4), форма бороздки комбинированная (9), ширина междурядий 7,5 см (2).

4. Цифровой код сферического однодискового сошника (рис. 1.101) следующий: 5.1.8.5.5.3.2.3.2.8.7.1.7.6.8.2.7.4.3.2.1.3.



Рис. 1.101. Сферический однодисковый сошник 5.1.8.5.5.3.2.3.2.8.7.1.7.6.8.2.7.4.3.2.1.3

Здесь рассматривается сошник для посева крупяной культуры (5), рядового сева (1), однодисковый (8), диаметр диска 350 мм (5), угол вхождения в почву минимальный (5), характер работы ротационный (3), корпус стальной (2), сечение семянаправителя круглое (3), семянаправители установлены под наклоном (2), без реборды (8), форма уплотнительного элемента усеченно-коническая (7), подвеска сошника жесткая (1), конструкция загортачей – «ласточкин хвост» (7), форма чистиков комбинированная (6), без предохранительного клапана (8), высев материала – свободное падение (2), высев дражированными семенами (7), угол атаки 5° (4), скорость работы сошника 4 м/с (3), давление на сошник 200 Н (2), форма бороздки V-образная (1), ширина междурядий 12,5 см (3).

Предлагаемая цифровая классификация комбинированных дисковых сошников, по нашему мнению, способствует более глубокому решению задач анализа существующих конструкций и синтеза новых сошников, дает возможность применения цифрового кодирования для описания всего многообразия их признаков, а также для изучения, прогнозирования, поиска и оперативной обработки информации о них с применением современных компьютерных средств и технологий.

1.25. К вопросу создания инновационных конструкций и технологических схем сошников для посевных агрегатов

Наукой установлено и практикой подтверждено, что при возделывании зерновых культур урожайность их во многом зависит от качества предпосевной обработки почвы и посева. Качество выполнения этих операций определяется выбором средств технологического оснащения, их техническим состоянием, настройкой и регулировкой, а также соблюдением всех агротехнических требований [27].

В последнее время с учетом перехода на точечное земледелие зарубежные и отечественные посевные машины оборудуются, как правило, одно- или двухдисковыми комбинированными сошниками, которые могут работать на различных типах почв. Они хорошо заглубляются на мульчированной почве, прорезают в ней бороздки на заданную глубину, не нарушая технологичности процесса укладки и заделки семян.

Эти агрегаты позволяют комбинировать операции подготовки почвы, внутрипочвенного внесения стартовой дозы фосфорных удобрений и посева сельскохозяйственных культур.

Однако существующие сошники имеют ряд недостатков, поэтому совершенствование существующих конструкций и разработка прин-

ципально новых дисковых сошников является весьма актуальной задачей.

Требуется теоретическое и экспериментальное обоснование их параметров с целью равномерной укладки и более равномерного распределения семян по площади питания с последующей заделкой их и одновременным внесением в почву стартовой дозы фосфорных удобрений, уменьшения их металлоемкости и тягового сопротивления.

Современное сельское хозяйство работает по тем же принципам, что и любой бизнес – постоянное стремление снижать себестоимость единицы продукции и повышать производительность в расчете на единицу затраченных ресурсов.

На протяжении всего XX века достигать этих целей позволял классический инструментарий – использование все более экономичных сельхозмашин, продуктивных сортов растений, эффективных удобрений, рациональных агротехнологических приемов. Сегодня эти инструменты по-прежнему актуальны, но их потенциал практически достиг предела, возможного при современном уровне технологий.

В настоящее время появились новые инструменты, недоступные прежде, в частности спутниковые и компьютерные технологии, ставшие общедоступными. Одной из самых актуальных технологий современности является точное земледелие.

Точное земледелие – это система управления продуктивностью полевых, основанная на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий. Вместо того, чтобы пахать, сеять, вносить удобрения на глаз, как это делалось на протяжении всей предыдущей истории сельского хозяйства, сегодня можно точно рассчитать количество семян, удобрений и других ресурсов для каждого участка поля с точностью до метра.

После того как на основе спутниковых и лабораторных данных составляется точная карта поля с указанием характеристик каждого его участка, имеется возможность более рационально распределять ресурсы между ними. Таким образом, удастся избежать перерасхода ресурсов там, где они прежде использовались в избытке, и повысить продуктивность тех участков поля, которые ранее недополучали в удобрениях, вспашке или поливе. При достаточно большом масштабе такой подход позволяет снизить расходы на производство единицы продукции и повысить отдачу с каждого квадратного метра земли. Кроме того, эта технология открывает дополнительные возможности для повышения качества продукции и в глобальном масштабе снижает нагрузку на окружающую среду.

Система точного земледелия – это не строго определенный набор методик и технических средств, а, скорее, общая концепция, основанная на использовании технологий спутникового позиционирования (GPS), геоинформационных систем (GIS), точного картографирования полей.

Одной из самых доступных и в то же время самых популярных технологий точного земледелия является система параллельного вождения. Она требует гораздо меньше затрат на внедрение, чем другие, а эффект заметен сразу. Данная система позволяет проводить полевые работы (вспашка, культивация, сев, внесение удобрений, уборка урожая) с максимальной точностью и минимумом ненужных движений.

Также важным ее преимуществом является возможность обработки поля ночью с той же эффективностью и точностью, что и днем. Значение такой возможности трудно переоценить, когда из-за неблагоприятных погодных условий для проведения полевых работ есть небольшой промежуток времени в 2–3 дня, из которых нельзя терять буквально ни одного часа. Система параллельного вождения основана на использовании сигнала спутниковой навигации.

Перед сельским хозяйством Республики Беларусь стоит ряд важнейших задач по повышению объемов производства зерна. Так, в нашей стране к 2020 г. предусмотрено произвести не менее 10 млн. тонн зерна [1].

Добиться необходимых результатов можно только при совершенствовании структуры посевных площадей, соблюдении технологий возделывания, внедрении инновационных технологий в производство, использовании высокопродуктивных сортов зерновых культур, а также при использовании новых рабочих органов для точного размещения семян в рядке, оптимальной площади их питания, увеличения скорости работы и производительности посевной машины, а соответственно снижения срока посева сельскохозяйственных культур.

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит непосредственно от качества посева и только потом от других немаловажных факторов. Так, высокая урожайность напрямую зависит от равномерной глубины заделки семян и достигается при получении ровных и дружных всходов необходимой густоты.

Условиями получения ровных и дружных всходов необходимой густоты является соблюдение оптимальной технологии посева. Процесс сева зависит прежде всего от конструкции рабочих органов для его осуществления. Во-вторых, необходимо оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение по площади, что обес-

печивает им адекватный водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для прорастания и формирования мощного узла кущения, вторичных корней.

Именно в этот период закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчивость к полеганию, стрессовым факторам. Процесс посева, являясь важнейшим звеном в технологии возделывания зерновых и льна, зависит прежде всего от конструкции рабочих органов, укладывающих семена в почву.

Для достижения высокой урожайности необходимо уделять внимание в первую очередь посевным рабочим органам – сошникам.

Наиболее оптимальное сочетание водного, воздушного и теплового факторов отмечается именно тогда, когда семена равномерно распределены по площади поля на заданной глубине. При этом они должны быть уложены на уплотненное ложе бороздок и закрыты рыхлым слоем почвы, имеющей мелкокомковатую структуру.

Несоблюдение даже одного из требований приводит к снижению урожайности. Многолетний опыт различных стран мира показывает, что потери растений и колосьев на единице площади могут достигать 60 %, что связано прежде всего с качеством подготовки почвы и сева. Начальный период развития растений является самым критическим, они еще не имеют развитых органов питания, поэтому наиболее чувствительны к стрессам и предъявляют чрезвычайно высокие требования к качеству обработки почвы и формированию посевного слоя (семенного ложа) определенных параметров. В связи с этим важным направлением в развитии сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции является переход к дифференцированным технологиям точного земледелия.

При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды.

Поэтому точное земледелие рассматривается в Республике Беларусь, как неотъемлемая часть ресурсосберегающего экологического сельского хозяйства и открывает перед производителями новые возможности, особенно в плане обеспечения условий для получения запрограммированного объема продуктов растениеводства высокого качества.

В подразделах 1.15–1.17 был приведен обзор перспективных конструкций и технологических схем дисковых сошников, разработанных авторами статьи: двухдискового сошника [28], двухдискового четырехстрочного сошника [39], а также комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева, комбинированного однодискового

сошника с двухсторонними ребордами, комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребордами и дисковыми загортачами для узкорядного посева; рассмотрены их конструктивные особенности, принципы работы и достоинства по отношению к имеющимся аналогам. Приведенные конструкции сошников отражают современные тенденции в развитии этого рабочего органа.

В настоящее время в Республике Беларусь создаются условия для ведения точного земледелия, которое позволит оптимизировать (минимизировать) затраты сырья и материалов (топлива, семян, удобрений, воды и т. д.); повысить урожайность используемых полей; улучшить качество получаемой продукции; повысить качественные характеристики используемой земли; снизить негативное влияние на окружающую среду.

При этом предполагается, что для достижения максимального эффекта при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ средства обработки могут различаться в пределах отдельных участков поля. Поэтому технологическая и конструкторская база средств и агрегатов для обработки почв Республики Беларусь должна быть разнообразной и подготовленной к этим изменениям.

С учетом этого в БГСХА разработана, запатентована и прошла практическую апробацию целая серия сошниковых групп посевных машин для разнообразных сельскохозяйственных культур. Новые рабочие органы (сошники) идеально вписываются в прогрессивные технологии точного земледелия при возделывании зерновых культур. Они позволяют: более равномерно распределять семена по площади питания; производить посев зерновых культур на высоких скоростях тяговых механизмов (до 25 км/ч, при конструкции сошников с нулевым (или близким к нулю) углом атаки); увеличить производительность посевных машин более чем на 50 %; сократить сроки сева зерновых культур при двухрядной расстановке сошников на посевных машинах и агрегатах; создать условия для равномерного и ускоренного подтягивания влаги к семенам. В совокупности вышеизложенное позволит добиться более ускоренных и равномерных всходов возделываемых культур, их равномерного созревания, а значит, сократить в ходе уборки потери и повысить урожайность зерна.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХДИСКОВЫХ СОШНИКОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ТЕОРИИ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ

2.1. Теоретическое обоснование основных параметров двухдискового сошника с односторонними ребордами- бороздкообразователями

2.1.1. Взаимодействие бороздкообразующих элементов и опорных поверхностей сошников с почвой

При взаимодействии рабочих поверхностей сошников с почвой происходит как разрыхление, так и уплотнение отдельных слоев ее. Во втором случае в процессе движения рабочего органа возникает зона повышенного давления, имеющая форму факела.

Рассмотрим характер изменения уплотненности почвы в зоне функционирования сошника. Если считать, что исследуется слой почвы, расположенный на расстоянии R от рабочей поверхности, то все почвенные частицы, удаленные от поверхности на это расстояние, образуют сферическую поверхность, площадь которой, как известно, определяется формулой

$$S_{ш} = 4\pi R^2. \quad (2.1)$$

В реальных условиях функционирования факел воздействия ограничивается только поверхностью шарового сегмента, а радиус сферы не совпадает с расстоянием от поверхности (рис. 2.1).

Как видно из рис. 2.1, *а*, линии $x_1 - x_1$, $x_2 - x_2$, $x_3 - x_3$ эквидистантно отстоят друг от друга, являются горизонтальными сечениями шаровых сегментов, а усредненное значение усилий на поверхностях этих сегментов определено их расстоянием от рабочей поверхности.

В соответствии со схемой (рис. 2.1, *б*) площадь S_c шарового сегмента определяется следующим выражением:

$$S_c = 2\pi RH, \quad (2.2)$$

где H – расстояние, отсекаемое секущей плоскостью, образующей сегмент.

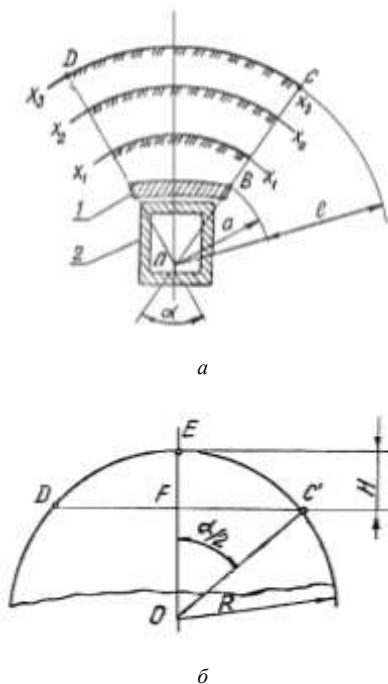


Рис. 2.1. Определение параметров плотности почвы в зоне повышенного давления: a – горизонтальное сечение факела; b – схема к расчету показателей: 1 – поверхность сошника; 2 – тукопровод (семяпровод)

Из $\triangle OFC'$ (рис. 2.1, б) следует, что

$$OF = OC \cos (\alpha / 2), \quad (2.3)$$

где α – телесный угол, определяющий границы шарового сегмента.

Поскольку $H = EF$, а $OE = OC' = R$, то

$$H = R - R \cos (\alpha / 2) = R(1 - \cos (\alpha / 2)). \quad (2.4)$$

Учитывая, что радиус в данном случае, кроме расстояния до рабочей поверхности, определен еще параметром α , можно записать:

$$H = (\alpha + l)(1 - \cos(\alpha / 2)). \quad (2.5)$$

Подстановка выражения (2.5) в равенство (2.2) с учетом того, что $R = \alpha + l$, позволяет записать:

$$S_c = 2\pi(\alpha + l)^2(1 - \cos(\alpha / 2)). \quad (2.6)$$

Отсюда можно найти усредненное давление $P_{\text{ср}}$, оказываемое на слой почвы, расположенный на расстоянии l от рабочей поверхности:

$$P_{\text{ср}} = F / 2\pi(\alpha + l)^2(1 - \cos(\alpha / 2)), \quad (2.7)$$

где F – суммарная реакция всего факела.

На рис. 2.2 показана теоретическая зависимость усредненного давления в почвенном слое от угла факела повышенного давления, а на рис. 2.3 – от расстояния до взаимодействующей поверхности (здесь $L = \alpha + l$, а усредненное давление измеряется в долях суммарной реакции всего факела).

Как видно из рисунков, и с увеличением телесного угла факела, и с повышением расстояния от взаимодействующей поверхности показатели уплотненности почвенных слоев резко падают. Это связано с тем, что в обоих рассмотренных случаях увеличивается общая площадь передачи усилия при неизменном самом усилии (реакции).

Как известно, для обеспечения заданного уровня уплотненности почвы и, следовательно, увеличения количества капилляров на единицу объема необходимо выбрать такое оптимальное расстояние между сошниками на сеялке, при котором обеспечивается перекрытие зон заданной плотности, созданных соседними сошниками (рис. 2.4). Как видно из рис. 2.4, перекрытие зон заданной уплотненности равно H . Однако уменьшение этой глубины до H_1 обеспечивает возможность уменьшения телесного угла факела.

Действительно, из $\triangle OKC_1$ следует, что $OC_1 = OK / \sin(\alpha / 2)$. Кроме того, $OC_1 = R$, а $OK = B / 2$ (B – расстояние между сошниками). Поэтому можно записать:

$$R = B / 2\sin(\alpha / 2). \quad (2.8)$$

Подстановка уравнения (2.8) в правую часть равенства (2.3) позволяет получить:

$$H_1 = B(1 - \cos(\alpha/2)) / 2\sin(\alpha/2). \quad (2.9)$$

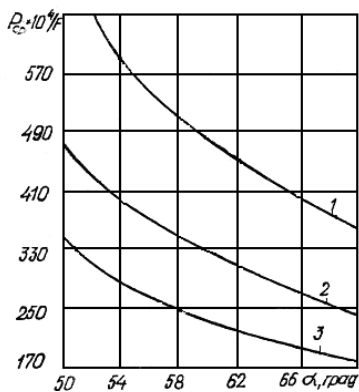


Рис. 2.2. Зависимость усредненного давления в почвенном слое от угла факела:
1 – $l = 5$ см; 2 – $l = 6$ см; 3 – $l = 7$ см

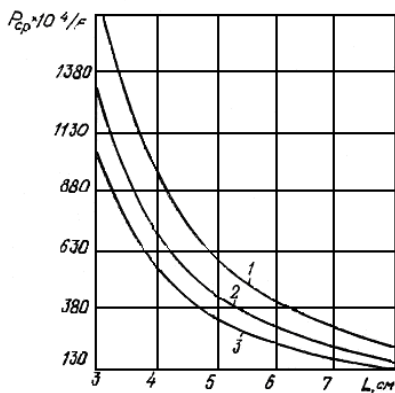


Рис. 2.3. Зависимость усредненного давления в почвенном слое от удаленности рабочей поверхности:
1 – $\alpha = 54^\circ$; 2 – $\alpha = 62^\circ$; 3 – $\alpha = 70^\circ$

Очевидно, площадь кругового сегмента в этом случае выразится следующим образом:

$$S_c = \pi B^2(1 - \cos(\alpha/2)) / 2\sin^2(\alpha/2). \quad (2.10)$$

Тогда усредненное давление на границе зоны перекрытия почвенных факелов соседних сошников может быть определено по выражению

$$P_{cp} \geq 2F\sin^2(\alpha/2) / \pi B^2(1 - \cos(\alpha/2)). \quad (2.11)$$

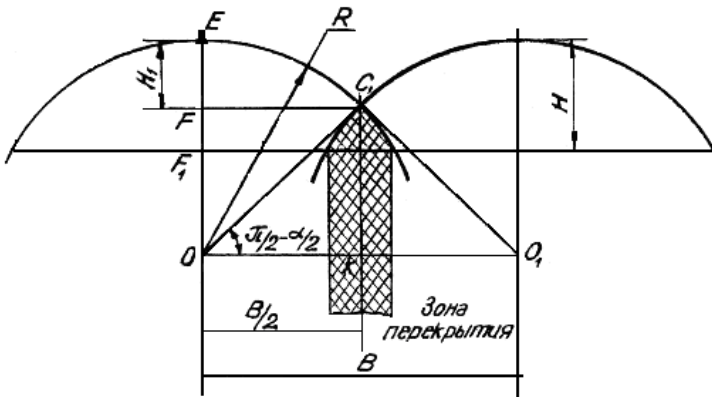


Рис. 2.4. Схема к определению оптимального расстояния между сошниками

Из неравенства (2.9) следует, что оптимальное расстояние между сошниками в ряду, обеспечивающее заданное агротребованиями давление (P_{cp}), определяется из выражения

$$B_{opt} \leq \sin(\alpha/2) \sqrt{2F / \pi [P_{cp}] (1 - \cos(\alpha/2))}. \quad (2.12)$$

Как показывают расчеты по формуле (2.12) и графики зависимости B_{opt} от L , оптимальное расстояние между сошниками в ряду по критерию уплотнения почвы при увеличении телесного угла факела с 50° до 70° уменьшается всего на 2,3 % (рис. 2.5). Здесь

$$K = \sqrt{2 / \pi [P_{\text{ср}}]}, \quad (2.13)$$

а $B_{\text{опт}}$ соответственно измеряется в долях величины K .

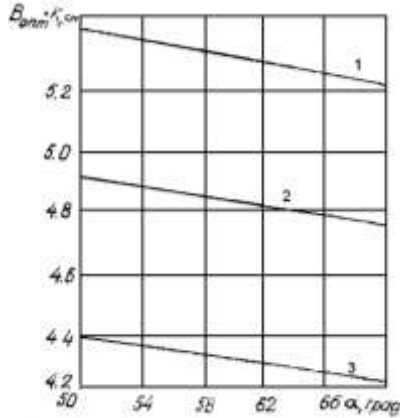


Рис. 2.5. Влияние телесного угла факела на оптимальное расстояние между сошниками:
 1 – $F = 15,0$ кг; 2 – $F = 12,5$ кг; 3 – $F = 10,0$ кг

В то же время при изменении заданного давления от $0,6$ до $1,6$ кг/см² оптимальное значение расстояния между сошниками уменьшается при прочих равных условиях на 39 % (рис. 2.6). Здесь

$$Z = \sin(\alpha / 2) \sqrt{2F / \pi(1 - \cos(\alpha / 2))}, \quad (2.14)$$

а $B_{\text{опт}}$ соответственно измеряется в долях величины Z .

Для граничного случая неравенства (2.14) проведем преобразование:

$$B_{\text{опт}}^2 = \pi [P_{\text{ср}}] (1 - \cos(\alpha / 2)) = 2F \sin^2(\alpha / 2). \quad (2.15)$$

Введем обозначение:

$$\alpha = \pi B_{\text{опт}}^2 [P_{\text{ср}}]. \quad (2.16)$$

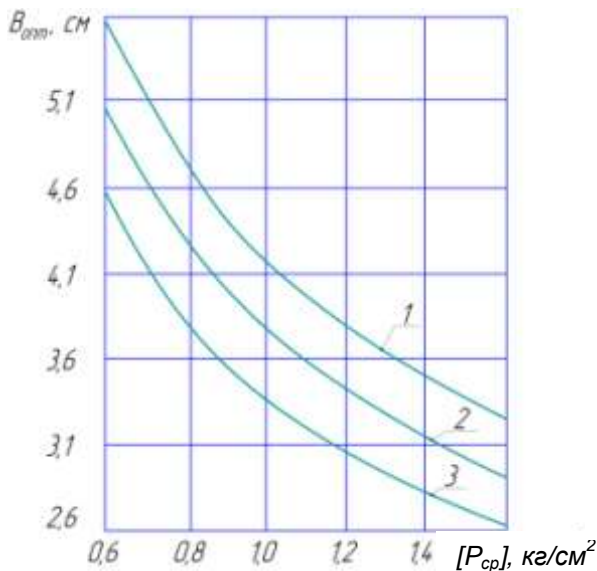


Рис. 2.6. Влияние заданного давления в почвенном слое на оптимальное расстояние между сошниками при $L = 54^\circ$: 1 – $F = 150$ кг; 2 – $F = 12,5$ кг; 3 – $F = 10,0$ кг

С учетом этого после некоторых алгебраических преобразований получаем:

$$\cos \alpha / 2 = (a \pm \sqrt{a^2 - 8F(f - 2F)}) / 4F. \quad (2.17)$$

Как видно, под радикалом в правой части уравнения (2.17) стоит полный квадрат разности величин a и $4F$. Поэтому уравнение (2.16) тождественно двум равенствам:

$$\cos (\alpha_1 / 2) = 1; \quad (2.18, a)$$

$$\cos (\alpha_2 / 2) = (a - 2F) / 2F. \quad (2.18, б)$$

Очевидно, что равенство (2.18, а) физического смысла не имеет, так как условие $L_1 = 0$ не может быть выполнено. Поэтому параметры поверхности сошника следует подбирать исходя из уравнения (2.18, б).

Вернемся к физическому осмыслению процесса взаимодействия рабочей поверхности сошника с почвой. В любом случае должно выполняться условие $0 < \alpha_2 < 180^\circ$. Это значит, что величина $\cos(L_2/2)$ охватывает всю область определения этой функции. Отсюда с учетом правой части равенства (2.18, б) приходим к следующим неравенствам:

$$(a - 2F) / 2F > 0; \quad (2.19, a)$$

$$(a - 2F) / 2F < 1. \quad (2.19, б)$$

Поскольку величина F всегда положительна, то из выражения (2.19, а) следует, что

$$a > 2F, \quad (2.20)$$

а из выражения (2.19, б), что

$$a < 4F. \quad (2.21)$$

После некоторых преобразований с учетом правой части равенства (2.16) получим:

$$B_{\text{онт}} > \sqrt{2F / \pi[P_{\text{ср}}]}; \quad (2.22)$$

$$B_{\text{онт}} < 2\sqrt{F / \pi P_{\text{ср}}}. \quad (2.23)$$

Введем обозначение:

$$\rho = \sqrt{F / \pi[P_{\text{ср}}]}. \quad (2.24)$$

Как видим, эта величина является характеристикой как почвы, так и рабочей поверхности, так как показывает соотношение между суммарной реакцией поверхности F и усредненным давлением $[P_{\text{ср}}]$. Отсюда следует, что

$$\sqrt{2\rho} < B_{\text{онт}} < 2\rho. \quad (2.25)$$

Таким образом, оптимальное расстояние между сошниками в ряду может быть выбрано из определенного довольно узкого интервала.

Подстановка реальных численных значений в правые части уравнений (2.17) и (2.18) показывает, что для обеспечения оптимальной уплотненности почвенных слоев расстояние между сошниками должно быть меньше, чем это возможно по условиям проходимости сеялки. Следовательно, как зерновые, так и туковые сошники необходимо располагать в несколько рядов.

Силовые и энергетические показатели бороздкообразующих и опорных поверхностей сошников определяются как качеством собственно поверхностей, так и формой, определяемой углами. Кроме того, многочисленными опытами установлено, что в процессе функционирования сошников или других почвообрабатывающих рабочих органов перед поверхностью образуется тело повышенного давления, а разрушение почвенного пласта происходит по поверхностям скольжения, образующим тело скольжения [47]. Форма тела скольжения зависит от свойств почвы, а также от формы поверхности сошника (рис. 2.7).

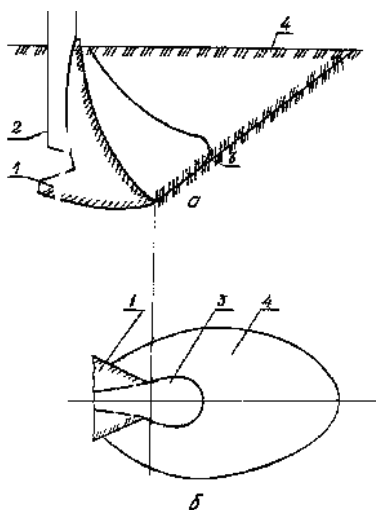


Рис. 2.7. Сдвиг почвенного пласта сошником:
a – вид сбоку; *б* – вид сверху; 1 – наральник;
 2 – тукопровод; 3 – уплотненный слой;
 4 – тело скольжения

Выделяют два уровня качества, различающиеся в процессе образования борозды: с образованием тела повышенного давления (уплотненного слоя почвы) и без образования такового. В первом случае скольжение происходит по границе «почва – почва», во втором – «почва – рабочая поверхность». В первом случае сумма всех приложенных сил ко всем поверхностям тела скольжения в каждый конкретный момент времени равна сумме реактивных сил, возникающих на поверхности тела повышенного давления. Это можно записать следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m \iiint F n d\delta_i = \sum_{j=1} \iiint [x(\hat{n}, x) + y \cos(\hat{n}, y) + z \cos(\hat{n}, z)] d\delta_j, \quad (2.26)$$

где m – количество поверхностей тела повышенного давления;

F – вектор элементарной (в точке) реакции поверхности тела повышенного давления;

n – единичный вектор нормали в данной точке;

d – количество поверхностей скольжения в теле скольжения;

δ_i – поверхности тела повышенного давления;

x, y, z – непрерывные функции координат, являющиеся проекциями вектора элементарной реакции;

δ_j – поверхности тела скольжения.

Аналогичное уравнение имеет место и во втором случае, только здесь интегрируется элементарная реакция по отдельным поверхностям рабочей поверхности.

Анализ выражения (2.26) показывает, что для аналитического определения усилий, действующих на сошник со стороны почвы, или для оценки воздействия рабочих поверхностей на почву необходимо знать вектор элементарной реакции в каждой точке поверхности. Последний, как следует из правой части уравнения (2.26), определяется как физико-механическими и технологическими свойствами почвы (величины x, y и z), так и геометрическими параметрами взаимодействующей поверхности (величины $\cos(\hat{n}, x), \cos(\hat{n}, y), \cos(\hat{n}, z)$).

Рассмотрим процесс взаимодействия в конкретной точке поверхности (рис. 2.8). Как следует из рис. 2.8, б, нормальная составляющая определяется из выражения

$$N = E_0 + E_p, \quad (2.27)$$

где $E_0 = E_0(z)$ – статистическая составляющая реакции почвы, зависящая от вертикальной координаты (глубины) z ;

$E_p = E(v\eta)$ – динамическая составляющая реакции почвы, зависящая от поступательной скорости v рабочей поверхности и направления (угол η) вектора поступательной скорости по отношению к нормали.

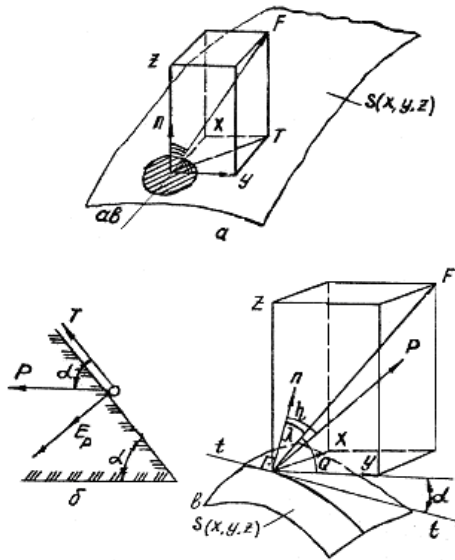


Рис. 2.8. Взаимодействие рабочей поверхности с почвой:
 а – частный случай (вектор нормали вертикален);
 б – сечение рабочей поверхности; в – общий случай

В частном случае имеет место соотношение

$$\eta = \cos(\hat{n}, x). \quad (2.28)$$

Последнее справедливо для наральных рабочих органов, когда $v = v_x$ (абсолютная скорость проецируется на ось в натуральную величину).

В общем случае, например, для дисковых сошников справедливо соотношение (рис. 2.80), а скорость в этом случае определяется как $v = v(x, y, z)$.

$$\eta = \cos(\hat{n}, p). \quad (2.29)$$

Известно, что [53]

$$E_p = \rho \cos \eta = \rho v^2 \cos \eta, \quad (2.30)$$

где E_p – величина динамического напора;

ρ – плотность (удельный вес) почвы.

Учитывая, что сила трения T определяется выражением

$$T = N \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.31)$$

где φ – угол трения,
можно записать:

$$T = (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.32)$$

Направление вектора F элементарной реакции составляет угол θ с касательной $t-t$ к поверхности, вдоль которой движется почва, и угол λ с нормалью в этой же точке (рис. 2.9).

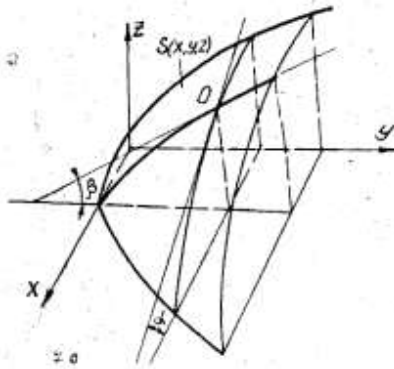


Рис. 2.9. Определение характеристических углов рабочей поверхности сошника

Поэтому можно записать:

$$F = (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) \operatorname{tg} \varphi / \cos \theta. \quad (2.33)$$

С другой стороны,

$$F = (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) / \cos \lambda. \quad (2.34)$$

Сопоставление левых и правых частей равенств (2.33) и (2.34) приводит к соотношению

$$\theta = \arccos (\cos \lambda \operatorname{tg} \varphi). \quad (2.35)$$

Анализ уравнения (2.35) позволяет сделать вывод о том, что направление скольжения почвы по рабочей поверхности сошника определяется углом θ и зависит от двух углов: угла между скоростью набегания почвы на поверхность и нормалью к поверхности и угла трения. Знание двух этих углов, а также динамического напора почвенной массы позволяет в каждой точке поверхности идентифицировать вектор элементарной реакции.

Параметры технологических операций сошника, а также его энергетические показатели определяются интегральным усилием, действующим со стороны почвы.

Найдем проекции вектора элементарной реакции на декартовы оси координат (рис. 2.8, в):

$$X = N \cos (\hat{n}, x) + T \cos (\hat{t}, x); \quad (2.36)$$

$$Y = N \cos (\hat{n}, y) + T \cos (\hat{t}, y); \quad (2.37)$$

$$Z = N \cos (\hat{n}, z) + T \cos (\hat{t}, z). \quad (2.38)$$

С учетом выражений (2.30) и (2.32) уравнения (2.36)–(2.38) имеют следующий вид:

$$X = (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) (\cos (\hat{n}, x) + \operatorname{tg} \varphi \cos (\hat{t}, x)); \quad (2.39)$$

$$Y = (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) (\cos (\hat{n}, y) + \operatorname{tg} \varphi \cos (\hat{t}, y)); \quad (2.40)$$

$$Z = (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) (\cos (\hat{n}, z) + \operatorname{tg} \varphi \cos (\hat{t}, z)). \quad (2.41)$$

Для определения реакций конкретных рабочих органов, например туковых наральных сошников, установленных на S -образных стойках, необходимо идентифицировать величину η . Известно, что этот угол для поверхностей сошников может быть вычислен по формуле

$$\eta = \arctg (\operatorname{tg} \alpha \cos \beta), \quad (2.42)$$

где α и β – углы, характеризующие рабочую поверхность в точке соответственно в продольно- и поперечно-вертикальной плоскостях (рис. 2.9).

Поскольку рабочая поверхность $S(x, y, z)$ представляет собой функцию нескольких переменных, то углы α и β этой поверхности, образованные касательными к поверхности и продольной и поперечной сечущим плоскостям, можно определить по следующим формулам:

$$\alpha = \arctg \frac{\partial S(x, y, z)}{\partial x}; \quad (2.43)$$

$$\beta = \arctg \frac{\partial S(x, y, z)}{\partial y}. \quad (2.44)$$

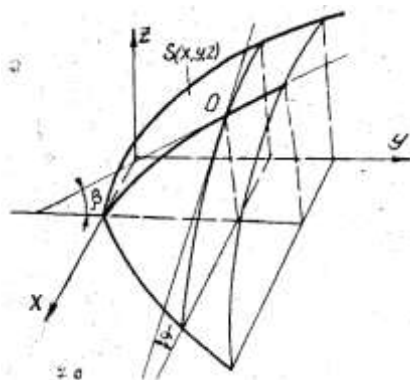


Рис. 2.9. Определение характеристических углов рабочей поверхности сошника

Учитывая, что

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(\partial S(x, y, z))^2}{\partial y}}}, \quad (2.45)$$

можно записать выражение для η в виде следующей формулы:

$$\eta = \arctg \frac{\partial S(x, y, z)}{\partial x} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial S(x, y, z)}{\partial y}\right)^2}}. \quad (2.46)$$

Подстановка правой части выражения (2.46) в уравнения (2.39)–(2.41) и дальнейшее интегрирование составляющих по аналогии с выражением (2.26) позволяют полностью идентифицировать силовые характеристики исследуемого сошника.

В частности, тяговое сопротивление F_T можно определить интегрированием величины X по проекции поверхности на плоскость Oy :

$$F_T = \iint_{D_{yz}} (E_0 \rho v^2 \cos \eta) (\cos(\hat{n}, x) + \operatorname{tg} \varphi (\cos(\hat{t}, x))) dydz + P_0(S, M) \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.47)$$

где $P_0(S, M)$ – усилие на опорную поверхность сошника, зависящее от рабочей поверхности S и механизма навески M , а η определяется по выражению (2.46).

Боковая составляющая реакции F_6 имеет среднее значение, отличное от нуля, для несимметричных (например, однодисковых) сошников или для двухдисковых сошников с разными диаметрами дисков. В последнем случае она определяется по следующему выражению:

$$F_6 = \iint_{D_{xy}} (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) (\cos(\hat{n}, y) + \operatorname{tg} \varphi (\cos(\hat{t}, y))) dx dy - \iint_{D_{xz}} (E_0 + \rho v^2 \cos \eta) (\cos(\hat{n}, z) + \operatorname{tg} \varphi (\cos(\hat{t}, z))) dx dy, \quad (2.48)$$

где $\iint_{D_{xy}}$ и $\iint_{D_{xz}}$ – области интегрирования соответственно по левому и правому дискам.

Положительное значение величины, вычисленное на основе выражения (2.48), свидетельствует о направленности боковой составляющей слева направо (левый диск большего диаметра), а отрицательное значение – справа налево.

Что касается вертикальной составляющей реакции, то полное ее значение в среднем равно нулю. Это обусловлено компенсацией динамического напора почвы на рабочую поверхность упругим элементом механизма навески и усилием на опорную поверхность.

Сама составляющая F_b от динамического напора может быть определена из выражения

$$F_b = \iint_{D_{xz}} (E_0 + \rho v^2 \cos \eta)(\cos (\hat{n}, z) + \operatorname{tg} \varphi(\cos (\hat{t}, z))) dx dz. \quad (2.49)$$

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать ряд предположений (гипотез):

1) рабочая поверхность сошника должна обеспечивать минимизацию или полное исключение тела повышенного давления в процессе образования борозды. Это связано с тем, что форма тела повышенного давления во многом является неопределенной, что не позволяет контролировать, а тем более прогнозировать углы, характеризующие процесс взаимодействия. В результате управлять процессом бороздкообразования не представляется возможным. Кроме того, при образовании тела повышенного давления имеет место скольжение почвы по почве, что приводит к возрастанию сил трения и энергозатрат на перемещение сошника.

2) знание геометрических характеристик поверхности сошника позволяет оценить распределение элементарных реакций почвы по сечению образываемой сошником борозды и тем самым найти количественные оценки производных показателей технологических операций: неравномерность глубины заделки семян и удобрений; распределение минеральных удобрений в ленте; уплотнение над лентой минеральных удобрений (при наличии прикатывающих катков); энергетические показатели.

2.1.2. Обоснование угла между нормалью к реборде и направлением скорости

При взаимодействии диска с ребордой и почвой важное значение имеет угол ψ между абсолютной скоростью и нормалью к конической

поверхности реборды [57]. Считается, что если этот угол меньше угла трения почвы о сталь реборды, то почва сминается по направлению скорости, если больше, то почва скользит.

Для получения вектора нормали к реборде получим ее параметрические уравнения. С этой целью проведем сечение реборды плоскостью $y = \text{const}$. В сечении получим окружность с центром в точке O радиуса $r = R - \text{ustg}(\mu)$. На этой окружности выберем произвольную точку M . Если обозначить через θ угол AOM , то очевидно (рис. 2.10), что

$$x = r \sin(\theta), \quad y = (R - r) \text{tg}(\mu), \quad z = R - r \cos(\theta). \quad (2.50)$$

Это и есть параметрические уравнения реборды с параметрами r и θ .

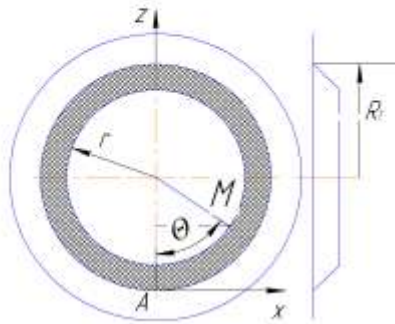


Рис. 2.10. Схема усеченно-конусной реборды для расчета вектора нормали двухдискового сошника

Вектор нормали к поверхности определяется как векторное произведение векторов $\frac{\partial x}{\partial r}, \frac{\partial y}{\partial r}, \frac{\partial z}{\partial r}, \dots, \frac{\partial x}{\partial \theta}, \frac{\partial y}{\partial \theta}, \frac{\partial z}{\partial \theta}$.

Находим:

$$\frac{\partial x}{\partial r} = \sin(\theta), \quad \frac{\partial y}{\partial r} = -\text{tg}(\mu), \quad \frac{\partial z}{\partial r} = -\cos(\theta), \dots$$

$$\frac{\partial x}{\partial \theta} = r \cos(\theta), \quad \frac{\partial y}{\partial \theta} = 0, \quad \frac{\partial z}{\partial \theta} = r \sin(\theta).$$

Векторное произведение подсчитывается через определитель:

$$\vec{N}_p = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \sin(\theta) - \operatorname{tg}(\mu) & -\cos(\theta) & \\ r\cos(\theta) & 0 & r\sin(\theta) \end{vmatrix}.$$

Раскрывая по первой строке, получим:

$$\vec{N}_p = -r\sin(\theta)\operatorname{tg}(\mu)\vec{i} + -r\sin^2(\theta) - r\cos^2(\theta)\vec{j} + -2\cos(\theta)\operatorname{tg}(\mu)\vec{k}.$$

Чтобы найти единичный вектор нормали к реборде \vec{n}_p , вычислим длину вектора $|\vec{N}_p|$:

$$\begin{aligned} |\vec{N}_p| &= \sqrt{r^2\sin^2(\theta)\operatorname{tg}^2(\mu) + r^2 + r^2\cos^2(\theta)\operatorname{tg}^2(\mu)} = \\ &= r\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\mu)} = \frac{r}{\cos(\mu)}. \end{aligned} \quad (2.51)$$

Тогда единичный вектор нормали будет равен:

$$\vec{n}_p = -\sin(\theta)\sin(\mu); -\cos(\mu); -\cos(\theta)\sin(\mu). \quad (2.52)$$

Угол θ , согласно рис. 2.10, равен:

$$\theta = 2\pi - \omega t; \quad \omega t = 2\pi - \theta, \quad (2.53)$$

где ωt – угол поворота реборды.

Поэтому

$$x = \omega(R - r\cos(\theta)); \quad y = 0; \quad z = -r\omega\sin(\theta). \quad (2.54)$$

Модуль вектора скорости равен:

$$\begin{aligned} |\vec{v}| &= \omega\sqrt{R^2 + r^2\cos^2(\theta) - 2rR\cos(\theta) + r^2\sin^2(\theta)} = \\ &= \omega R\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda\cos(\theta)}, \end{aligned} \quad (2.55)$$

где λ – кинематический параметр, равный отношению окружной скорости к поступательной $\lambda = \omega r / \omega R = r / R$.

С учетом введенных обозначений единичный вектор, указывающий направление вектора скорости, будет иметь координаты:

$$v^0 = \frac{1 - \lambda \cos(\theta)}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos(\theta)}}; \quad 0; \quad \frac{-\lambda \sin(\theta)}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos(\theta)}}. \quad (2.56)$$

Косинус угла между единичными векторами равен их скалярному произведению:

$$\cos(\psi) = \frac{1 - \lambda \cos(\theta) \sin(\theta) \sin(\mu) + \lambda \sin(\theta) \cos(\theta) \sin(\mu)}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos(\theta)}},$$

или после упрощений

$$\cos(\psi) = \frac{\sin(\theta) \sin(\mu)}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos(\theta)}}. \quad (2.57)$$

Для основания реборды $r = R$ и $\lambda = 1$. Тогда

$$\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos(\theta)} = \sqrt{2} \sqrt{1 - \cos(\theta)} = \sqrt{4 \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)} = 2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right).$$

Следовательно, для основания реборды

$$\cos(\psi) = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \sin(\mu).$$

Если $\mu = 90^\circ$ (прямая реборда), то $\cos(\psi) = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$, что совпадает с расчетом в книге В. В. Гуськова [52].

Полученные формулы будут использованы при расчете сил сопротивления почвы сжатию.

2.1.3. Силы, действующие со стороны почвы на дисковый сошник с ребордами

Задача исследования движения сошника сводится к получению и анализу зависимостей между входными данными: радиус диска R_1 и

реборды R_2 , угол скоса реборды μ , ширина реборды b_p , скорость движения сошника v , давление на сошник F – и выходными параметрами: глубина h и ширина b_6 бороздки, тяговое усилие P , плотность дна бороздки. Эти зависимости можно получить путем расчета сил, действующих со стороны почвы на сошник, и составления баланса сил и моментов сил.

Поскольку движение реборды в почве аналогично движению жесткого колеса в деформируемой среде (теория колеи), прежде всего возникает необходимость расчета усилий на сжатие почвы. Для зависимостей между нормальным напряжением сжатия σ и деформацией v используют одну из следующих формул:

$$\sigma = kv; \quad (2.58)$$

$$\sigma = \left(\frac{K_c}{b} + K_\phi \right) v, \quad v < 1; \quad (2.59)$$

$$\sigma = \sigma_0 \operatorname{th} \left(\frac{k}{\sigma_0} v \right), \quad (2.60)$$

где k – коэффициент объемного смятия почвы, $\text{H}/\text{м}^3$;

K_c – коэффициент сцепления почвы;

b – наименьший размер штампа, м;

K_ϕ – коэффициент трения почвы;

σ_0 – предельная несущая способность почвы, $\text{H}/\text{м}^2$.

Формула (2.59) предложена М. Г. Беккером [54]. Ее недостатком является то, что при малых v нормальное напряжение σ резко возрастает (рис. 2.11).

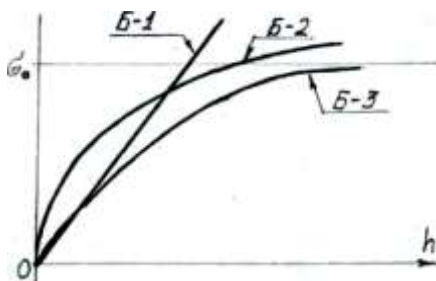


Рис. 2.11. Зависимость напряжения сжатия σ от глубины хода h дискового сошника с усеченно-конусной ребордой

Формула (2.60) предложена профессором В. В. Кадышным. При малых ν она дает значения σ фактически совпадающие со значениями линейной формулы (2.58). Однако если по формуле (2.58) с неограниченным ростом ν и σ неограниченно растет, то по формуле (2.60) с ростом ν σ стремится к значению σ_0 , т. е. при значениях σ близких к σ_0 деформация увеличивается почти без роста напряжения. Это соответствует и физическим представлениям, и опытным данным. Однако формула (2.60) при подсчете суммарных усилий сжатия приводит к громоздким вычислениям и часто к таким интегралам, которые не выражаются через элементарные функции. Это заставляет использовать приближенные методы, например разложение правой ее части в ряд. Если при этом ограничиться первым членом, то это равносильно использованию формулы (2.58).

Поэтому необходимо выяснить, до каких значений ν допустимо использовать линейную формулу (2.58) вместо формулы (2.60) и оценить возникающую погрешность.

Обозначим $x = \nu k / \sigma_0$ и сравним формулы: $y = x$ и $y = th(x)$.

Функция $th(x)$ разлагается в ряд Маклорена в окрестности точки $x = 0$ вида

$$th(x) = x - \frac{x^2}{3} + \frac{2}{15}x^5 - \dots \quad (2.61)$$

Известно, что при отбрасывании членов лейбницевского ряда погрешность не превосходит величины первого отброшенного члена. Таким образом, если для вычисления $th(x)$ используется только первый член ряда, то погрешность не превосходит $x^3/3$. Прямым расчетом проверим, до каких значений x допустимо вместо $th(x)$ использовать x .

Выясним, какие значения может принимать x в реальных условиях при смятии почвы ведомым жестким колесом. По данным источника [52],

$$x = 4kr \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) - \cos \left(\frac{\alpha_0}{2} \right) \right), \quad (2.62)$$

где α_0 – угол охвата опорной поверхности почвы, град, $0 \leq \alpha \leq \alpha_0$;

r – радиус реборды, м;

k – коэффициент объемного смятия почвы.

Согласно данным табл. 1.2 [52], отношение K / σ_0 практически для всех видов почв не превосходит 1 и лишь в трех случаях принимает

значения не более 1,6. Выражение в скобках достигает максимального значения при $\alpha = 0$. Таким образом, значение x не превосходит величину $4r(1 - \cos(\alpha_0 / 2))$.

Из рис. 2.12 видно, что $\cos \alpha_0 = (r - h) / r$, где h – глубина бороздки, м.

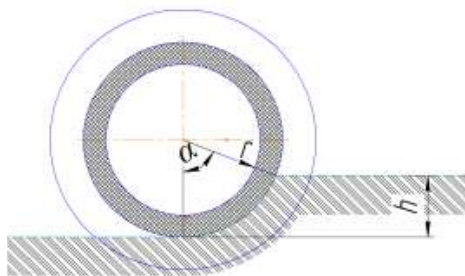


Рис. 2.12. Схема для определения угла охвата поверхности почвы дисковым сошником с конической ребордой

Предположим (весьма маловероятное предположение для диска сошника), что $h = r / 2$. Это значит, что $\alpha_0 = 60^\circ$, т. е. $\cos(\alpha_0 / 2) = \cos(30^\circ) \approx 0,86$.

Тогда $4r(1 - \cos(\alpha_0 / 2)) \leq 0,56r$.

Для сошников обычно $r \leq 0,15$ м. Следовательно, даже для указанных условий ($\alpha_0 = 60^\circ$, $h = r / 2$) значение x не превосходит величины $0,56 \cdot 0,15 = 0,084$ м. Замена $th(x)$ на x дает погрешность не более 0,5 %.

Это обосновывает возможность использования линейной формулы (2.58) для расчета воздействий почвы на сошник при смятии почвы.

2.1.4. Исследование глубины бороздки, образуемой экспериментальным двухдисковым сошником с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями

Глубина бороздки h_6 предлагаемого двухдискового сошника определяется из условия уравнивания вертикальной составляющей сопротивления почвы и вертикальной нагрузки на сошник G_n , складывающейся из веса сошника и давления пружины. Таким образом, для определения h_6 необходимо решить относительно h уравнение

$$R_{\text{сп}} + R_{\text{зд}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{зд}} + D_{\text{сп}} + D_{\text{зд}} = G_n, \quad (2.63)$$

где R_{zp} – составляющая по оси z сопротивления прижатия реборды к почве, Н;

R_{zd} – составляющая по оси z сопротивления прижатия диска к почве, Н;

T_{zp} – трение реборды о почву, Н;

T_{zd} – трение диска о почву, Н;

D_{zp} – составляющая динамического сопротивления реборды, Н;

D_{zd} – составляющая динамического сопротивления диска, Н.

Если подставить в уравнение (2.63) выражение для составляющих сил сопротивления, то станет ясно, что аналитически решить это уравнение не представляется возможным. Поэтому решение уравнения (2.63) при различных значениях исходных параметров будем определять по методу, который легко реализуется на компьютере с помощью программы Excel (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Решение уравнения $R_{zp} + R_{zd} + T_{zp} + T_{zd} + D_{zp} + D_{zd} = G_n$ при различных значениях исходных параметров с помощью Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Расчет глубины											
2		Расчетные данные						Исходные данные			Общие		
3	$L_{cp} =$	0,9	$L_{cd} =$	1,14835	$\mu \cdot \rho_{ад} =$	0,7854	Реборда		Диск		$f =$	0,55	
4	$b \Delta \text{ctg} \mu / 2$ R	0,1	$b \Delta \text{ctg} \alpha / 4R$	0,01832	$\alpha \cdot \rho_{ад} =$	0,84907	$R, m =$	0,15	$R, m =$	0,175	$K =$	1000000	
5			$L_0 = R1 / R =$	1,66667	$R_{cp} =$	0,17225	$b, m =$	0,03	$b, m =$	0,004	$\rho =$	1800	
6			Коэффициенты				μ $\text{град} =$	45	α $\text{град} =$	20	$V =$	4	
7	257,74	90,2138	36,6564	27,0615	24,9866	25,786					$G =$	300	
8		Реборда			Диск		$dh =$	0,001		Реборда		Диск	
9	Сжатие	Трение	Динами ч	Сжатие	Трение	Динами ч	S=СУМ МА	h	S-G	H_o	θ_o	H_{od}	θ_{od}
10								0,0527	-6,7085				
11								0,0528	-5,7054				
12								0,0529	-4,702				
13								0,053	-3,6969				
14								0,0531	-2,6907				
15								0,0532	-1,6833				
16								0,0533	-0,6747				
17								0,0534	0,33512				
18								0,0535	1,3461				
19								0,0536	2,35827				
20								0,0537	3,37162				

Метод исследований состоит в следующем: если x_0 является корнем уравнения $f(x) = 0$, то при переходе через точку x_0 функция $f(x)$ меняет знак с + на – или с – на +. Исключение составляет тот случай, когда в точке x_0 график $f(x)$ касается оси Ox , т. е. в точке x_0 имеется экстремум. Поскольку ясно, что h зависит от параметров монотонно (с ростом G_n растет глубина бороздки и т. д.), то такой случай у нас не реализуется.

Итак, для отыскания корня составляем таблицу значений функции на некотором интервале, где предположительно находится корень с шагом Δx . Пусть мы определили, что знак меняется между точками x_1 и x_2 , тогда ставим x_1 на первое место в таблице и уменьшаем шаг, например, в 10 раз. Затем находим интервал перемены знака. Но теперь мы знаем корень с более высокой точностью. Повторяя эту процедуру, мы можем найти корень с любой точностью. В программе Excel в клетку со значениями функции заносятся не числа, а формулы. Поэтому значения функции находятся автоматически. Оператору нужно только ввести начальное значение x и шаг Δx .

Эта методика реализована в таблице. Верхняя часть таблицы содержит исходные данные о сошнике: R , R_d , b , b_d , μ , α – и общие данные: f – коэффициент трения; ρ – плотность почвы, кг/м^3 ; v – скорость, м/с ; G_n – вертикальная нагрузка, Н ; K – коэффициент объемного смятия, Н/м^3 . В ячейку с этими данными заносятся числовые значения. В ячейку «Расчетные данные» заносятся формулы для расчета:

$$R_{\text{сп}} = R - \frac{1}{2} b \text{ctg}(\mu), \quad \lambda_{\text{сп}} = \frac{R_{\text{сп}}}{R} \text{ и т. д.} \quad (2.64)$$

Числовые данные заносить не нужно. Они появятся автоматически, как только будут введены исходные данные.

Далее в таблице следует шесть колонок (А, В, С, D, Е, F) для значений формул расчета $R_{\text{сп}}$, $R_{\text{зд}}$, $T_{\text{сп}}$, $T_{\text{зд}}$, $D_{\text{сп}}$, $D_{\text{зд}}$, причем все с коэффициентом 2, так как сошник состоит из двух реборд и двух дисков. Формулы копируются на несколько (10 или более) строк по количеству значений h .

Они заносятся в колонку Н по формуле

$$h = h_1 + \Delta h, \quad (2.65)$$

где h_1 – начальное значение h .

В графу G вводится формула СУММ(A10:F10), что дает сумму всех сопротивлений, т. е. левую часть уравнения (2.64). В колонке I записана разность $S - G$. По знакам чисел в этой графе и определяется интервал, где расположен корень, т. е. искомое значение h . В графах К, L, М записаны формулы для расчетных данных, связанных со значениями h . Они используются при вводе формул в графы А...Е. Вначале в графу Н заносятся значения h с широким диапазоном, например от $h = 0,03$ до $h = 0,12$ м. При этом $\Delta h = 0,01$. Предположим, по графе I мы заметили,

что знак меняется при переходе h от $h = 0,05$ до $h = 0,06$ м. Тогда значение 0,05 заносится в ячейку Н10, а в ячейку Н8 – значение $\Delta h = 0,001$. В графе I пойдет таблица с шагом 0,001, и мы можем найти более точное значение, например 0,057. Повторим все это с шагом $\Delta h = 0,0001$, получим еще более точное значение.

Описанные расчеты производятся быстро. Они утомительны только из-за большого числа исходных данных, которые необходимо менять. Например, следует знать, как меняется h в зависимости от скорости, т. е. необходимо просчитать значение h при разных скоростях, например, 1, 2, 3, 4, 5 м/с.

Результаты расчетов h при разных значениях параметров приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Результаты расчетов h при разных значениях параметров скорости v

b_ϕ	h_m	$v = 1$ м/с		$v = 2$ м/с		$v = 3$ м/с		$v = 4$ м/с		$v = 5$ м/с	
		F	G	F	G	F	G	F	G	F	G
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,005	0,005	1,66	13,01	1,85	14,16	2,16	16,09	2,61	18,79	3,18	22,26
0,010	0,010	3,19	19,10	3,44	20,64	3,85	23,21	4,43	26,80	5,17	31,43
0,015	0,015	5,75	28,05	6,11	30,08	6,73	33,46	7,59	38,20	8,70	44,29
0,020	0,020	9,66	40,32	10,24	42,96	11,21	47,37	15,56	53,52	14,31	61,43
0,025	0,025	15,26	56,27	16,16	59,65	17,67	65,29	19,78	73,17	22,49	83,32
0,030	0,030	22,89	76,18	24,24	80,44	26,50	87,56	29,66	97,51	33,72	110,31
0,030	0,035	32,45	104,77	34,23	110,13	37,19	119,08	41,35	131,59	46,69	147,68
0,030	0,040	43,88	137,18	46,15	143,75	49,93	154,69	55,23	170,01	62,04	189,71
0,030	0,045	57,25	173,13	60,08	181,00	64,79	194,11	71,39	212,45	79,87	236,05
0,030	0,050	72,63	212,46	76,08	221,71	81,83	237,13	89,87	258,71	100,22	286,47
0,030	0,055	90,10	255,04	94,23	265,76	101,12	283,62	110,77	308,54	123,18	340,80
0,030	0,060	109,72	300,79	114,61	313,05	122,75	333,50	134,16	362,12	148,82	398,93
0,030	0,065	131,59	349,65	137,29	363,54	146,80	386,69	160,12	419,10	177,23	460,76
0,030	0,070	155,79	401,60	162,38	417,18	173,36	443,15	188,74	479,51	208,50	526,25
0,030	0,075	182,42	456,63	189,96	473,97	202,52	502,87	220,11	543,33	242,72	595,36
0,030	0,080	211,58	514,72	220,13	533,89	234,38	565,83	254,34	610,55	279,99	668,04

Данные табл. 2.2 позволяют построить графики зависимости h от исходных параметров. Графики приведены на рис. 2.13–2.18.

Анализ таблицы и графиков позволяет сделать приведенные ниже выводы.

1. Зависимость глубины бороздки h от давления G_n близка к линейной. Это значит, что зависимость h от G_n имеет характер степенной функции G_m с показателем $m < 1$.

2. С ростом скорости глубина бороздки уменьшается и имеет выпуклый характер. Если продлить кривые, то глубина стремится стать равной нулю при достаточно большой скорости. Однако, по нашему мнению, характер зависимости h от скорости скорее имеет вид

$$h = \frac{c}{a^2 + bv^2}. \quad (2.66)$$

График такой функции представлен на рис. 2.13, т. е. наши расчеты попадают в зону, где функция убывает и выпукла.

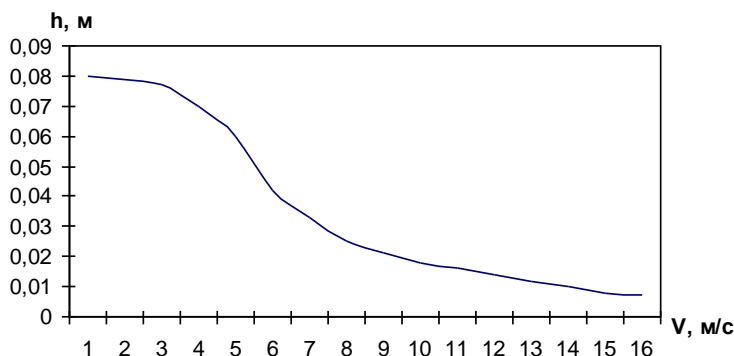


Рис. 2.13. Зависимость глубины бороздки сошника от скорости его движения

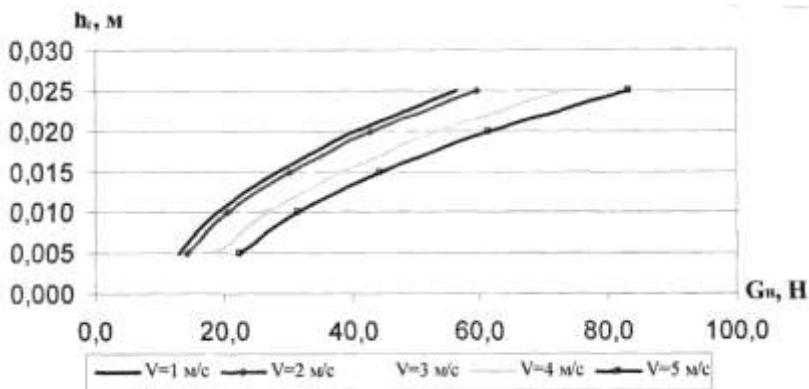


Рис. 2.14. Зависимость первоначальной глубины бороздки h_1 экспериментального двухдискового сошника от вертикального давления G_n при разных скоростях v и значении ширины реборды $b_p = 0,01$ м

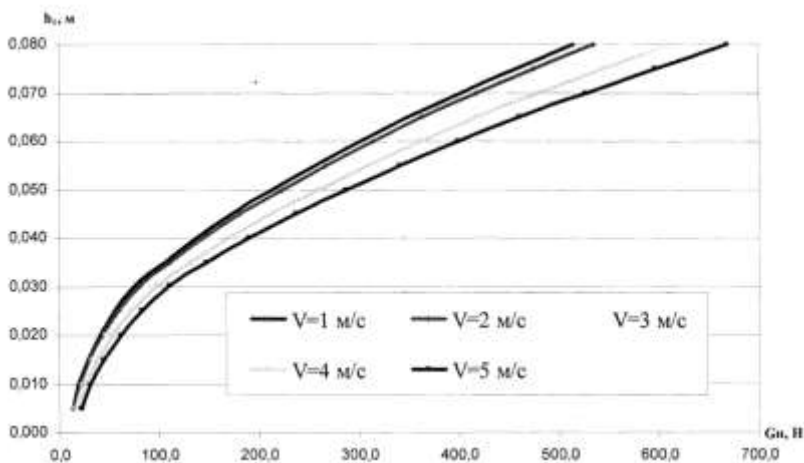


Рис. 2.15. Зависимость первоначальной глубины бороздки h_1 экспериментального двухдискового сошника от вертикального давления G_n при разных скоростях v и значении ширины реборды $b_p = 0,03$ м

3. Обращает на себя внимание резкое уменьшение h_1 в зависимости от толщины реборды b_p в зоне $0 \leq b_p \leq 0,02$. После $b_p \geq 0,02$ скорость убывания h_1 резко сокращается.

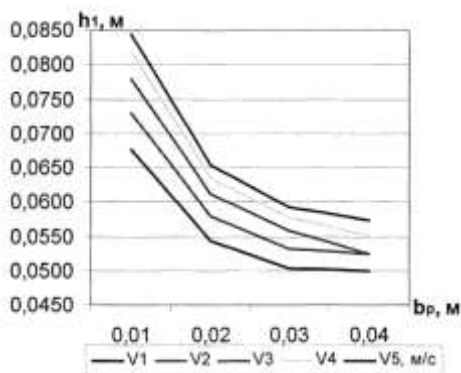


Рис. 2.16. Зависимость первоначальной глубины бороздки h_1 экспериментального двухдискового сошника от ширины реборды b_p при разных скоростях v при $G = 300$ Н

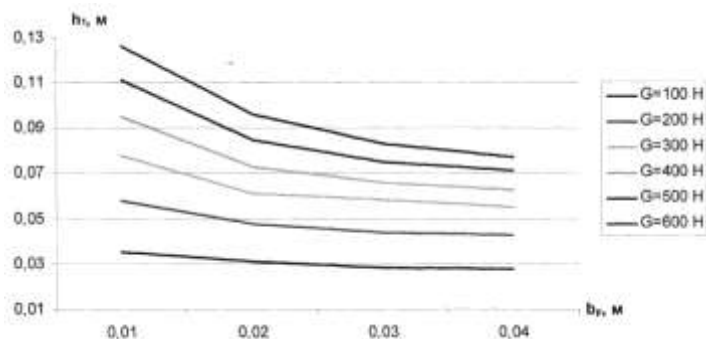


Рис. 2.17. Зависимость первоначальной глубины бороздки h_1 экспериментального двухдискового сошника от ширины реборды b_p при разных значениях вертикального давления G при $v = 3$ м/с

4. Различные культуры требуют разной глубины посева семян. Глубина заделки семян h_c зависит от конструктивных и технологических параметров G и v , которые для разных типов почв легко подобрать по графикам, представленным на рис. 2.25 и 2.28. Задавая значение h_c для данной культуры, легко найти нужные значения G и v .

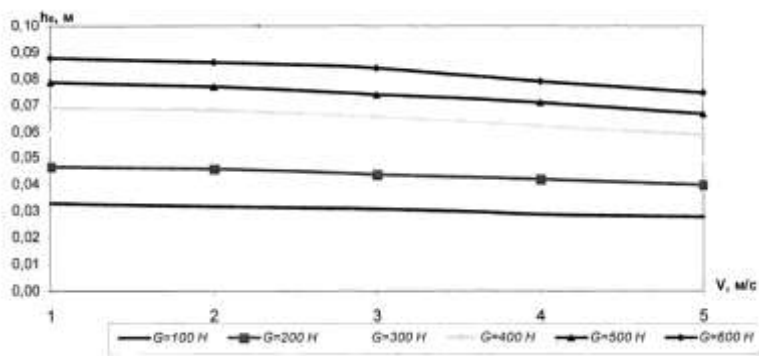


Рис. 2.18. Зависимость глубины бороздки h_c экспериментального двухдискового сошника от скорости при разных давлениях G при $b_p = 0,03$

5. Глубина бороздки h_6 , рассчитанная по приведенным выше формулам, определяется по самому большому радиусу реборды, т. е. на острие конуса реборды. Динамическое сопротивление приводит к разрушению границ бороздки и, следовательно, к ее частичному засыпанию.

Поэтому при определении глубины посева следует брать величину несколько меньшую, чем h_1 . Если реальная глубина посева h_c , то следует брать $h_1 = h_c + b_p / 2$, т. е. если рекомендуемая глубина заделки семян составляет $h_c = 4$ см, то исходя из графика, приведенного на рис. 2.18, следует подбирать технологические параметры G и v при $h_1 = 3 + 3 / 2 = 4,5$ см.

2.2. Теоретические исследования однодискового сошника с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями

2.2.1. Математическая модель пахотного слоя почвы как сплошной сыпучей среды, сжимаемой и способной к самоорганизации при ее обработке

Разные растения предъявляют различные требования к плотности почвы, а, следовательно, и к тем условиям, которые связаны с нею. Неодинаковы требования растений к плотности почвы и в различные фазы роста и стадии развития их. Реакция растений на различное состояние плотности зависит от биологических особенностей культур, и в первую очередь от развития корневой системы.

Плотность почвы имеет ярко выраженную динамику. Пахотный слой, имеющий рыхлое сложение сразу же после проведения обработки, постепенно уплотняется и через некоторое время достигает такой плотности, которая в дальнейшем практически мало изменяется во времени. Такую плотность называют равновесной. Пахотный слой почвы считается рыхлым, если его объемная масса не превышает $1,15 \text{ г/см}^3$, плотным – от $1,15$ до $1,35 \text{ г/см}^3$ и очень плотным – выше $1,35 \text{ г/см}^3$.

Нередко для анализа и принятия решения по дальнейшей эксплуатации почвы недостаточно знать, есть ли проблема ее уплотнения и на какой глубине оно образуется. В таких случаях требуется иметь возможность более детальной количественной оценки объекта исследования. Для почвы такими характеристиками являются: изменение ее плотности и пористости в зависимости от глубины.

Нами предложена методика получения и математического описания характеристик пахотного слоя почвы как сплошной сыпучей среды, сжимаемой и способной к самоорганизации при ее обработке. Данная методика должна упростить агрономам мониторинг состояния пахотной поверхности обрабатываемых почв, а также позволить инженерам более детально изучать влияние механических агрегатов на уплотняемость почвы в ходе ее обработки.

Возникновение уплотнений почвенного слоя (плужной подошвы) характерно для любого типа почв. Связано это в первую очередь с теми внешними воздействиями, которые воспринимает ее поверхность. Так, при регулярной обработке почвы вес тяжелой сельскохозяйственной техники и применяемых при этом механизмов воздействует на ее поверхность. От постоянного давления частицы почвы плотнее прилегают друг к другу и заполняют воздушные промежутки, образуя в местах движения техники мощное уплотнение почвы – плужную подошву. Свой вклад в этот процесс вносят и атмосферные явления, такие как влага, засуха и заморозки.

В то же время в результате обработки почвы в верхнем слое ее происходит перемешивание и вспучивание обрабатываемого слоя, т. е. над плужной подошвой плотность постоянно меняется. В момент обработки плотность почвенного слоя на глубине проникновения механизмов уменьшается, а затем под действием атмосферных явлений незначительно увеличивается до равновесного значения и практически не меняется до следующего воздействия на него.

Так как эти воздействия на поверхности почвы происходят регулярно, то ее почвенный слой может быть представлен в виде схемы, приведенной на рис. 2.19.

В связи с этим появляется ряд проблем, которые необходимо решать аграриям:

1) уплотнения препятствуют поступлению влаги и нормальному развитию корневой системы культур;

2) обработка уплотненной почвы требует больших усилий, временных и денежных затрат;

3) плужная подошва препятствует проникновению влаги в глубокие слои почвы, что в периоды обильного их увлажнения (как правило, весной и осенью) приводит к застою влаги в них и тем самым затрудняет обработку полей;

4) отсутствие влаги замедляет рост растений и снижает урожайность, особенно в засушливые периоды;

5) образование уплотнения почвы приводит к непредсказуемым эффектам с точки зрения накопления в них минеральных удобрений, т. е. к их быстрому вымыванию или, наоборот, к их накоплению. Вследствие быстрого вымывания растения не успевают впитывать минеральные удобрения. Высокая же концентрация их в уплотненной почве вызывает отравление растений. В обоих случаях урожайность заметно снижается.

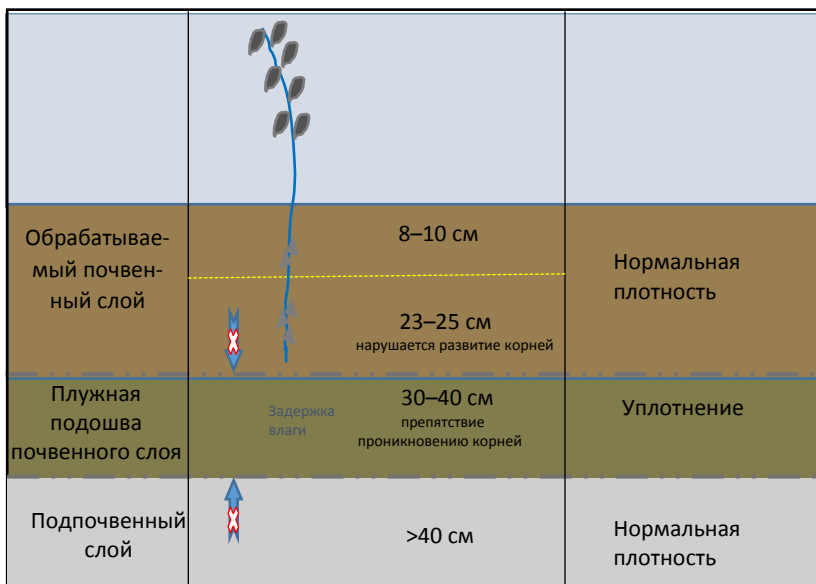


Рис. 2.19. Условная схема почвенной поверхности

Бывают случаи, когда для анализа и принятия решения по дальнейшей эксплуатации почвы недостаточно знать, есть ли проблема ее уплотнения, и если такая проблема существует, то на какой глубине находится плужная подошва для данной конкретно выбранной почвы. В таких случаях требуется иметь возможность более детальной количественной оценки объекта исследования. Для почвы такими характеристиками являются: изменение плотности и пористости ее в зависимости от глубины. Ниже приведена методика получения и математического описания характеристик пахотного слоя почвы как сплошной сыпучей среды, сжимаемой и способной к самоорганизации при ее обработке.

Рассмотрим пахотный почвенный слой как сплошную однородную сыпучую среду. Выдвинем для этой среды ряд допущений:

- 1) эта среда сжимаема и способна к самоорганизации;
- 2) плотность плужной подошвы ρ_c постоянна;
- 3) ее пористость $\theta_n = \theta_n(\sigma)$ является функцией, зависящей от напряжения, и значением, принадлежащим интервалу $(0; 1)$;

4) начальная пористость почвенной среды, т. е. ее пористость в ненапряженном состоянии, является равномерно распределенной:

$$\theta_n(0) = \theta_n^0;$$

5) изменение пористости среды почвы при мгновенном изменении внешнего напряжения на нее прямо пропорционально пористости с коэффициентом пропорциональности, равным ее сжимаемости k (Па^{-1}):

$$\frac{d\theta_n}{d\sigma} = -k\theta_n. \quad (2.67)$$

В результате разделения переменных в дифференциальном уравнении (2.67) получим:

$$\frac{d\theta_n}{\theta_n} = -kd\sigma. \quad (2.68)$$

Проинтегрируем обе части этого уравнения:

$$\int \frac{d\theta_n}{\theta_n} = -k \int d\sigma, \quad \ln |\theta_n| = -k\sigma + C.$$

С учетом условия $\theta_n(0) = \theta_n^0$ получим:

$$\ln(\theta_n^0) = C, \quad \ln |\theta_n| = -k\sigma + \ln |\theta_n^0|, \quad \ln \left| \frac{\theta_n}{\theta_n^0} \right| = -k\sigma, \quad \frac{\theta_n}{\theta_n^0} = e^{-k\sigma},$$

или

$$\theta_n = \theta_n^0 e^{-k\sigma}. \quad (2.69)$$

Связь между пористостью и плотностью почвы может быть определена зависимостью

$$\theta_n = 1 - \frac{\rho}{\rho_c}, \quad (2.70)$$

откуда

$$\rho = \rho_c(1 - \theta_n). \quad (2.71)$$

Тогда с учетом выражения (2.69) формула (2.71) примет вид

$$\rho = \rho_c (1 - \theta_n^0 e^{-k\sigma}). \quad (2.72)$$

Рассмотрим почву как сыпучее вещество, находящееся в однородном поле тяготения в состоянии равновесия, т. е. в состоянии всестороннего сжатия под давлением p . Такое состояние почвы описывается задачей Коши:

$$\frac{dp}{dz} = \rho g, \quad p(0) = 0, \quad (2.73)$$

где g – ускорение силы тяжести.

С учетом выражения (2.72) дифференциальное уравнение (ДУ) из задачи (2.73) примет вид

$$\frac{dp}{dz} = \rho_c g (1 - \theta_n^0 e^{-kp}). \quad (2.74)$$

Дифференциальное уравнение (2.74) представляет собой ДУ с разделяющимися переменными, поэтому для отыскания его общего решения выполним следующие действия:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dz} &= \rho_c g \left(\frac{e^{kp} - \theta_n^0}{e^{kp}} \right); \quad \frac{e^{kp}}{e^{kp} - \theta_n^0} dp = \rho_c g dz; \\ \int \frac{e^{kp}}{e^{kp} - \theta_n^0} dp &= \rho_c g \int dz; \quad \frac{1}{k} \int \frac{1}{e^{kp} - \theta_n^0} d(e^{kp} - \theta_n^0) = \rho_c g \int dz; \\ \frac{1}{k} \ln |e^{kp} - \theta_n^0| &= \rho_c g z + C. \end{aligned} \quad (2.75)$$

Определим постоянную C из условия $p(0) = 0$, т. е. что на поверхности почвы давление пренебрежимо мало. Тогда

$$\begin{aligned} \frac{1}{k} \ln |e^{k0} - \theta_n^0| &= \rho_c g \theta + C; \\ C &= \frac{1}{k} \ln |1 - \theta_n^0|, \end{aligned} \quad (2.76)$$

а частное решение ДУ в неявном виде запишется следующим образом:

$$\frac{1}{k} \ln |e^{kp} - \theta_n^0| = \rho_c gz + \frac{1}{k} \ln |1 - \theta_n^0|. \quad (2.77)$$

Выразим из уравнения (2.77) параметр p , т. е. запишем его в явном виде. Для этого сделаем в нем ряд элементарных преобразований:

$$\begin{aligned} \frac{1}{k} \ln |e^{kp} - \theta_n^0| - \frac{1}{k} \ln |1 - \theta_n^0| &= \rho_c gz; \\ \frac{1}{k} \ln |e^{kp} - \theta_n^0| - \ln |1 - \theta_n^0| &= \rho_c gz; \quad \frac{1}{k} \ln \left| \frac{e^{kp} - \theta_n^0}{1 - \theta_n^0} \right| = \rho_c gz; \\ \ln \left| \frac{e^{kp} - \theta_n^0}{1 - \theta_n^0} \right| &= k\rho_c gz; \quad \frac{e^{kp} - \theta_n^0}{1 - \theta_n^0} = e^{k\rho_c gz}; \\ e^{kp} - \theta_n^0 &= 1 - \theta_n^0 e^{k\rho_c gz}; \quad e^{kp} = \theta_n^0 + 1 - \theta_n^0 e^{k\rho_c gz}; \\ p(z) &= \frac{1}{k} \ln \left| \theta_n^0 + 1 - \theta_n^0 e^{k\rho_c gz} \right|. \end{aligned} \quad (2.78)$$

С учетом выражения (2.78) зависимости пористости (2.70) и плотности (2.72) почвенной среды от глубины ее слоя будут представлять собой соответственно следующие функции:

$$\theta_n(z) = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\theta_n^0} - 1 \right) e^{k\rho_c gz}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1 - \theta_n^0}{\theta_n^0} \right) e^{k\rho_c gz}} = \frac{\theta_n^0}{\theta_n^0 + 1 - \theta_n^0 e^{k\rho_c gz}}; \quad (2.79)$$

$$\rho(z) = \frac{\rho_c}{1 + e^{-k\rho_c gz} \left(\frac{1}{\theta_n^0} - 1 \right)} = \frac{\rho_c}{1 + \frac{\theta_n^0}{1 - \theta_n^0} e^{k\rho_c gz}} = \frac{\rho_c (1 - \theta_n^0) e^{k\rho_c gz}}{\theta_n^0 + (1 - \theta_n^0) e^{k\rho_c gz}}. \quad (2.80)$$

Таким образом, математические модели (2.78)–(2.80) можно воспринимать как показатели исходного состояния почвенной среды без обработки в зависимости от ее глубины и характеристик k и ρ_c .

Для того чтобы реализовать математические модели (2.78)–(2.80) для конкретно исследуемой почвы необходимо выполнить следующие действия:

1) с помощью стандартных методик определить экспериментально глубину залегания плужной подошвы z_1 (м), плотность ρ_c (кг/м³) плужной подошвы и плотность почвы ρ_0 (кг/м³) на ее поверхности;

2) вычислить пористость почвы в ненапряженном состоянии по формуле

$$\theta_n^0 = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_c}; \quad (2.81)$$

3) определить коэффициент сжимаемости k (Па⁻¹) по формуле

$$k = - \frac{\ln \left(0,0101 \left(\frac{1}{\theta_n^0} - 1 \right) \right)}{\rho_c g z_1}. \quad (2.82)$$

Для проверки адекватности полученных зависимостей нами для рассматриваемого прямоугольного участка площадью 10 м² опытного поля УО БГСХА было проведено ряд замеров по определению глубины залегания плужной подошвы z_1 (м), плотности ρ_c (кг/м³) плужной подошвы и плотности почвы ρ_0 (кг/м³) на ее поверхности. Замеры производились в девяти точках участка с трехкратной повторностью. Результаты замеров в рассматриваемых точках усреднялись.

В результате было установлено, что для исследуемого участка почвы глубина залегания плужной подошвы $z_1 = 0,35$ м, плотность плужной подошвы $\rho_c = 2,58 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность почвы на ее поверхности $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$ кг/м³. Результаты экспериментальных данных изменения плотности в зависимости от глубины приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Изменение плотности почвы в зависимости от глубины

Глубина, м	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Плотность почвы, кг/м ³	1000	1945	2342	2520	2580

Реализация моделей (2.78)–(2.80) производилась в MathCad (рис. 2.20). Для этого на основании исходных данных рассчитывалась пористость исследуемой почвы в ненапряженном состоянии и коэффициент сжимаемости почвы. В нашем случае эти показатели были соответственно равны: $\theta_n^0 = 0,612$ и $k = 5,71 \cdot 10^{-4}$ Па⁻¹.



Рис. 2.20. Блок исходных и расчетных данных реализации моделей (2.78)–(2.80)

Сопоставление значений модели (2.80) с наблюдаемыми значениями плотности (табл. 2.3) показало качественную согласованность этих результатов (рис. 2.21). Абсолютная погрешность сопоставления результатов не превышала 1 %.

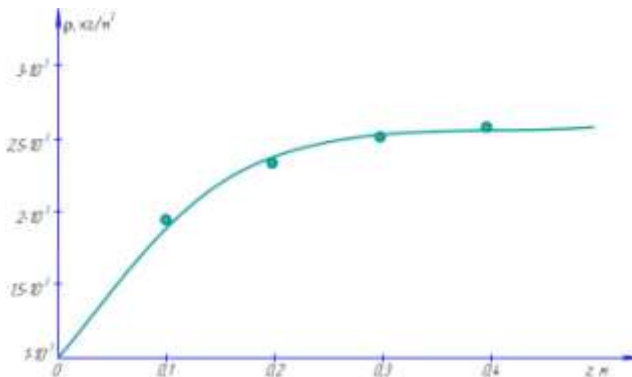


Рис. 2.21. Результаты теоретических и экспериментальных данных изменения плотности почвы с глубиной

Это позволило сделать вывод об адекватности и моделей (2.78) и (2.79) для исследуемой почвы. Результаты этих моделей приведены на рис. 2.22, 2.23.

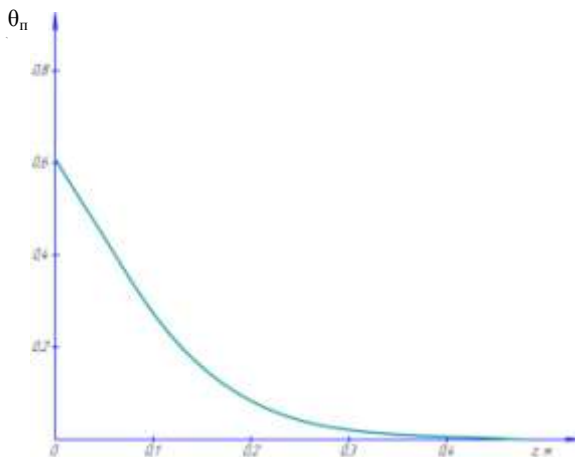


Рис. 2.22. Результаты теоретических данных изменения пористости почвы с глубиной

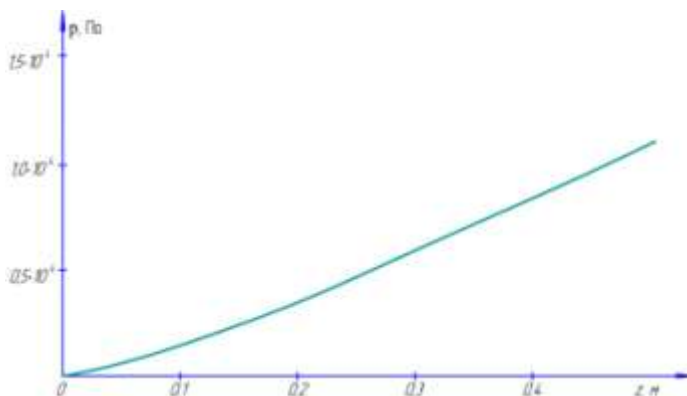


Рис. 2.23. Результаты теоретических данных изменения давления на почву с глубиной

Предложенная методика должна упростить агрономам мониторинг состояния пахотной поверхности обрабатываемых почв, а также по-

зволить инженерам более детальное изучение влияния механических агрегатов на уплотняемость почвы в ходе ее обработки.

2.2.2. Теоретические предпосылки для исследования однодисковых сошников с минимальным углом атаки

Нами были определены основные конструктивные параметры дисковых сошников. На основании априорной информации и теоретических предпосылок проанализируем их возможные опорные границы варьирования.

Известно, что рабочий процесс сошника складывается из следующих фаз: образование бороздки, размещение в ней семян, частичной или полной заделки семян.

При этом формы и размеры бороздки, образуемой сошником, зависят главным образом от диаметра диска, углов его установки, от взаимного расположения дисков (у двухдисковых сошников) и от конфигурации диска и реборд и его элементов (для однодисковых сошников), усилий, приходящихся на взаимодействующие с почвой элементы, а также свойств самой почвы и эффективного выбора скорости посева сельскохозяйственных культур из условия равновесия движущейся системы и стабильности ее работы, обеспечения необходимого расстояния между бороздками [52].

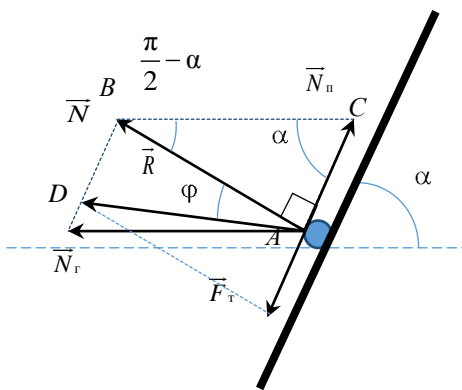


Рис. 2.24. Схема действия сил при вхождении сошника в почву под острым углом α

Рассмотрим вопрос о возможных углах крена сошника по отношению к почвенному горизонту.

Предположим, что сошник входит в почву под острым углом α . При этом на материальную почвенную частицу массы m будут действовать следующие силы: сила реакции опоры \bar{N} и сила трения о поверхность сошника \bar{F} .

Рассмотрим на рис. 2.24 схему действия сил при вхождении сошника в

почву под острым углом α . В таком случае движение почвенной час-

тицы будет осуществляться вверх по поверхности сошника только при условии, что поверхностная составляющая реакции опоры \bar{N}_n будет превышать силу трения ее о поверхность сошника $|\bar{F}_T|$, т. е. $|\bar{N}_n| > |\bar{F}_T|$.

Рассмотрим прямоугольный треугольник ABC , который на схеме (рис. 2.24) образуется реакцией опоры \bar{N} и ее поверхностной составляющей \bar{N}_n . Так как прямая CB параллельна уровню почвенной поверхности, то $\angle BCA = \angle \alpha$, а, значит, $\angle CBA = \frac{\pi}{2} - \alpha$.

Аналогичным образом рассмотрим треугольник ABD , который образуется реакцией опоры \bar{N} и результирующей силой \bar{R} , действующей на почвенную частицу. Обозначим через $\angle \varphi = \angle DAB$ рассматриваемого треугольника и назовем его углом трения. Поясним физический смысл этого параметра. Если рассматривать движение тела по идеально гладкой поверхности, то в точке их соприкосновения действует реакция \bar{R} , направленная по нормали к поверхности. На шероховатой поверхности возникают силы трения скольжения. Поэтому реакцию шероховатой поверхности \bar{R} , в нашем случае почвы, представим в виде двух составляющих: нормальной реакции \bar{N} , равной по модулю силе нормального давления, и перпендикулярной ей силы трения $\bar{F}_{тр}$, т. е. $\bar{R} = \bar{N} + \bar{F}_{тр}$. Полная реакция образует с нормалью к поверхности некоторый угол, тангенс которого равен отношению силы трения и нормальной реакции. В случае, когда тело лежит на горизонтальной шероховатой поверхности и на него не действуют никакие внешние силы, кроме силы тяжести, полная реакция перпендикулярна опорной поверхности. Приложив к телу силу, мы стремимся вызвать его движение, но оно не происходит, так как возникает сила трения, причем сила трения меньше некоторого максимального своего значения, при котором наблюдается равновесие системы. С увеличением силы $|\bar{F}_T|$ будет возрастать и сила $|\bar{F}_{тр}|$. Наконец наступит предельное состояние равновесия, при котором полная реакция \bar{R} отклонится от вертикали на предельный угол φ , называемый углом трения, и затем начнется

движение тела. Тангенс этого угла находится по формуле $\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{F_{\text{тр}}^{\max}}{N} = f$ и равен коэффициенту трения, а значит, $\varphi = \operatorname{arctg}(f)$.

Тогда с учетом принятых обозначений можем записать, что условием движения почвенной частицы вверх по поверхности сошника будет $|N|\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) > |N|\operatorname{tg}(\varphi)$. После упрощения это неравенство можно преобразовать к виду

$$\alpha < \frac{\pi}{2} - \varphi. \quad (2.83)$$

При таком вхождении сошника в почву ее частицы идут вверх по поверхности сошника. При этом поверхность почвы подвергается рыхлению, а сошник активно заглубляется в почву. Однако наблюдаются и нежелательные явления, такие как неравномерность заглубления сошника, что, в свою очередь, приводит к образованию бороздки с неровным и волнистым рельефом, а также этот процесс сопровождается непредсказуемым и неконтролируемым отбросом почвы. Ситуация стабилизируется, если реальный угол вхождения сошника в почву будет значительно больше расчетного.

Рассмотрим на рис. 2.25 схему действия сил при вхождении сошника в почву под тупым углом α .

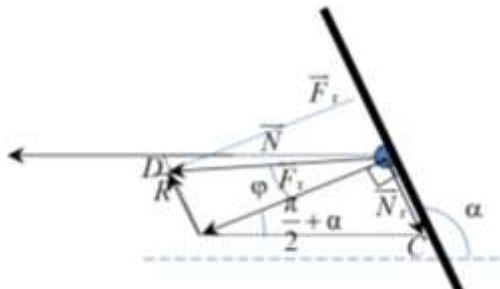


Рис. 2.25. Схема действия сил при вхождении сошника в почву под тупым углом α

Действуя по аналогии с первым случаем, проанализируем движение почвенной частицы по сошнику вниз.

Условием для такого движения будет неравенство

$$|\bar{N}_n| > |\bar{F}_\tau|, \text{ или } |\bar{N}| \operatorname{tg} \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right) > |\bar{N}| \operatorname{tg} (\varphi).$$

Откуда получаем $\alpha - \frac{\pi}{2} > \varphi$, или

$$\alpha > \varphi + \frac{\pi}{2}. \quad (2.84)$$

Анализ данной схемы свидетельствует о том, что при выполнении условия (2.84) частицы почвы будут подминаться сошником и выталкиваться его из почвы. Это тот случай, когда работа сошника будет нарушаться и неэффективна.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что значение угла вхождения сошника в почву должно ограничиваться следующими пределами:

$$\frac{\pi}{2} - \varphi < \alpha < \frac{\pi}{2} + \varphi. \quad (2.85)$$

На основании справочных материалов [53] известно, что коэффициент трения f стали по почвенному грунту изменяется от 0,325 до 0,8, а значит, угол трения для большинства почв лежит в пределах от 18° до 39° . В нашем случае экспериментально установлено, что значения угла φ для почв Горьковского района изменяются от 29° до 31° (с учетом их предпосевной обработки).

Для определенности возьмем угол $\varphi = 30^\circ$ ($\pi / 6$ рад). Тогда пределы изменения угла вхождения сошника в почву должны изменяться от 60° до 120° .

На основании этого факта можно выдвинуть гипотезу, что для контролируемого и равномерного по глубине образования бороздок эффективно применять сошники с углом α вхождения в почву (углом крена) близким или равным 90° . Данная гипотеза нашла подтверждение в многолетних исследованиях В. И. Ильина [25].

Работа дисковых орудий зависит от диаметра дисков и расстояния между ними.

Диаметр дисков выбирают из условий обеспечения требуемой глубины обработки и экономии металла.

Расстояние b между дисками должно быть таким, чтобы орудия не забивались, обеспечивали необходимую высоту h гребней и не засыпали соседние бороздки. При глубине обработки Δ это расстояние b между дисками принимается больше $1,5\Delta$.

Элементы сошника при контактах его с почвой оказывают на нее силовое воздействие. Теоретическое исследование реактивных сил, действующих на вращающиеся элементы сошника, предполагает, что эти элементы движутся без скольжения. В соответствии с выводами В. А. Желиговского скольжение отсутствует до определенной глубины колеи (в нашем случае почвенной щели Δ) и зависит от радиуса вращающегося элемента рабочего органа R и угла трения φ при движении его в почве. Связь между этими параметрами при условии обеспечения движения без скольжения устанавливается формулой

$$\Delta \leq 2R \sin^2 (\varphi). \quad (2.86)$$

Рассмотрим схему для обоснования границ варьирования радиусов диска и реборды исследуемого сошника (рис. 2.26).

Известно, что для мелкосемянных и большинства зерновых культур достаточно заделывать семена на глубину от 0,02 до 0,06 м. Это та глубина, при которой элементы сошника будут двигаться в почве заведомо без скольжения, т. е. будут удовлетворять условию (2.86).

Для предлагаемого нами сошника глубина заделки семян связана с заглублением диска посредством формулы

$$\Delta_d = \Delta_b + R_d - R_{цб}, \quad (2.87)$$

где Δ_d – величина заглубления диска, м;

Δ_b – величина заглубления бороздкообразователя, м;

R_d – радиус диска, м;

$R_{цб}$ – наибольший радиус бороздкообразователя, м.

Тогда согласно выражению (2.86), с учетом условия, что элементы сошника двигаются в почве без скольжения, его конструктивные и технологические параметры будут связаны с углом трения φ следующим ограничением:

$$\Delta_b + R_d - R_{цб} \leq 2R_d \sin^2 (\varphi). \quad (2.88)$$

Выразим из него радиус диска:

$$R_d - 2R_d \sin^2(\varphi) \leq R_{цб} - \Delta_\delta, \quad R_d(1 - 2\sin^2(\varphi)) \leq R_{цб} - \Delta_\delta,$$

или

$$R_d \cos(2\varphi) \leq R_{цб} - \Delta_\delta,$$

откуда следует, что

$$R_d \leq \frac{R_{цб} - \Delta_\delta}{\cos(2\varphi)}. \quad (2.89)$$

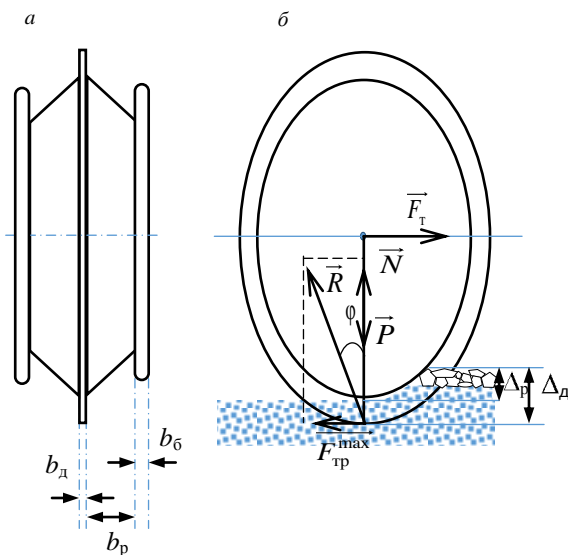


Рис. 2.26. Схема для обоснования границ варьирования радиусов диска и реборды исследуемого сошника: *a* – вид элементов сошника сзади; *б* – вид диска и реборды сбоку

В работе [56] была приведена расчетная схема исследуемого сошника и было показано, что

$$R_{цб} = r_\delta + \delta_\delta + \frac{b_\delta}{2} = R_p - \left(b_p + \frac{b_\delta}{2}\right) \operatorname{ctg}(\mu) + \delta_\delta + \frac{b_\delta}{2}, \quad (2.90)$$

где r_6 – мнимый радиус реборды в центре бороздкообразователя, м;
 δ_6 – величина смещения центра дуги окружности, характеризующей закругление бороздкообразователя, от продолжения реборды, м;
 b_6 – ширина бороздкообразователя, м;
 R_p – наибольший радиус конической части реборды, м;
 b_p – ширина реборды, м;
 μ – конусность реборды, рад.

Тогда с учетом равенства (2.90) формула (2.89) переписывается в виде

$$R_d \leq \frac{R_p - \left(b_p + \frac{b_6}{2}\right) \operatorname{ctg}(\mu) + \delta_6 + \frac{b_6}{2} - \Delta_6}{\cos(2\varphi)}. \quad (2.91)$$

Формула (2.91) устанавливает ограничение на выбираемый радиус диска сошника при условии стабильного установившегося движения его без скольжения в почве.

Еще одним важным элементом исследуемого сошника является реборда-бороздкообразователь. Форма именно этого элемента при движении сошника под нагрузкой копируется почвой, образуя при этом почвенную щель. Поэтому радиус реборды напрямую связан с эффективностью протекания изучаемого технологического процесса.

Исходя из теории расчета катков, можно выдвинуть предположение, что для эффективной работы реборды-бороздкообразователя наибольший радиус ее конической части должен быть таким, чтобы при встрече с комками почвы этот элемент легко перекатывался через них и давление сошника концентрировалось на них. При этом комки почвы либо разрушались, либо вдавливались в почву. В нашем случае это условие предполагает, что значение наибольшего радиуса конической части реборды подчиняется неравенству

$$R_p \geq \frac{\Delta_p}{2} \operatorname{ctg}^2\left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2}\right), \quad (2.92)$$

где Δ_p – заглубление наибольшего радиуса конической части реборды, м;
 φ_1 – угол трения вращающегося стального элемента в почве с большим присутствием комков (принимается 18°).

Согласно источнику [52], заглубление наибольшего радиуса конической части реборды равно:

$$\begin{aligned}
\Delta_p &= \Delta_6 + R_p - R_{н6} = \\
&= \Delta_6 + R_p - R_p + \left(b_p + \frac{b_6}{2} \right) \operatorname{ctg}(\mu) - \delta_6 - \frac{b_6}{2} = \\
&= \Delta_6 + \left(b_p + \frac{b_6}{2} \right) \operatorname{ctg}(\mu) - \delta_6 - \frac{b_6}{2}.
\end{aligned} \tag{2.93}$$

С учетом равенства (2.93) условие (2.92) примет вид

$$R_p \geq \frac{\Delta_6 + \left(b_p + \frac{b_6}{2} \right) \operatorname{ctg}(\mu) - \delta_6 - \frac{b_6}{2}}{2} \operatorname{ctg}^2 \left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2} \right). \tag{2.94}$$

Условие (2.94) позволяет определить минимально возможное значение параметра R_p с учетом условия разрушения или вдавливания комков почвы элементами исследуемого сошника.

Таким образом, условиями (2.91) и (2.94) можно руководствоваться при выборе радиусов диска и реборды для узкорядного посева сельскохозяйственных культур на заведомо заданную глубину, гарантированно обеспечив при этом непроскальзывание элементов сошника и устранение почвенных комков при их движении.

Еще одним условием, связывающим эти параметры должно является условие прямолинейности движения предлагаемой конструкции для обеспечения надежности технологического процесса. Для однодискового сошника это условие будет сводиться к уравниванию бокового усилия, действующего на однодисковый сошник. Определившись с этими параметрами, выбор нижних значений толщины реборды можно связать с толщиной (диаметром) семянаправителей.

На глубину обработки почвы дисковыми сошниками оказывает влияние угол γ поворота их поверхности по отношению к направлению движения тягового механизма, т. е. угол атаки диска (рис. 2.27). Объясняется это тем, что реакция почвы всегда нормальна к рабочей поверхности диска. Поворот поверхности диска против направления движения его увеличивает площадь лобового сопротивления сошника, а значит, и захватываемую почвенную поверхность, способствует заглублению диска.

Однако анализ конструкций дисковых сошников [39, 43] показывает, что на практике применяются сошники с углом атаки не более 20° . В первую очередь это связано с тем, что при увеличении угла атаки

кратно увеличивается сопротивление сошника, а значит, для преодоления этого сопротивления необходимо затрачивать дополнительные энергоресурсы и денежные средства. Не всегда эти затраты являются обоснованными.

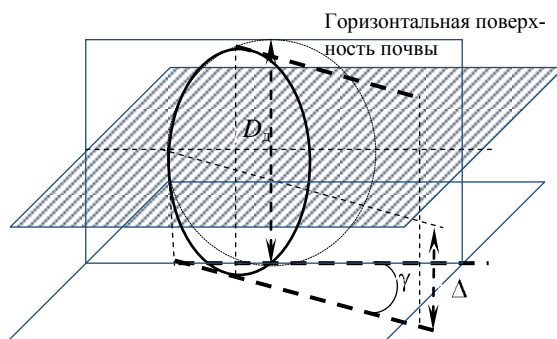


Рис. 2.27. Схема к определению угла атаки дискового сошника

С другой стороны, угол атаки сошника и его скорость напрямую связаны с объемом и дальностью отброса выносимой из бороздки почвы. Причем тенденция влияния дальности отброса почвы такова, что при уменьшении скорости работы сошника можно увеличивать его угол атаки, и наоборот. Эти параметры взаимосвязаны и должны быть подобраны для проектируемого сошника таким образом, чтобы обеспечить стабильное и равномерное образование бороздок и исключить случаи засыпания почвой соседних рабочих механизмов и сформированных бороздок.

При узкорядном посеве мелкосемянных культур и для увеличения скорости работы сошника целесообразно применять однодисковые сошники с нулевым углом атаки или близким к нулевому. В этом случае будем говорить о накатывании бороздок, при котором за их формообразование и глубину отвечают такие факторы, как усилие, оказываемое на сошник, конфигурация сошника и скорость его движения. Однако при таком способе образования бороздок с целью заделки семян на глубину превышающую 4 см, как правило, нужно проводить дополнительную подготовку почвы, что, в свою очередь, связано с дополнительными затратами.

Некоторые конструкторы посевных машин при их компоновке отдают предпочтение двухдисковым сошникам со смыкающейся под углом ψ передней частью дисков (рис. 2.28).

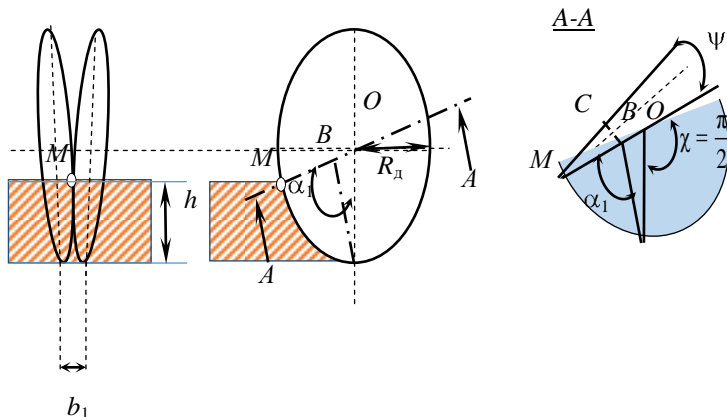


Рис. 2.28. Схема к определению параметров сошника со стыкующимися дисками

В этом случае смыкающаяся часть дисков выполняет функции наральника, а диски сошника – роль отвала. В ходе использования таких устройств размеры и форма бороздки зависят не только от угла входа и атаки дисков по отношению к почвенной поверхности, но и от угла раствора дисков сошника ψ , а также высоты расположения точки стыка кромок дисков.

Экспериментально установлено, что область оптимальных значений угла ψ находится в пределах $5 \dots 9^\circ$. Для определения высоты расположения точки стыка кромок дисков рассмотрим схему, представленную на рис. 2.28. Пусть точка M стыка дисков находится на высоте, определяемой углом α_1 наклона радиуса $OM = R_d$ к вертикали. Разрезав диски по их горизонтальному радиусу, развернем половины дисков на угол $\pi / 2$, совместив их с горизонтальной плоскостью. Тогда расстояние BC будет шириной вскрываемой сошником бороздки b_1 . Из прямоугольного треугольника BCM следуют выражения (2.95, 2.96):

$$BC = MB \operatorname{tg} \left(\frac{\psi}{2} \right); \quad (2.95)$$

$$MB = MO - BO = MO - MO \cos(\alpha_1) = R_d(1 - \cos(\alpha_1)). \quad (2.96)$$

Подставив выражение (2.93) в (2.92), получим:

$$b_1 = 2R_d(1 - \cos(a_1)) \operatorname{tg}\left(\frac{\Psi}{2}\right). \quad (2.97)$$

Анализ формулы (2.97) показывает, что при эксплуатации стыкующихся дисков применение углов $\alpha_1 > \pi / 2$ нецелесообразно, так как в этом случае точка M стыка будет поднята слишком высоко, т. е. каждый диск будет работать отдельно, проводя самостоятельную бороздку, что агротехнически недопустимо при обычном посеве и может быть использовано только в двухдисковом сошнике для организации узкорядных посевов.

Можно определить угол раствора дисков ψ . Поскольку высота h точки стыка дисков над опорной плоскостью будет равна заглублению такого сошника: $h = \Delta = R_d(1 - \cos(\alpha_1))$, то

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\Psi}{2}\right) = \frac{b_1}{2R_d(1 - \cos(a_1))} = \frac{b_1}{2h} = \frac{b_1}{2\Delta}. \quad (2.98)$$

Тогда угол раствора дисков ψ связан с шириной вскрываемой ими бороздки b_1 и ее глубиной Δ следующим выражением:

$$\psi = 2 \operatorname{tg}\left(\frac{b_1}{2\Delta}\right). \quad (2.99)$$

Анализ литературных источников [53, 54] показывает, что глубину и стабильность хода сошников в почве (и связанную с ней равномерность образования глубины бороздки) практически для всех типов сошников можно регулировать путем изменения нагрузки на сошник (за счет предпосевных установочных регулировок и усилия пружины), выбора направления силы тяги (переносом точки присоединения поводков по горизонтали и вертикали) и подбора рациональной скорости движения.

В связи с этим исследования работы сошников для узкорядного посева целесообразно проводить при скоростях движения сошников от 1,78 м/с (6,4 км/ч) до 10,0 м/с (36,0 км/ч). Нижнее значение определяет условие минимальной скорости движения агрегата при посеве зерно-

вых, а верхнее – максимальные скорости посева для существующих прогрессивных импортных образцов посевных машин.

Из условия универсальности применения проектируемого сошника можно сделать вывод, что регулируемая глубина хода диска сошника должна изменяться в пределах от 0,01 до 0,06 м. Нижнее значение этого параметра соответствует посеву семян трав и других мелкосемянных культур, а верхнее – посеву семян гороха, кукурузы и других крупносемянных культур.

На основании приведенных выше исследований можно сделать вывод, что рациональные границы варьирования конструктивных и эксплуатационных параметров дисковых сошников при узкорядном посеве должны находиться в следующих пределах:

- угол крена сошника по отношению к почвенному горизонту – близкий или равный 90° ($\pi / 2$ рад);
- угол атаки – близкий или равный 0° (0 рад);
- расстояние между дисками – превышающее $1,5\Delta$, где Δ – глубина бороздки;
- угол раствора дисков – связанный с шириной вскрываемой ими бороздки b_1 и ее глубиной Δ выражением (2.99) при условии, что речь идет о конструкции смыкающихся дисков.

При таких условиях работы дисковых сошников одним из важнейших параметров, влияющих на стабильность и устойчивость процесса бороздкообразования, будет статическое усилие нажимной пружины, которое должно сглаживать вертикальные и горизонтальные колебания сошникового рабочего органа в почве. Очевидно, что данное усилие должно быть гораздо больше, чем в традиционно применяемых сошниковых устройствах (140–160 Н). Поэтому для предлагаемой конструкции сошника целесообразно рассмотреть это значение до 450 Н.

2.2.3. Математическая модель комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребрами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки

При возделывании сельскохозяйственных культур важнейшее значение имеют предпосевная обработка почвы и посев.

Для узкорядного посева сельскохозяйственных культур перспективной является применение конструкции комбинированного однодискового сошника с симметрично расположенными ребрами-

бороздкообразователями, работающей при нулевом угле атаки. Данный сошник обеспечивает более равномерный посев семян и на оптимальную глубину, а также позволяет более эффективно распределить их по площади питания. Предлагаемый сошник прост в изготовлении и настройке.

Далее будет приведена математическая методика расчета такого сошника. Ее реализация в математических пакетах прикладных программ или инженерных автоматизированных системах управления позволит: установить связь между конструктивными параметрами предлагаемого сошника и технологическими параметрами изучаемого процесса; алгоритмизировать расчеты по оценке формы, размеров и заглублению элементов сошника и образованной им почвенной щели.

Предложенная методика является составной частью математического описания процесса узкорядного посева сельскохозяйственных культур сошниковыми группами, оснащенными комбинированными однодисковыми сошниками предлагаемого типа.

В настоящее время при конструировании посевных машин преимущество отдается дисковым комбинированным сошникам, которые хорошо работают на любых типах почв. Это связано с внедрением на современных зерноуборочных комбайнах в последние годы устройств для измельчения соломы и разбрасывания ее по поверхности поля. В результате последующей обработки почвы комбинированными агрегатами измельченная солома перемешивается с почвой и создается мульчированный слой, в том числе и на глубине заделки семян травяных и зерновых культур.

Килевидные сошники при работе на мульчированной почве сгуживают пожнивные и растительные остатки перед собой, которые затем собираются между сошниками. Это нарушает технологический процесс заделки семян на заданную глубину.

Одно- и двухдисковые сошники хорошо заглубляются на мульчированной почве, прорезают в ней бороздки на заданную глубину, не нарушая технологического процесса укладки семян. Недостатком данных сошников является то, что диски на корпусе устанавливаются с определенным углом атаки. Делается это для образования бороздок, в которые укладываются семена и затем закрываются слоем почвы. В процессе движения такое расположение дисков приводит к перемещению почвы в стороны от сошника. С увеличением угла атаки дисков, скорости движения сошника и глубины бороздки возрастает объем выносимой из нее почвы, а также расстояние, на которое она отбра-

сывается. С целью уменьшения влияния забрасывания почвы на соседние рядки сошники приходится расставлять в несколько рядов, при этом существенно ограничивая скорость машинно-тракторных агрегатов. Но и это не всегда помогает избавиться от забрасывания соседних рядков семян почвой и приводит к неравномерности заделки семян на заданную глубину, что негативно влияет на дружность всходов, равномерность их развития и созревания, а значит, негативно сказывается и на качестве посева.

С учетом вышеизложенного на базе УО БГСХА был разработан комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребрами-бороздкообразователями, работающий при нулевом угле атаки. Данный сошник осуществляет более равномерный посев семян и на оптимальную глубину, а также позволяет более эффективно распределить их по площади питания. Он прост в изготовлении и настройке. Его общий вид, технологическая схема, принцип работы и преимущества перед существующими дисковыми сошниками рассмотрены в подразд. 1.15.

Чтобы получить возможность моделировать и управлять изучаемым технологическим процессом, требуется его математическое описание. Составной частью данного описания должна являться математическая модель рабочего органа, в нашем случае комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребрами-бороздкообразователями.

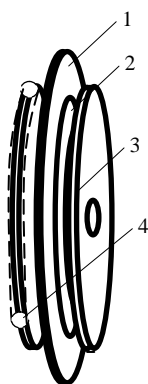


Рис. 2.29. Схема предлагаемого сошника

Предлагаемый к использованию сошник состоит из диска 1, по обеим сторонам которого симметрично располагаются конические ребра 2 с закругленными бороздкообразователями-уплотнителями почвы 3 и семяпроводами 4. Схематично вид сошника представлен на рис. 2.29.

Для получения математической модели сошника введем следующие обозначения параметров, характеризующих его форму: R_d , R_p , R_b – радиусы соответственно диска, реборды, бороздкообразователя (м); b_d , b_p , b_b – толщина соответственно диска, реборды, бороздкообразователя (м); μ – конусность реборды (рад).

Трехмерные математические модели элементов сошника будем искать в векторно-параметрическом виде:

$$\vec{r} = \vec{r}(\rho; \theta) = x(\theta; \rho)\vec{i} + y(\theta; \rho)\vec{j} + z(\theta; \rho)\vec{k}, \quad (2.100)$$

где x, y, z – декартовы координаты точек, образующих элементы сошника, м;

ρ – радиус-вектор окружностей, характеризующих в плоскости xOy элемент сошника, м;

θ – полярный угол изменения радиус-вектора ρ окружностей, рад.

Так как диск, реборды и бороздкообразователи сошника имеют единую ось вращения и жестко связаны между собой, то изменение угла θ впоследствии будет связано с угловой скоростью вращения диска, а изменение параметра ρ характеризовать изменение радиусов окружностей в плоскости xOy для рассматриваемых элементов. Ввиду симметричности расположения элементов сошника по отношению к диску достаточно рассмотреть лишь его половину.

Сделаем привязку рабочего органа к декартовой системе координат с учетом введенных обозначений и его заглубления на величину Δ_d (м). При этом расположим центр декартовой системы координат по отношению к дисковому сошнику так, чтобы плоскость xOy определяла уровень поверхности грунта, который пронизывается сошником, а ось Oz была направлена вертикально вверх на середине толщины диска (рис. 2.30).

Поскольку реборда предлагаемого сошника представляет собой усеченный горизонтально ориентированный конус с осью симметрии, совпадающей с осью диска, то ее можно описать окружностями, центры которых лежат на оси диска и касаются образующей AB . Эти окружности в плоскости xOz описываются системой уравнений

$$\begin{cases} x(\rho; \theta) = \rho \sin(\theta), \\ z(\rho; \theta) = R_d - \rho \cos(\theta) - \Delta_d, \end{cases} \quad (2.101)$$

где $\rho = R_p \dots r_1$, $\theta = 0 \dots 2\pi$.

Образующая AB определяется уравнением прямой в плоскости yOz

$$z(y) = \left(y - \frac{b_d}{2}\right) \operatorname{ctg}(\mu) - \Delta_p, \quad (2.102)$$

где Δ_p – величина заглубления реборды, м, определяемая по формуле $\Delta_p = \Delta_d - (R_d - \rho)$.

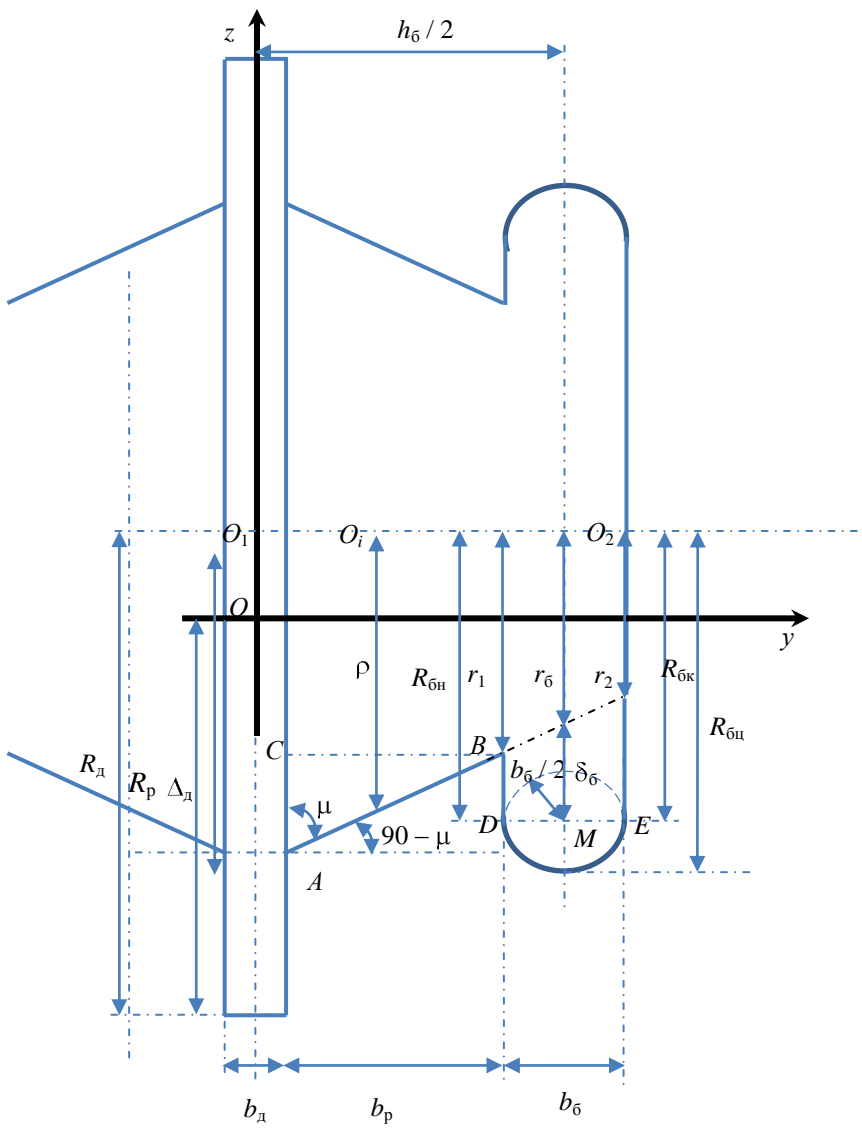


Рис. 2.30. Геометрическая модель предлагаемого сошника с привязкой к координатной плоскости

Очевидно, что для того, чтобы окружности, характеризующие реборду, касались прямой AB , правые части уравнений (2.101) и (2.102) должны совпадать. Приравняем их. В результате получим:

$$z(\rho; \theta) = z(y), \text{ или } R_d - \rho \cos(\theta) - \Delta_d = \left(y - \frac{b_d}{2}\right) \operatorname{ctg}(\mu) - \Delta_p. \quad (2.103)$$

Разрешим уравнение (2.103) относительно переменной y и подставим в полученное уравнение Δ_p . При этом будем иметь

$$y \rho; \theta = \frac{b_d}{2} + \rho(1 - \cos(\theta)) \operatorname{tg}(\mu). \quad (2.104)$$

С другой стороны, из треугольника ABC следует, что

$$y \rho; \theta = \frac{b_d}{2} + (R_p - \rho) \operatorname{tg}(\mu). \quad (2.105)$$

Сравнив выражения (2.104) и (2.105), можно заметить равенство, которое позволяет установить связь между параметрами θ и ρ для точек касания окружностей реборды с ее образующей AB ,

$$\theta = \arccos\left(2 - \frac{R_p}{\rho}\right). \quad (2.106)$$

Тогда векторно-параметрическое уравнение реборды можно записать следующим образом:

$$\vec{r}_p(\rho; \theta) = \rho \sin(\theta) \vec{i} + \left(\frac{b_d}{2} + (R_p - \rho) \operatorname{tg}(\mu)\right) \vec{j} + (R_d - \rho \cos(\theta) - \Delta) \vec{k}, \quad (2.107)$$

где $\rho = R_p \dots r_1$, м.

Ширину междурядья будет определять зависимость

$$h_{\text{мр}} = 2 \left(\frac{b_d}{2} + b_p + \frac{b_g}{2} \right). \quad (2.108)$$

Поверхность бороздкообразователя представим как продолжение реборды в виде совокупности окружностей, лежащих в плоскостях параллельных xOz с центрами на оси диска сошника. Закругление бороздкообразователя в плоскости yOz рассмотрим в виде полуокружности диаметром b_6 с центром, смещенным от продолжения реборды на величину δ_6 . Таким образом, поверхность бороздкообразователя можно описать окружностями, центры которых лежат на оси диска и касаются полуокружности $\overset{\cup}{DE}$. Поэтому правая часть векторно-параметрического уравнения бороздкообразователя $\vec{r}_6(\rho; \theta)$ будет сходной с уравнением (2.107) с тем лишь отличием, что конечная точка радиус-вектора этих окружностей ρ в пределах изменения от r_1 до r_2 будет двигаться по дуге $\overset{\cup}{DE}$. Поскольку бороздкообразователь является продлением конической реборды, то важными параметрами при его математическом описании являются мнимые радиусы реборды непосредственно перед бороздкообразователем r_1 , в его центре r_6 и за бороздкообразователем r_2 , которые определяются формулами:

$$r_1 = R_p - b_p \operatorname{ctg}(\mu); \quad (2.109)$$

$$r_6 = R_p - \left(b_p + \frac{b_6}{2} \right) \operatorname{ctg}(\mu); \quad (2.110)$$

$$r_2 = R_p - b_p + b_6 \operatorname{ctg}(\mu), \quad (2.111)$$

где b_6 – ширина бороздки, м.

Выражения, приведенные ниже, будут использоваться при определении радиусов стенок бороздкообразователя и его центральной части:

$$R_{\text{н6}} = R_{\text{к6}} = r_6 + \delta_6; \quad (2.112)$$

$$R_{\text{ц6}} = r_6 + \delta_6 + \frac{b_6}{2}. \quad (2.113)$$

Левая и правая стенки бороздкообразователя соответственно определяются векторно-параметрическими уравнениями:

$$\vec{r}_1(\rho; \theta) = R_{\text{нр}} \sin(\theta) \vec{i} + R_{\text{нб}} \vec{j} + (R_{\text{д}} - R_{\text{нб}} \cos(\theta) - \Delta) \vec{k}; \quad (2.114)$$

$$\vec{r}_2(\rho; \theta) = R_{\text{кр}} \sin(\theta) \vec{i} + R_{\text{кб}} \vec{j} + (R_{\text{д}} - R_{\text{кб}} \cos(\theta) - \Delta) \vec{k}. \quad (2.115)$$

Для геометрического представления бороздкообразователя в плоскости yOz определим координаты центра закругления – точки $M(y_{\text{цб}}; z_{\text{цб}})$:

$$y_{\text{цб}} = \frac{b_{\text{д}} + 2b_{\text{р}} + b_{\text{б}}}{2}; \quad (2.116)$$

$$z_{\text{цб}} = -\Delta_{\text{б}} + \frac{b_{\text{б}}}{2}, \quad (2.117)$$

где $\Delta_{\text{б}}$ – величина заглупления реборды перед бороздкообразователем, м, определяемая по формуле $\Delta_{\text{б}} = \Delta_{\text{д}} - R_{\text{д}} + r_1$.

Аналогичным образом определяются величины заглупления стенок и центра бороздкообразователя:

$$\Delta_{\text{нб}} = \Delta_{\text{кб}} = \Delta_{\text{д}} - R_{\text{д}} + R_{\text{нб}} = \Delta_{\text{д}} - R_{\text{д}} + R_{\text{кб}}; \quad (2.118)$$

$$\Delta_{\text{цб}} = \Delta_{\text{д}} - R_{\text{д}} + R_{\text{цб}}. \quad (2.119)$$

Составим уравнение образующей бороздкообразователя $\overset{\cup}{DE}$. Эта дуга представляет собой нижнюю половину окружности с центром в точке M и радиусом $\frac{b_{\text{б}}}{2}$. Уравнение всей окружности в плоскости yOz будет иметь вид

$$(y - y_{\text{цб}})^2 + (z - z_{\text{цб}})^2 = \left(\frac{b_{\text{б}}}{2}\right)^2. \quad (2.120)$$

Выразим из уравнения окружности переменную z и выберем только ту ее составляющую, которая выражает нижнюю часть ее дуги, получим:

$$z = z_{\text{цб}} - \frac{\sqrt{b_{\text{б}}^2 - 2y_{\text{цб}} + 2y} \sqrt{b_{\text{б}}^2 + 2y_{\text{цб}} - 2y}}{2}. \quad (2.121)$$

Представленная методика расчета (формулы (2.100)–(2.121)) комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с

симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями позволяет установить связь между конструктивными параметрами предлагаемого сошника и технологическими параметрами изучаемого процесса, алгоритмизировать расчеты по оценке формы, размеров и заглоблению элементов сошника и образованной им почвенной щели.

2.2.4. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур

Процесс сева, является важнейшим звеном в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Ученые многих стран мира настойчиво ищут оптимальные способы посева сельскохозяйственных культур, а также рабочие органы для их осуществления.

В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии был разработан комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями, работающий при нулевом угле атаки.

Основной задачей аграриев в процессе посева сельскохозяйственных культур является обеспечение оптимальных условий прорастания семян и дальнейшего их развития. Эти условия в основном зависят от оптимального сочетания трех факторов: водного, воздушного и теплового. Известно, что лучшее сочетание этих факторов отмечается, когда семена равномерно распределены по площади питания и на заданную глубину. При этом семена должны быть уложены на плотный слой почвы и прикрыты рыхлым слоем почвы мелкокомковатой структуры. Несоблюдение любого из перечисленных требований ведет к снижению урожайности.

Одним из условий получения ровных и дружных всходов необходимой густоты является соблюдение оптимальной технологии посева. Во-первых, это создание плотного ложа, обеспечивающего постоянный капиллярный приток влаги к высеянным семенам, а следовательно, их быстрое набухание и дружное прорастание. Во-вторых, оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение по площади, что обеспечивает им водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для прорастания и формирования мощного узла ку-

щения, вторичных корней. Именно в этот период закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчивость к полеганию, стрессовым факторам.

Отклонения норм высева, глубины заделки семян, ширины междурядий при посеве и одновременном внесении удобрений регламентируются агротехническими требованиями.

Процесс сева, являясь важнейшим звеном в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, зависит прежде всего от конструкции рабочих органов, укладываемых семена в почву.

В УО БГСХА был разработан комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями, работающий при нулевом угле атаки.

В соответствии с агротехническими требованиями сева сельскохозяйственных культур семена должны высеиваться на плотное ложе ($1,2 \dots 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), вдавливаясь в дно бороздки и закрываться рыхлым слоем почвы. Это позволяет подтягивать влагу из верхних слоев почвы и удерживать ее в местах укладки семян.

Поставим задачу определения математических условий и закономерностей, при которых, двигаясь, испытуемый однодисковый сошник с симметричными ребордами-бороздкообразователями при в почве образует щель, повторяющую конфигурацию заглубляемых элементов сошника (рис. 2.31). Допустим, что такое заглубление возможно, а почвенный слой в пределах глубины $0,1 \text{ м}$ имеет примерно одинаковую плотность ρ_0 . Требуется осуществить укладку семян в образованные бороздки шириной b_6 на глубину Δ_6 с плотностью почвы в бороздках ρ_6 .

Для этого рассмотрим вертикальный столбик почвы прямоугольного сечения объемом $V_c = 10^{-5} \text{ м}^3$ в месте образования бороздки под действием элемента бороздкообразователя шириной b_6 (м) и длиной $1 / b_6 \cdot 10^{-4}$ (м), находящегося под нагрузкой. Таким образом, почвенный столбик будет иметь площадь поперечного сечения

$$S_c = b_6 \frac{1}{b_6} 10^{-4} = 10^{-4} \text{ м}^2 = 1 \text{ см}^2 \text{ и высоту } h_c = 0,1 \text{ м}.$$

Расположим систему координат $xOyz$ согласно рис. 2.32. Деформацию почвенного слоя будем рассматривать в пределах глубины $z = -0,1 \text{ м}$, т. е. уровня максимального воздействия посевных агрегатов.

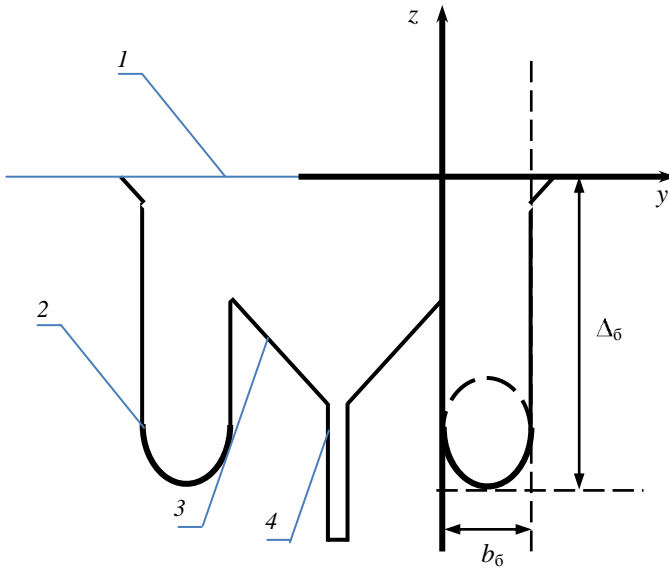


Рис. 2.31. Конфигурация почвенной щели от сошника предлагаемого типа:
 1 – верхний уровень почвы; 2 – элемент щели от бороздкообразователя;
 3 – элемент щели от реборды; 4 – элемент щели от диска

Допустим, что под действием нагрузки элемента сошника почвенный слой плотности ρ_0 в рамках рассматриваемого столбика полностью сжимается с Δz до величины $\Delta z - \Delta\delta$ без выноса почвы из образованной щели. Тогда массы почвы исследуемого столбика до сжатия и после него должны быть одинаковыми. Найдем их:

– до сжатия

$$\Delta m = \rho_0 V_c = \rho_0 S_c \Delta z = \rho_0 \cdot 10^{-5}; \quad (2.122)$$

– после сжатия

$$\begin{aligned} \Delta m &= \rho_6 V_6 = \rho_6 (V_c - V_{c.6} - \frac{1}{2} V_{\pi}) = \\ &= \rho_6 (10^{-5} - 10^{-4} (\Delta\delta - \frac{b_6}{2}) - (\frac{b_6}{2})^2 \frac{\pi \cdot 10^{-4}}{b_6}) = \\ &= \rho_6 \cdot 10^{-4} (0,1 - \Delta\delta + (1 - \frac{\pi}{2})), \end{aligned} \quad (2.123)$$

где $V_{c.б}$ – объем параллелепипедальной части бороздки, м^3 ;
 $V_{ц}$ – объем цилиндрической части бороздки, м^3 .

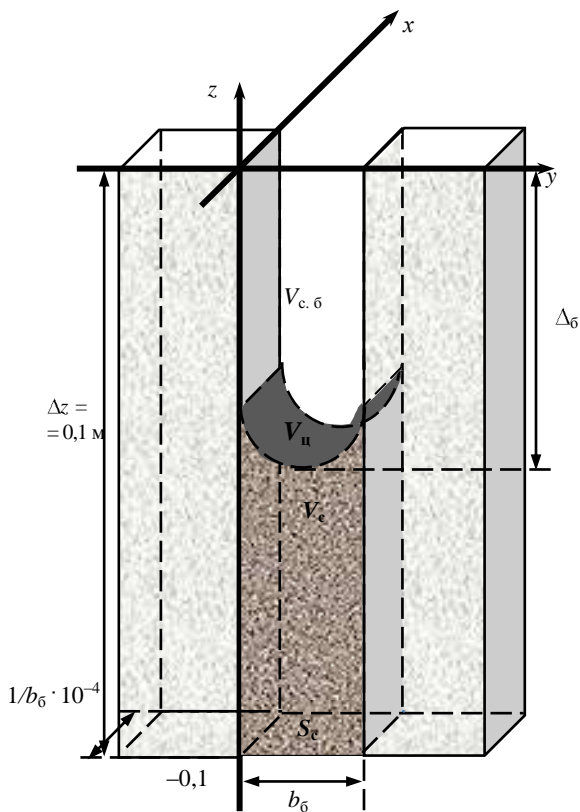


Рис. 2.32. Схема к расчету уплотнения почвы в месте бороздкообразования

Приравняем правые части выражений (2.122) и (2.123):

$$\rho_0 \cdot 10^{-5} = \rho_б \cdot 10^{-4} (0,1 - \Delta_б + (1 - \frac{\pi}{2}))$$

и выразим из полученного равенства параметры $\rho_б$ и $b_б$:

$$\rho_6 = \frac{\rho_0}{1 - 10\Delta_6 + 5b_6(1 - \frac{\pi}{2})}, \quad (2.124)$$

$$b_6 = \frac{1 - \frac{\rho_0}{\rho_6} - 10\Delta_6}{5(\frac{\pi}{2} - 1)}. \quad (2.125)$$

Зависимость (2.124) позволяет оценить плотность почвы в бороздке при начальной плотности почвы ρ_0 , заданной ширине бороздки b_6 и известном заглублении бороздкообразователя Δ_6 . Выражение (2.125) устанавливает связь между шириной бороздки и глубиной закладки семян с учетом необходимых агротехнических требований по плотности почвы в бороздке (рис. 2.33).

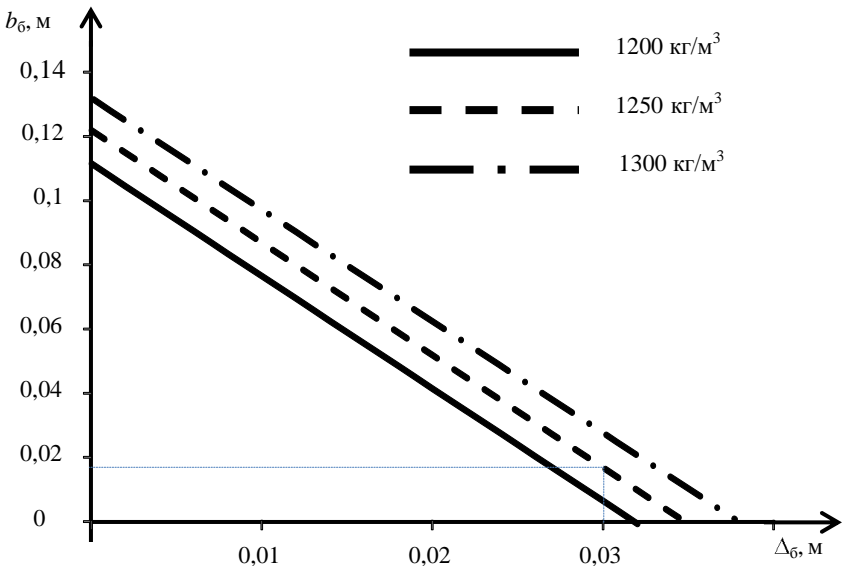


Рис. 2.33. Зависимость ширины бороздкообразователя от его заглубления при фиксированных начальной плотности почвы и конечной плотности ложа бороздки

Покажем практическое применение формулы (2.125) для выбора рациональной ширины бороздкообразователя. Пусть известно, что начальная плотность почвы $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$. Семена сельскохозяйственной культуры требуется высеять на глубину 3 см и уложить на ложе плотностью $\rho_6 = 1250 \text{ кг/м}^3$.

Для нас это означает, что требуется создать такие условия, чтобы заглубить бороздкообразователь на глубину 0,03 м, при этом уплотнив почву в бороздке до 1250 кг/м^3 . Нужное нам заглубление сошника достигается приложением к нему внешнего усилия (нагрузки). Нужное же уплотнение почвы в бороздке достигается выбором ширины бороздкообразователя. В нашем случае эта величина не должна превышать 0,0168 м (рис. 2.33).

Предложенная методика расчета уплотнения почвы в бороздках является составной частью математического описания процесса узкорядного посева сельскохозяйственных культур сошниковыми группами, оснащенными комбинированными однодисковыми сошниками предлагаемого типа. Она, позволяет установить связь между конструктивными параметрами предлагаемого сошника (шириной бороздкообразователя) и технологическими параметрами изучаемого процесса (глубиной заделки семян и уплотнением почвы в ложе образованной бороздки). Данная методика будет учтена при анализе и обосновании рациональных границ варьирования бороздкообразующего элемента и оптимизации его параметров.

2.2.5. Уравнения траекторий движения точек элементов однодискового сошника с симметрично расположенными двухсторонними ребрами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки

Будущий урожай во многом определяется оптимальной глубиной заделки семян. Глубина заделки зависит от вида высеваемых семян, срока посева, влажности и механического состава почвы. Например, семена зерновых колосовых на тяжелых дерново-подзолистых почвах рекомендуется заделывать на глубину 2...3 см, на средних суглинках и торфяных почвах 3...4, на легких супесчаных почвах 4...5 см [58].

Уменьшение глубины посева может привести к вымерзанию всходов озимых и изреженности всходов яровых. При излишне глубокой заделке всходят ослабленные растения, а часть ростков гибнет, так как не может пробиться к свету. Кроме этого неравномерное размещение

семян по глубине ведет к недружному развитию растений и созреванию зерна.

Об отрицательном влиянии отклонения глубины заделки семян от оптимальной на полевую всхожесть и урожайность говорят и данные, полученные рядом институтов и опытных станций. Они показывают, что отклонение от оптимальной глубины сева на 10 мм, например, зерновых культур ведет к снижению полевой всхожести в зависимости от высеваемой культуры на 5...10 %. При этом снижение урожайности происходит более интенсивно – на 12...30 %.

Вместе с тем, как показывает анализ результатов испытаний зерновых сеялок, применяемых в Республике Беларусь, большинство из них не обеспечивают равномерную укладку семян на заданную глубину. Этому требованию, к тому же только на почвах определенного физико-механического состава и незасоренных растительными остатками, наиболее полно отвечают сеялки, оборудованные килевидными сошниками [59].

Рассмотрим однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки, конструкция и принцип работы которого были подробно рассмотрены в статье [23].

Примем за его исходные данные (рис. 2.34) радиусы: диска R_d , реборды R_p , бороздкообразователя R_b , реборды в начале бороздкообразователя r_1 , в его середине r_6 . Зададим толщину элементов сошника: диска b_d , реборды b_p , бороздкообразователя b_b , а также конусность реборды μ и параметр δ_6 , характеризующий положение центра закругления бороздкообразователя.

Сделаем привязку рабочего органа к декартовой системе координат согласно рис. 2.34 с учетом введенных обозначений и заглублиения его элементов.

Пусть сошник движется без скольжения под действием тягового усилия трактора с постоянной скоростью V_t (км/ч) и заглублиением его элементов соответственно: диска – на величину Δ_d , большего радиуса реборды – Δ_p , бороздкообразователя – Δ_b .

Так как диск, реборды и бороздкообразователи сошника имеют единую ось вращения, жестко связаны между собой и вращаются без проскальзывания и буксования, то изменение угла θ поворота точек сошника во времени t (с) свяжем с угловой скоростью его вращения ω (рад/с):

$$\theta(t) = \omega t. \quad (2.126)$$

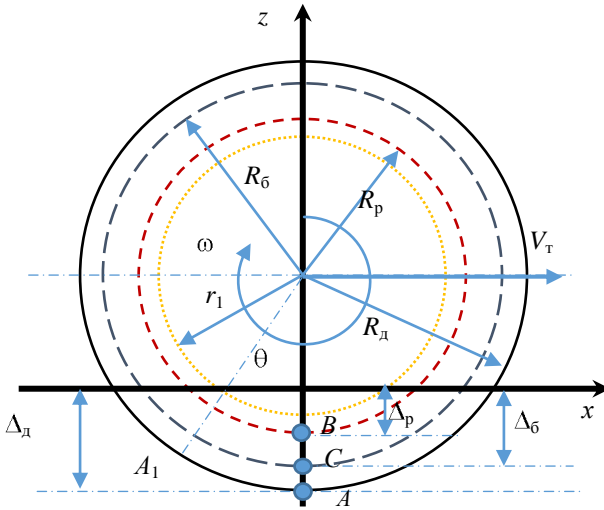


Рис. 2.34. Схема к расчету траекторий движения точек исследуемого сошника

В свою очередь, угловая скорость сошника ω определяется следующим образом:

$$\omega = \frac{V_\tau}{3,6R_d} = \frac{5}{18} \frac{V_\tau}{R_d}. \quad (2.127)$$

Тогда с учетом равенства (2.127) формулу изменения угла θ поворота точек сошника (2.126) можно переписать в виде

$$\theta(t) = \frac{5}{18} \frac{V_\tau}{R_d} t. \quad (2.128)$$

Рассмотрим движение точки A , лежащей на кромке диска сошника (рис. 2.35). Можно заметить, что за время t центр сошника продвинется вдоль оси Ox на расстояние $s_x = \frac{5V_\tau}{18} t$ (м), при этом точка $A(0; -\Delta_d)$

перейдет в точку $A_1(x_{A1}; y_{A1})$, сместившись по дуге диска на угол θ . Нетрудно заметить, что по оси Ox точка A пройдет путь, равный смещению центра сошника, уменьшенный на величину $s_{x2} = R_d \sin(\theta)$, т. е.

$$x_{A1} = s_{x1} = s_x - s_{x2} = \frac{5V_r}{18} t - R_d \sin(\theta). \quad (2.129)$$

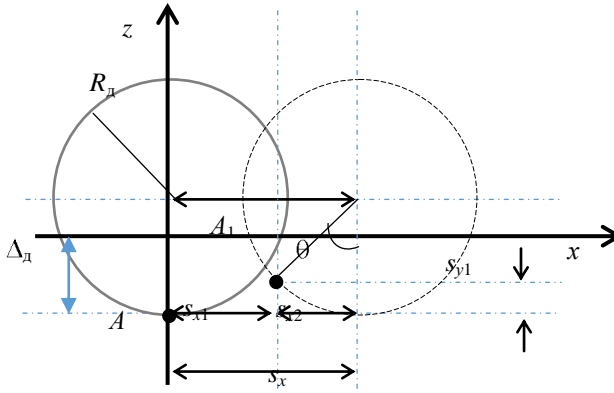


Рис. 2.35. Схема к расчету траектории движения точек, лежащих на кромке диска

По оси Oy ордината точки A сместится вверх на величину $s_{y1} = R_d - R_d \cos(\theta)$, т. е.

$$y_{A1} = R_d - R_d \cos(\theta) - \Delta_d. \quad (2.129)$$

Тогда точки, лежащие на кромке диска, будут двигаться по циклоиде, которая с учетом формулы (2.130) определяется параметрической системой уравнений

$$\begin{cases} x_d(t) = R_d \left(\frac{5}{18} \frac{V_r}{R_d} t - \sin \left(\frac{5}{18} \frac{V_r}{R_d} t \right) \right), \\ z_d(t) = R_d \left(1 - \cos \left(\frac{5}{18} \frac{V_r}{R_d} t \right) \right) - \Delta_d. \end{cases} \quad (2.131)$$

Данная циклоида согласно [61] будет характеризоваться следующими параметрами: периодом $T = 2\pi R_d$, амплитудой $a = 2R_d$, радиусом кривизны $\rho = 4R_d \sin\left(\frac{5V_\tau t}{2 \cdot 18R_d}\right) = 4R_d \sin\left(\frac{5V_\tau t}{36R_d}\right)$.

Найдем проекции на оси координат абсолютной скорости точки A :

$$\overline{V}_x = \frac{d\left[R_d \left(\frac{5V_\tau t}{18R_d} - \sin\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)\right)\right]}{dt} = \frac{5V_\tau}{18} - \frac{5V_\tau}{18} \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right); \quad (2.132)$$

$$\overline{V}_z = \frac{d\left[R_d \left(1 - \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)\right) - \Delta_d\right]}{dt} = \frac{5V_\tau}{18} \sin\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right). \quad (2.133)$$

Тогда скорость точек, лежащих на кромке диска, будет определяться вектором

$$\overline{V}_d = \frac{5V_\tau}{18} \left(\left(1 - \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)\right) \vec{i} + \sin\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right) \vec{k} \right), \quad (2.134)$$

а ее величина будет равна:

$$\begin{aligned} |\overline{V}_d| &= \frac{5V_\tau}{18} \sqrt{\left(1 - \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)\right)^2 + \sin^2\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)} = \\ &= \frac{5}{9} V_\tau \left| \sin\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right) \right|. \end{aligned} \quad (2.135)$$

Длину дуги, а значит, и длину траектории движения точки A , лежащей на кромке диска сошника, за время движения t можно определить по формуле

$$l = \int_0^{\tau} |\vec{V}_d| dt = \frac{5}{9} V_{\tau} \int_0^{\tau} \left| \sin \left(\frac{5V_{\tau} t}{18R_d} \right) \right| dt, \quad (2.136)$$

где τ – текущее время измерения, с.

По аналогии с точками, лежащими на кромке диска, определяются траектории движения точек реборд (например, точки C (см. рис. 2.34)) и бороздкообразователей (например, точки B (рис. 2.34)), а также их кинематические параметры.

Траектории движения этих точек будут представлять собой циклоиды, которые определяются соответственно системами параметрических уравнений:

– для реборды

$$\begin{cases} x_p(t) = \frac{5V_{\tau}}{18} t - R_p \sin \left(\frac{5}{18} \frac{V_{\tau}}{R_d} t \right), \\ z_p(t) = R_d - R_p \cos \left(\frac{5}{18} \frac{V_{\tau}}{R_d} t \right) - \Delta_d; \end{cases} \quad (2.137)$$

– для бороздкообразователя

$$\begin{cases} x_6(t) = \frac{5V_{\tau}}{18} t - R_6 \sin \left(\frac{5}{18} \frac{V_{\tau}}{R_d} t \right), \\ z_6(t) = R_d - R_6 \cos \left(\frac{5}{18} \frac{V_{\tau}}{R_d} t \right) - \Delta_d. \end{cases} \quad (2.138)$$

Согласно формулам (2.137) и (2.138) определяются скорости этих точек и длины траекторий их движения:

– скорости точек реборды и бороздкообразователя соответственно равны:

$$|\vec{V}_p| = \frac{5V_{\tau}}{18R_d} \sqrt{R_p^2 + R_d^2 - 2R_p R_d \cos \left(\frac{5V_{\tau} t}{18R_d} \right)}; \quad (2.139)$$

$$|\vec{V}_6| = \frac{5V_\tau}{18R_d} \sqrt{R_6^2 + R_d^2 - 2R_6R_d \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)}; \quad (2.140)$$

– длина траектории, пройденной точкой реборды и бороздкообразователя,

$$\begin{aligned} \ell_p &= \int_0^\tau \sqrt{\left(\frac{d}{dt}[x_p(t)]\right)^2 + \left(\frac{d}{dt}[z_p(t)]\right)^2} dt = \\ &= \frac{5V_\tau}{18R_d} \int_0^\tau \sqrt{R_p^2 + R_d^2 - 2R_pR_d \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)} dt; \end{aligned} \quad (2.141)$$

– длина траектории, пройденной точкой,

$$\begin{aligned} \ell_6 &= \int_0^\tau \sqrt{\left(\frac{d}{dt}x_6(t)\right)^2 + \left(\frac{d}{dt}z_6(t)\right)^2} dt = \\ &= \frac{5V_\tau}{18R_d} \int_0^\tau \sqrt{R_6^2 + R_d^2 - 2R_6R_d \cos\left(\frac{5V_\tau t}{18R_d}\right)} dt. \end{aligned} \quad (2.142)$$

где τ – текущее время, с.

Приведем пример графических зависимостей движения точек диска, реборды и бороздкообразователя исследуемого сошника в плоскости xOz (рис. 2.36) с реализацией расчетов в математическом пакете MathCad (рис. 2.37).

Зафиксируем значения следующих параметров: скорости движения трактора $V_\tau = 10$ м/с; радиуса диска $R_d = 0,182$ м и его толщины $b_d = 0,005$ м; радиуса реборды $R_p = 0,152$ м, ее толщины $b_p = 0,025$ м и конусности $\mu = 60^\circ$; толщины бороздкообразователя $b_6 = 0,01$ м и параметра, характеризующего положение центра закругления бороздкообразователя $\delta_6 = 0,007$ м, заглубления диска $\Delta_d = 0,06$ м (рис. 2.37, блок исходных данных).

На основании этих значений рассчитаем угловую скорость движения $\omega = 15,236$ рад/с, радиус бороздкообразователя $R_6 = 0,147$ м, пери-

од $T = 1,144$ м и амплитуду $a = 0,364$ м циклоиды, характеризующей траекторию движения диска сошника.

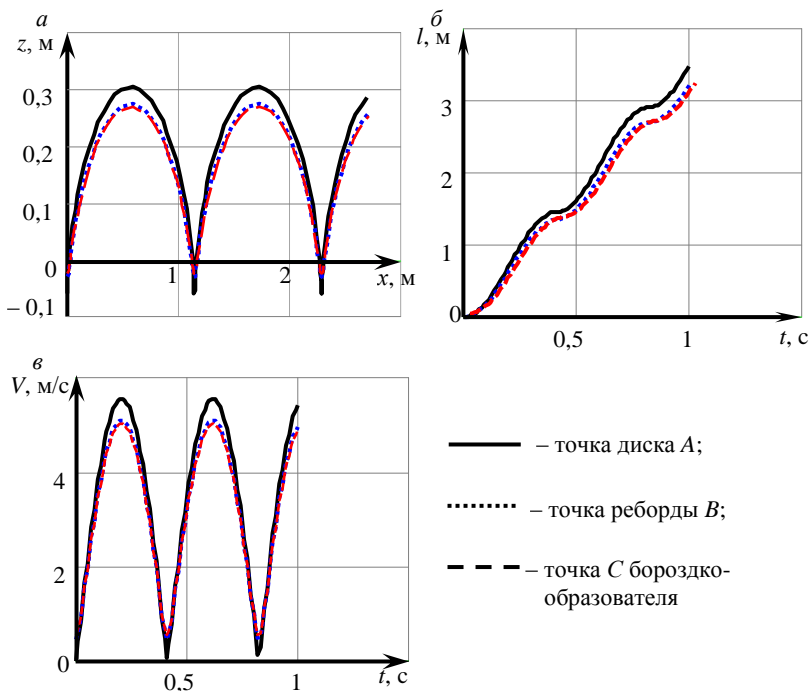


Рис. 2.36. Графические зависимости изменения траекторий движения (a), их длин ($б$) и скоростей ($в$) исследуемых точек

Анализ графических зависимостей показывает, что в рамках 1 с времени движения сошника точки его элементов будут двигаться по циклоидам. При смещении сошника на 2,8 м точки его диска пройдут расстояние в 3,5 м, реборды – 3,24 м, бороздкообразователя – 3,2 м. При скорости сошника 2,8 м/с скорости точек диска будут изменяться от 0 до 5,56 м/с, реборды – от 0,46 до 5,1 м/с, бороздкообразователя – от 0,54 до 5 м/с.

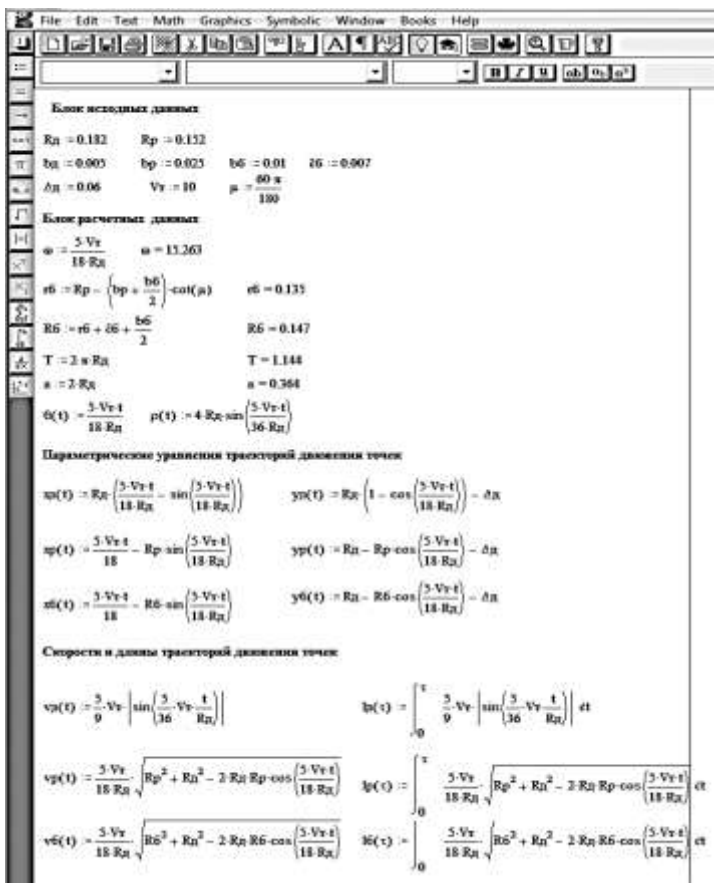


Рис. 2.37. Демонстрация расчетов в MathCad

Таким образом, рассмотренная выше методика расчета и анализа позволяет связать конструктивные параметры исследуемого сошника с кинематическими параметрами движения его основных элементов: диска, реборды и бороздкообразователя. Результаты данной методики могут быть использованы при планировании экспериментальных исследований узкорядного посева сельскохозяйственных культур однодисковыми сошниками с симметрично расположенными ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки и при расчете сошниковых групп предлагаемой конструкции.

3. ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Обоснование конструкции двухдискового сошника с усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями

В настоящее время на сеялках устанавливают двухдисковые сошники с плоскими дисками для высева зерновых, зернобобовых и других культур с двумя сходящимися под определенным углом дисками: с углом схождения 8° – широкорядный, а с углом 18° – узкорядный. Сошники для высева зерновых и травяных культур изготавливаются соответственно с междурядьем 15 и 7,5 см. На узкорядном сошнике между дисками закреплен делитель. Этот делитель распределяет зерновой поток на две части с междурядьем 7,5 см. Недостатком таких двухдисковых сошников являются углы атаки 8° и 18° , особенно при работе на повышенных скоростях. Чем выше скорость движения сеялки (сошников), тем больше отброс почвы и тяговое сопротивление сошника. Кроме того, такого типа сошники из-за малой опорной поверхности не могут обеспечить достаточную плотность дна бороздки, что не способствует привлечению влаги, так необходимой для прорастания семян. Немаловажными причинами неравномерности заделки семян в почву двухдисковыми сошниками являются: захват семян вращающимися дисками с выбросом их за пределы сошника в верхние слои почвы; захват семян почвой, отбрасываемой сошниками; осыпание бороздки, в результате чего семена, отброшенные от дна борозды, попадают в верхние слои почвы [3].

В современных сеялках, комбинированных машинах и агрегатах наблюдается тенденция к уменьшению угла атаки дисков сошников для снижения отброса почвы и тягового сопротивления. Такие комбинированные машины и сеялки могут работать на повышенных скоростях (10...15 км/ч). Но эти решения не позволяют в полной мере обеспечить создание всех необходимых условий для качественного прорастания семян.

Однодисковые серийные сошники так же, как и двухдисковые, имеют углы атаки и угол крена к поверхности почвы, что увеличивает их тяговое сопротивление.

В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработан однодисковый сошник с опорно-прикатывающим каточком. У этого сошника диск установлен с минимальным углом атаки 8°

и углом крена (углом наклона к поверхности почвы) 14° , необходимыми для раскрытия бороздки, в которую направляются семена зерновых и других культур. Недостатками такого типа сошников являются неравномерность заделки семян по глубине и укладка семян на рыхлый слой почвы. Однодисковые сошники укладывают семена на несколько сантиметров мельче, чем глубина их хода, а также выворачивают нижние влажные слои почвы на поверхность.

В настоящее время существующие агротехнические требования не позволяют проводить сев зерновых и других сельскохозяйственных культур со скоростью более 10 км/ч, так как это приводит к нарушению технологического процесса работы сошников и ухудшению равномерности заделки семян по глубине.

При разработке двухдискового сошника с односторонними ребордами-бороздкообразователями были учтены следующие явления, которые имеют место в подсошниковой полости: здесь одновременно происходит осыпание почвенной массы и выпадение семян, которые располагаются на той поверхности, которая образуется в почве под сошником.

Чтобы уяснить себе возможности одинакового размещения семян по глубине, необходимо отметить некоторые общие явления, присущие сыпучему телу.

1. Всякое сыпучее тело располагается на горизонтальной плоскости под углом естественного откоса, различным для разных тел и состояний.

Если, например, мелкий сухой песок высыпать через воронку тонкой струей, то он расположится на горизонтальной плоскости в форме правильного конуса с наклоном образующих по углу естественного откоса.

Каждую частицу, находящуюся в покое, можно рассматривать расположенной в вершине такого конуса. Например, частица b (рис. 3.1), расположенная на образующей, будет находиться в равновесии, так как она служит вершиной конуса cbd' , располагающегося внутри всей массы.

Частица b , очевидно, не может остаться в покое, если снять часть сыпучей массы по сечению mm , так как в этом случае конус cvd' выходит из общей массы сыпучего материала.

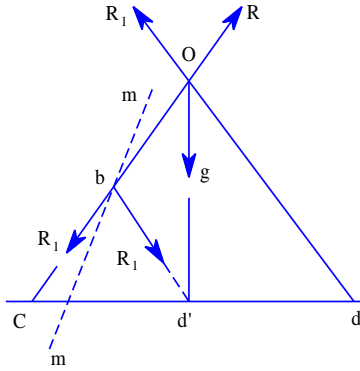


Рис. 3.1. Равновесие сыпучего тела

2. Если у ящика, наполненного песком, приподнять одну стенку, то через образовавшуюся щель песок вытечет и расположится под углом φ естественного откоса (рис. 3.2). Течение прекратится, как только откос расположится под углом φ . Верхний уровень песка в сосуде также изменится, опустившись по наклону ab около стенки со щелью.

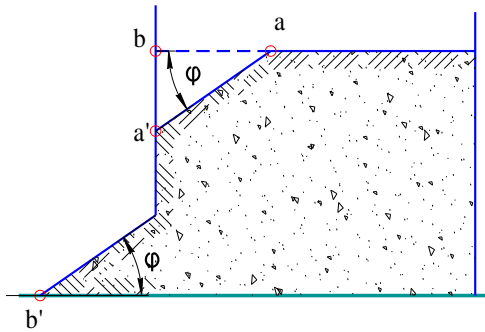


Рис. 3.2. Осыпь через горизонтальную щель

3. Если вертикальную стенку ящика с песком разрезать пополам и осторожно удалить одну половину, то песок расположится по закону конуса (рис. 3.3). Частица, расположенная в точке O , будет вершиной конуса, который займет часть пространства Oab за оставшейся поло-

винкой стенки Q , а в свободном от стенки месте поверхностью сыпучей массы будет наклонная под углом φ плоскость.

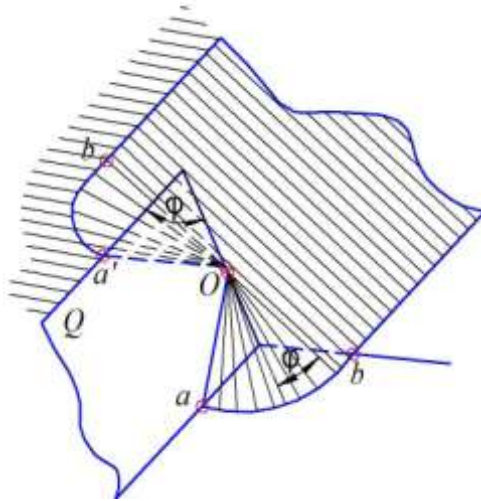


Рис. 3.3. Осыпь около одной подпорной стенки

Таким образом, песок, огибая опорную стенку Q , будет перетекать за нее и располагаться по конической поверхности.

Щеки сошника являются стенками, подпирающими сыпучую почвенную массу и ограничивающими осыпание почвы в борозду (рис. 3.3).

Различие будет за счет того, что вместо одной стенки будут две – Q и Q' , расположенные одна против другой, ибо каждая из щек подпирает и ограничивает от осыпания соответствующую сторону бороздки.

Схематически характер осыпания вблизи двух параллельных стенок можно представить следующим образом: сыпучая масса, огибая стенки, будет заходить во внутреннее пространство между стенками и располагаться по поверхности, составленной из двух конусов ABe и A_1B_1e . Перекрытие конусов определится кривой ee' , у которой верхняя точка e' расположится на нижнем ребре осыпавшейся бороздки (рис. 3.4).

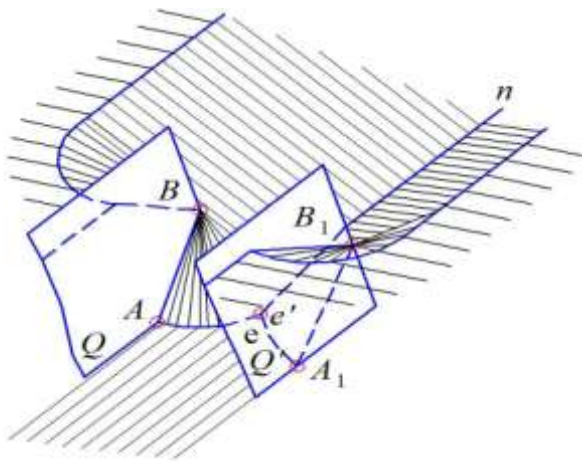


Рис. 3.4. Осыпи около двух подпорных стенок

Под сошником во время его хода в почве образуется наклонная поверхность из осыпавшейся почвы, причем наклон этой поверхности направлен в сторону носка или передней части наральника.

Таким образом, подсошниковая полость имеет наклонное дно, понижающееся к носку сошника и достигающее до предельной глубины вблизи самого носка. Семена, выпадающие из семянаправителя сошника, располагаясь на наклонной поверхности подсошниковой полости бороздки, оказываются на разной глубине. Поэтому, чтобы расположить семена на одной глубине, необходимо зерновую струю направить ближе к передней части сошника, куда осыпь с боков бороздки не достигает и где дно последней почти горизонтально.

К сожалению, осуществить такое направление зерновой струи очень трудно, так как семена, выброшенные аппаратом, движутся внутри семяпровода и сошникового семянаправителя по очень сложным и разнообразным траекториям, обусловленным последовательными ударами о стенки и отражениями. При сложной форме каждого отдельного семени это обстоятельство порождает весьма различные формы и расположения траекторий и приводит к одному практическому выводу, что область зерновых траекторий проходит через все горло сошника и в сечении с подсошниковой поверхностью дает некоторую замкнутую фигуру S (S') определенной величины (рис. 3.5). Следовательно, выпадение зерен под сошник происходит на площади, ограни-

ченной этим контуром и располагающейся как раз на том склоне, какой получается под сошником от осыпания стенок бороздки [12].

Можно увидеть разницу в укладке семян сошником, обусловленную различием в строении щеки; у щеки сошника (рис. 3.5, б) осыпание почвы происходит с менее выгодным результатом, так как подсошниковая поверхность бороздки доходит до носка сошника, что раздвигает пределы укладки зерен по глубине.

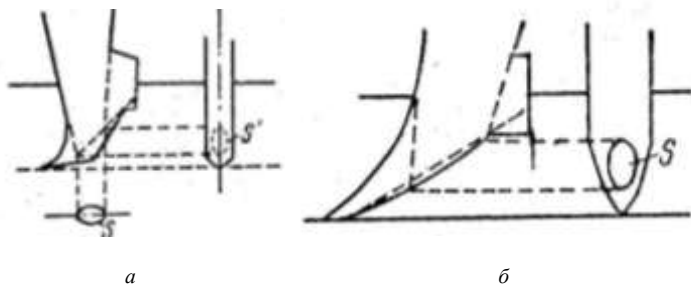


Рис. 3.5. Влияние щеки направителя на осыпь в подсошниковую полость: а – развитой; б – слабо развитой

Следовательно, в системе самого сошника и того процесса, какой имеет место во время его работы, заключается преимущественная возможность расположения семян на разной глубине, что и имеет место в действительной работе сошников.

Именно поэтому предлагается использовать реборды-бороздкообразователи и установить семянаправитель в оптимальной для укладки семян зоне контакта реборды-бороздкообразователя с уплотняемым дном образованной бороздки, чтобы во время укладки семян диск с одной стороны и реборда-бороздкообразователя с другой препятствовали осыпанию стенок бороздки, что позволит избежать неравномерности укладываемых семян по глубине.

Для снижения тягового сопротивления и обеспечения прямолинейности хода сошника предлагается за основу использовать плоский диск, устанавливаемый без угла атаки. Проблему уплотнения дна бороздки предлагается решить путем установки на плоском диске реборды-бороздкообразователя, имеющей форму усеченного конуса.

Предлагаемый нами двухдисковый сошник (рис. 3.6) состоит из корпуса 1 с отверстиями 2 и болтами 3, двух плоских (левого и правого)

дисков 4 с ребрами-бороздкообразователями 5. Диски расположены вертикально и параллельно один другому и направлению движения сошника (рис. 3.6, 3.7).

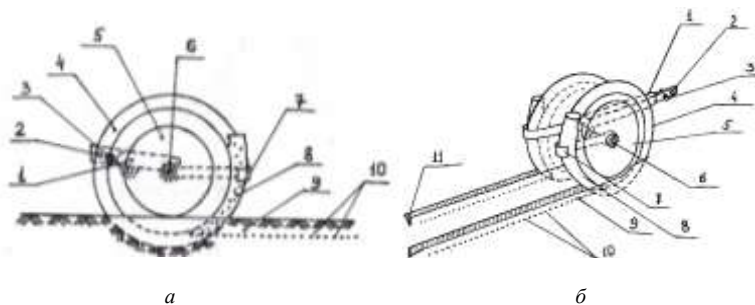


Рис. 3.6. Двухдисковый сошник с односторонними ребрами-бороздкообразователями:
а – вид сбоку; *б* – трехмерный вид; 1 – корпус сошника; 2 – отверстия; 3 – болты;
 4 – диски; 5 – реборды-бороздкообразователи; 6 – оси; 7 – пластина;
 8 – семянаправитель; 9 – бороздка; 10 – семена; 11 – щель

В задней части корпуса закреплены оси 6. На осях установлены диски с ребрами-бороздкообразователями. На корпусе закреплена пластина 7, на которой установлен семянаправитель 8.

Двухдисковый сошник работает следующим образом. Корпус 1 сошника присоединяют к поводку сеялки с помощью отверстий 2 и болтов 3. Рабочие диски 4 с ребрами-бороздкообразователями 5 установлены на осях 6 с углами атаки и крена 0° . Диски, двигаясь в почве, разрезают ее, а также пожнивные и растительные остатки, а затем реборды-бороздкообразователи выдавливают бороздки с правой стороны правого диска и с левой стороны левого диска. В выдавленные бороздки 9 укладываются семена 10, поступающие под действием воздушного потока по семянаправителю 8 (рис. 3.6). Семена, находящиеся в бороздке, заделываются загортачами.

Реборда-бороздкообразователь 5 работает следующим образом. Плоская часть диска 4 разрезает почвенные и растительные остатки, почву, образуя щель 11 (рис. 3.6, *б*). По этой щели к семенам подтягивается влага. Реборда-бороздкообразователь 5 ограничивает глубину заделки семян, а также при выдавливании бороздки уплотняет ее дно.

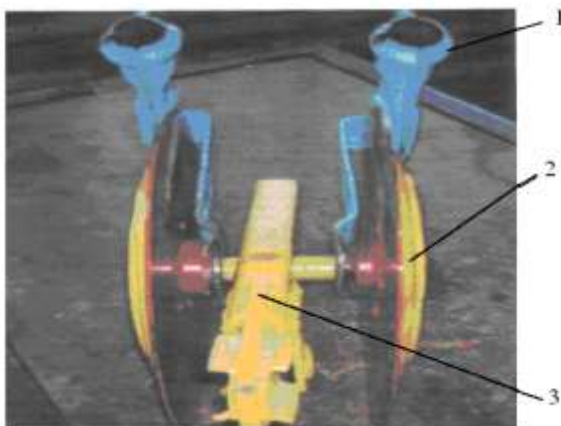


Рис. 3.7. Двухдисковый сошник с односторонними ребрами-бороздкообразователями (вид спереди): 1 – корпус сошника; 2 – реборды-бороздкообразователи; 3 – семянаправитель

Установка рабочих дисков с углом атаки и крена 0° на двухдисковом сошнике позволяет уменьшить до минимума отброс почвы в стороны от диска. В процессе работы дисков с ребрами-бороздкообразователями происходит одновременно выдавливание бороздок, их уплотнение, а также ограничение глубины заделки семян при работе двухдискового сошника.

Установка дисков с углом атаки 0° позволяет работать на скоростях движения сеялок 10...15 км/ч и при этом уменьшить до минимума отброс почвы в стороны. Это позволяет произвести расстановку сошников в один ряд с расстоянием между рядками семян 12,5 см и менее. Щель, образованная диском в почве, позволяет подтянуть влагу к уплотненному ребордой-бороздкообразователем дну бороздки, а соответственно и обеспечить необходимую плотность почвы на глубине заделки семян, которая согласно агротехническим требованиям должна составлять 1,2...1,25 г/см³.

Установка дисков с нулевым углом атаки на двухдисковом сошнике позволяет уменьшить тяговое сопротивление сошников и улучшить равномерность глубины заделки семян при работе на повышенных скоростях.

Нами было разработано несколько вариантов двухдисковых сошников с различными конструктивными параметрами. К этим сошникам

были изготовлены различные варианты корпусов и дисков с разными параметрами реборд (рис. 3.8, 3.9).



Рис. 3.8. Варианты двухдисковых сошников с различными конструктивными параметрами дисков и реборд



Рис. 3.9. Различные варианты дисков с ребордами-бороздкообразователями, корпусов и семянаправителей к экспериментальным двухдисковым сошникам

3.2. Разработка технической документации на изготовление двухдискового сошника с усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями

Для изготовления двухдискового сошника с усеченными коническими ребрами-бороздкообразователями в ООО «Ремком» была разработана техническая документация в виде сборочных и рабочих чертежей (рис. 3.10–3.16).

В ООО «Ремком» для изготовления реборд была также изготовлена оправка пресс-формы (рис. 3.17).

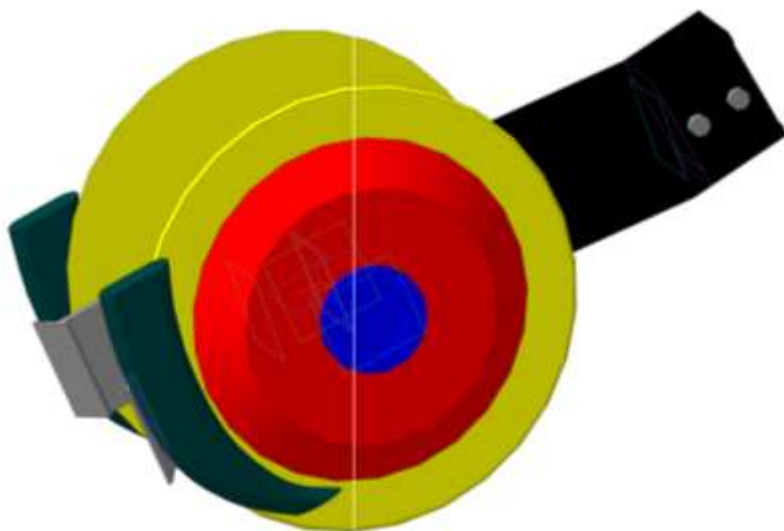


Рис. 3.10. Трехмерная модель двухдискового сошника с усеченными коническими ребрами-бороздкообразователями

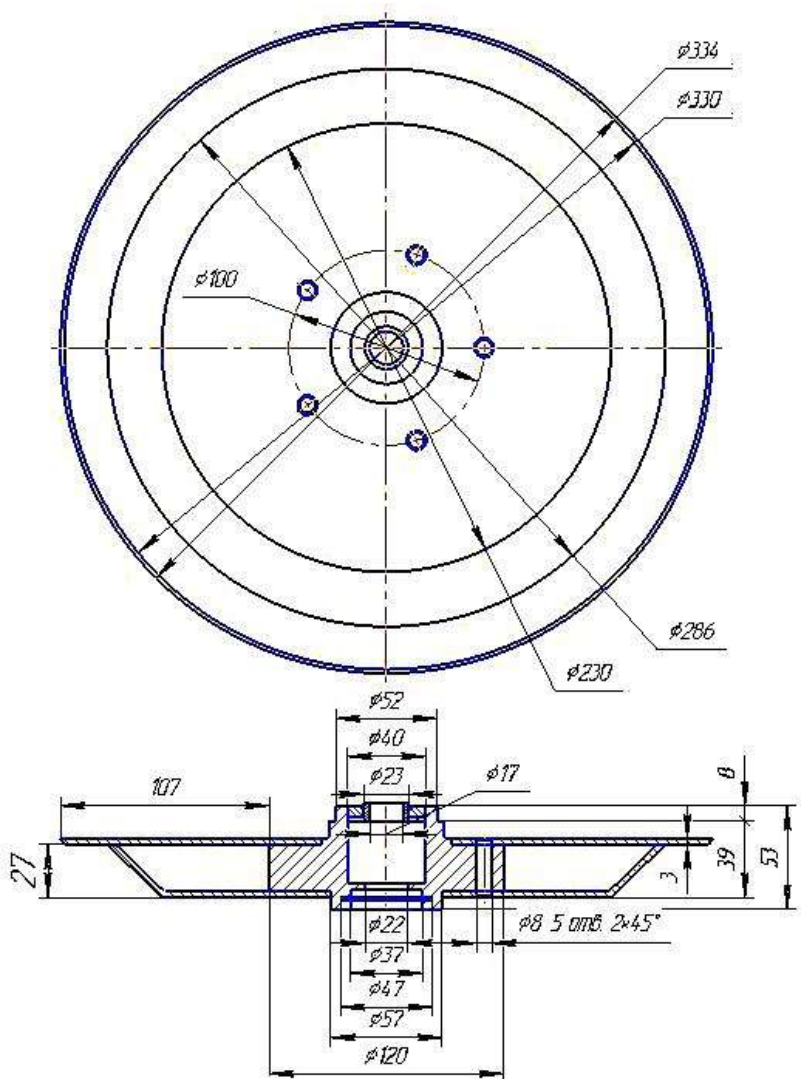


Рис. 3.11. Сборочный чертеж диска сошника

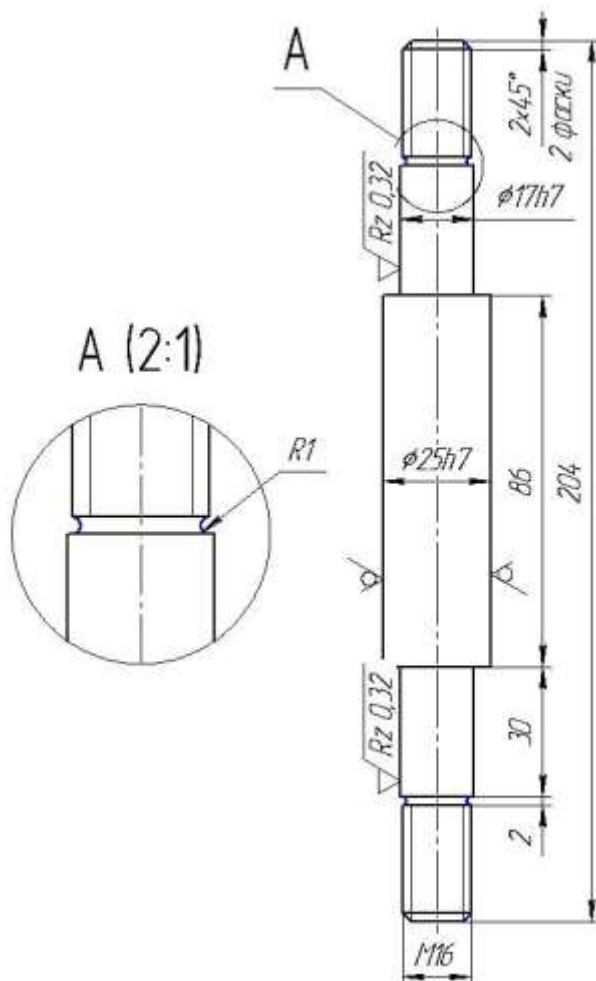
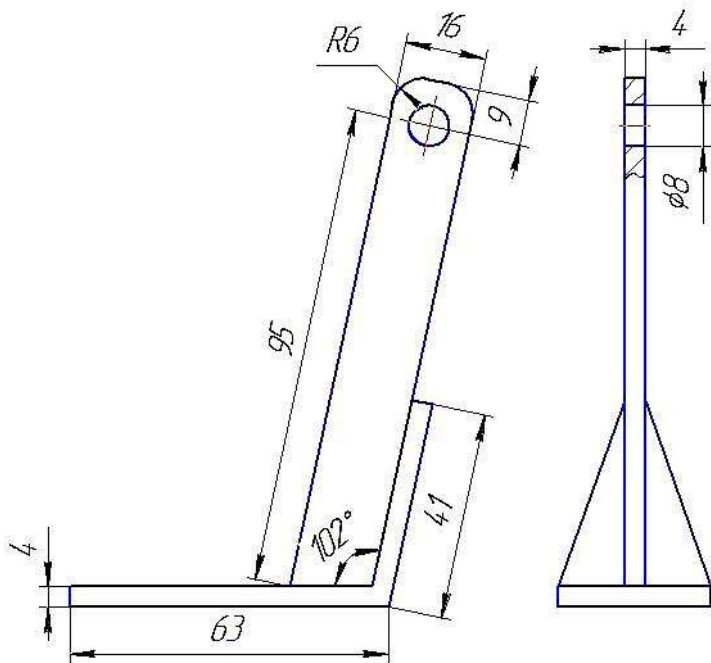


Рис. 3.12. Рабочий чертеж оси



ГОСТ 14806-80-T5-PH3- \triangle 6-50Z 100 \square

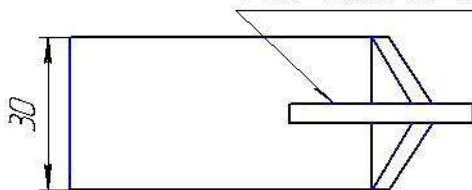


Рис. 3.13. Сборочный чертеж клапана

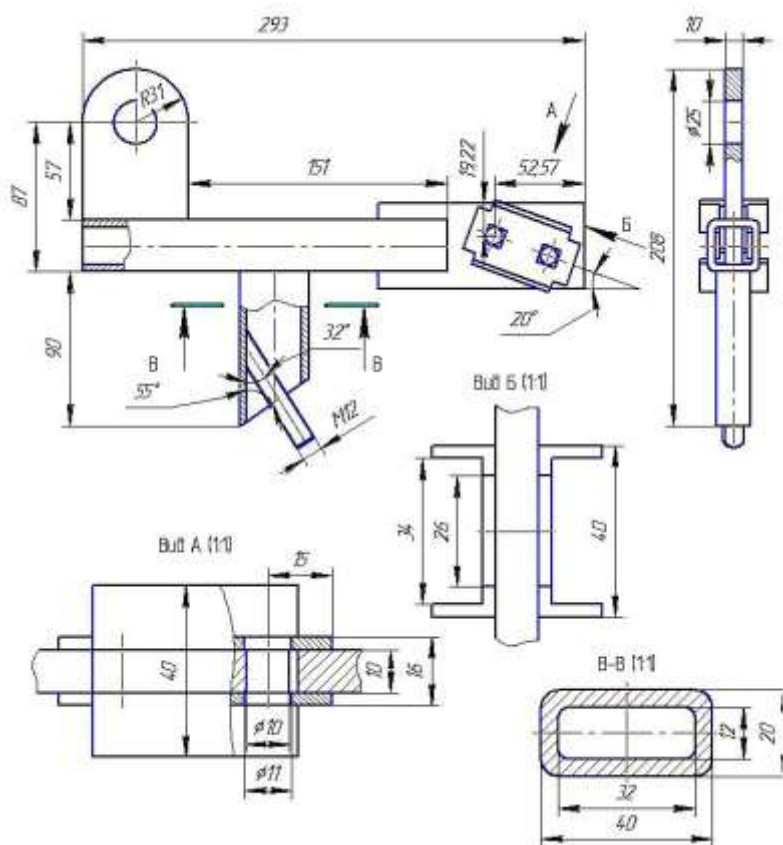


Рис. 3.14. Сборочный чертёж поводка

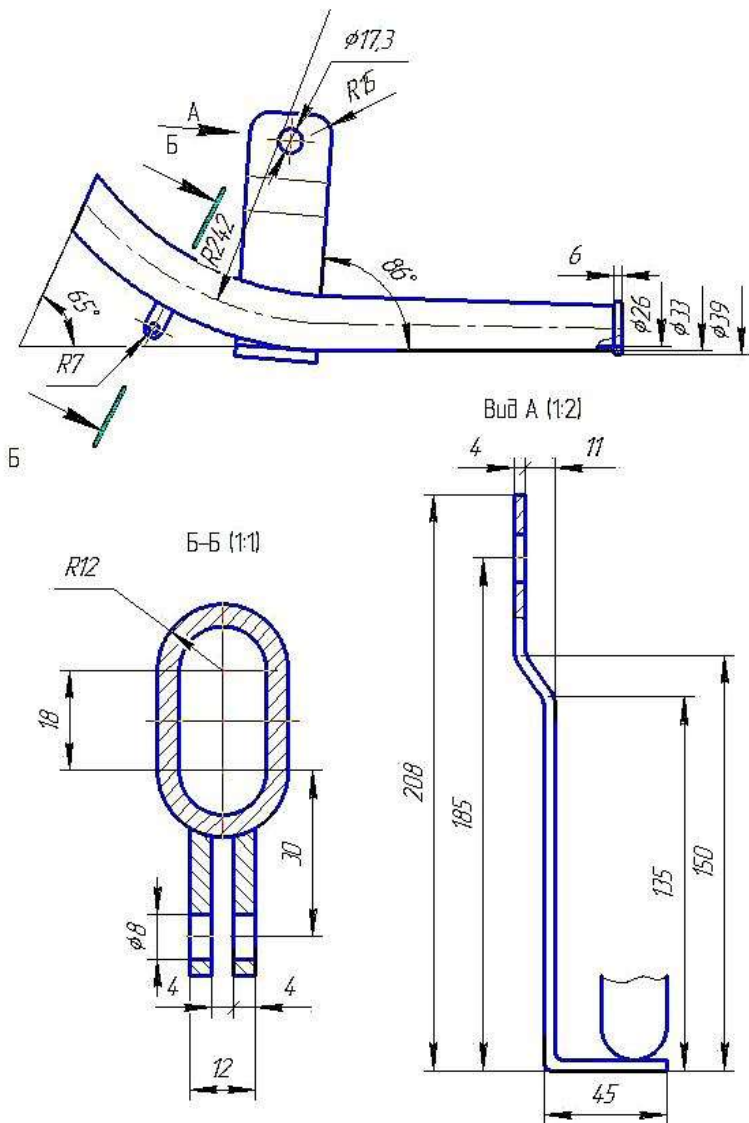


Рис. 3.15. Сборочный чертеж семянаправителя

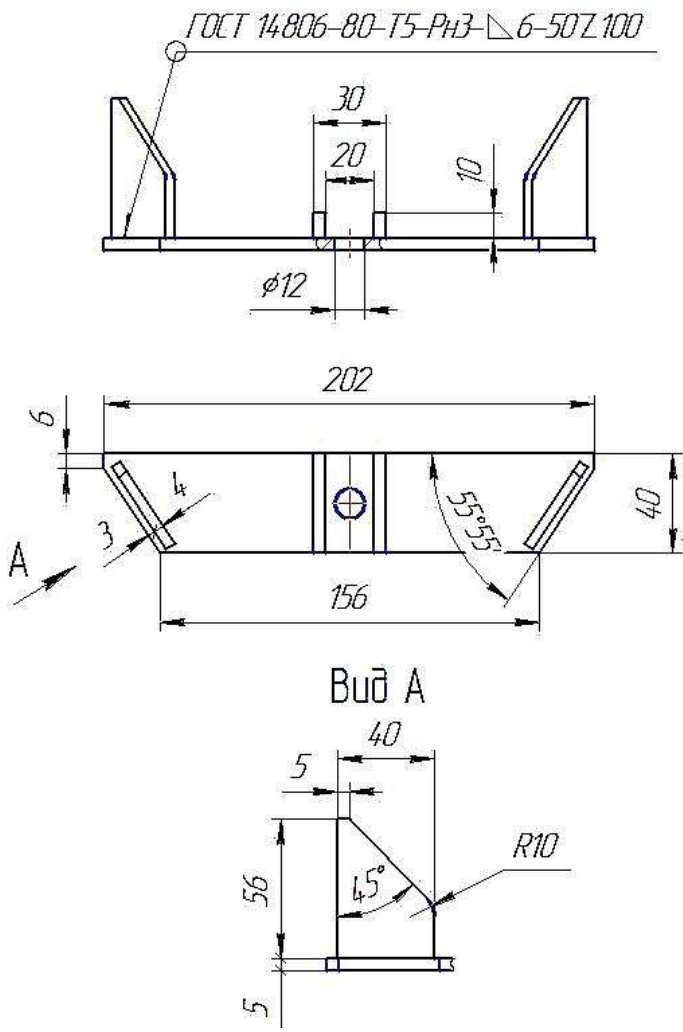


Рис. 3.16. Сборочный чертеж чистиков



Рис. 3.17. Оправка пресс-формы

В ООО «Ремком» по технической документации, приведенной выше, была изготовлена опытная партия сошников для двухстрочного посева (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Опытная партия сошников для двухстрочного посева

3.3. Разработка технической документации на изготовление однодискового сошника с двухсторонними (симметричными) ребрами-бороздкообразователями

3.3.1. Новый макетный образец однодискового сошника с двухсторонними симметричными ребрами-бороздкообразователями

Новый макетный образец однодискового сошника с симметричными ребрами бороздкообразователями изготовлен на базе плоского диска диаметром 400 мм, диаметр реборды 286 мм, угол конуса реборды 30° (рис. 3.19, 3.20).



Рис. 3.19. Новый макетный образец однодискового сошника с симметричными ребрами (вид сбоку)



Рис. 3.20. Новый макетный образец однодискового сошника с симметричными двухсторонними ребрами-бороздкообразователями (вид сзади)

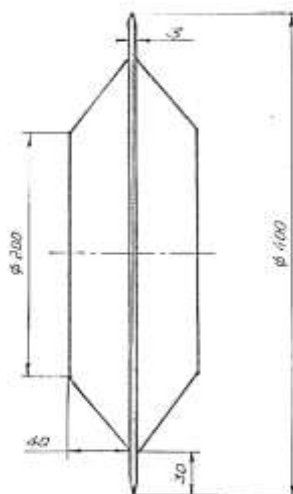


Рис. 3.21. Диск с ребордой для однодискового сошника (вариант 1)

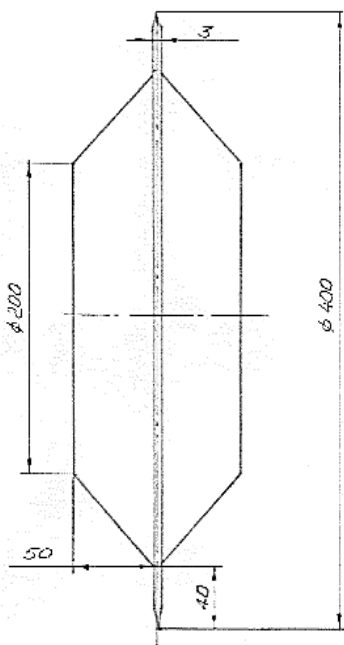


Рис. 3.22. Диск с ребордой для однодискового сошника (вариант 2)

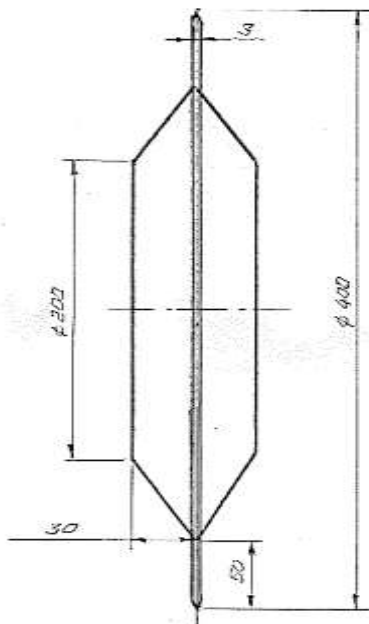


Рис. 3.23. Диск с ребордой для однодискового сошника (вариант 3)

3.3.2. Новые образцы высокоскоростных дисковых сошников

Макетные образцы однодисковых сошников с симметричными ребордами-бороздкообразователями (рис. 3.24–3.26) изготовлены на базе плоских дисков толщиной 3 мм, диаметром 400 мм. Диаметр внешней стороны реборды 200 мм, угол конуса реборды 30°.

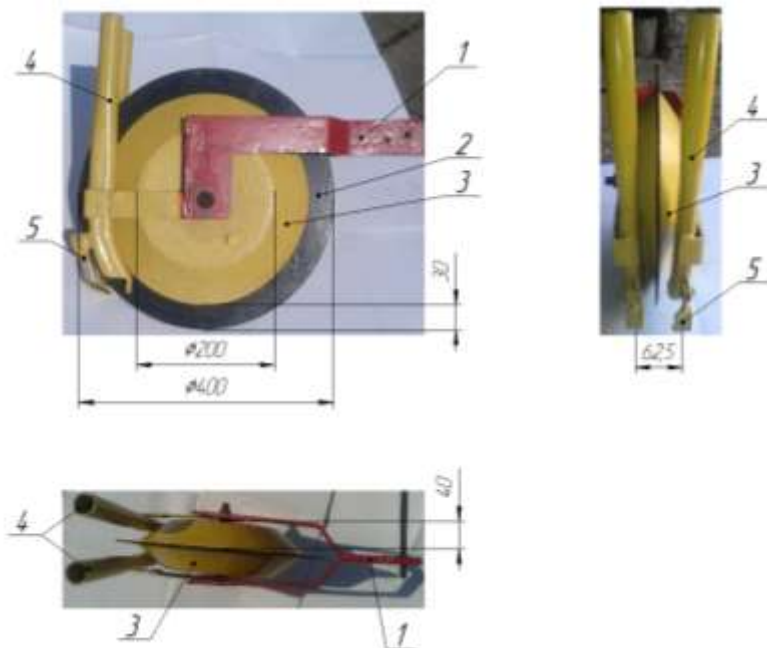


Рис. 3.24. Новый макетный образец однодискового сошника с внешними симметричными ребрами-бороздкообразователями (вариант 1):
 1 – корпус сошника; 2 – диск; 3 – ребра-бороздкообразователь;
 4 – семянаправитель; 5 – клапан семянаправителя

Макетный образец первого варианта изготовления имеет следующие конструктивные размеры:

- толщина реборды – 40 мм;
- расстояние от кромки диска до реборды – 30 мм.

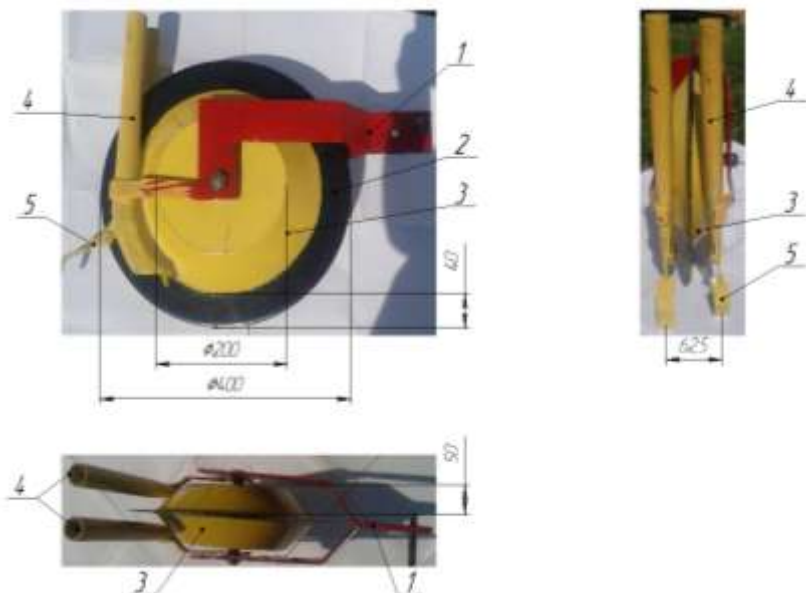


Рис. 3.25. Новый макетный образец однодискового сошника с внешними симметричными ребрами-бороздкообразователями (вариант 2):
 1 – корпус сошника; 2 – диск; 3 – ребра-бороздкообразователь;
 4 – семянаправитель; 5 – клапан семянаправителя

Макетный образец второго варианта изготовления имеет следующие конструктивные размеры:

- толщина реборды – 50 мм;
- расстояние от кромки диска до реборды – 40 мм.

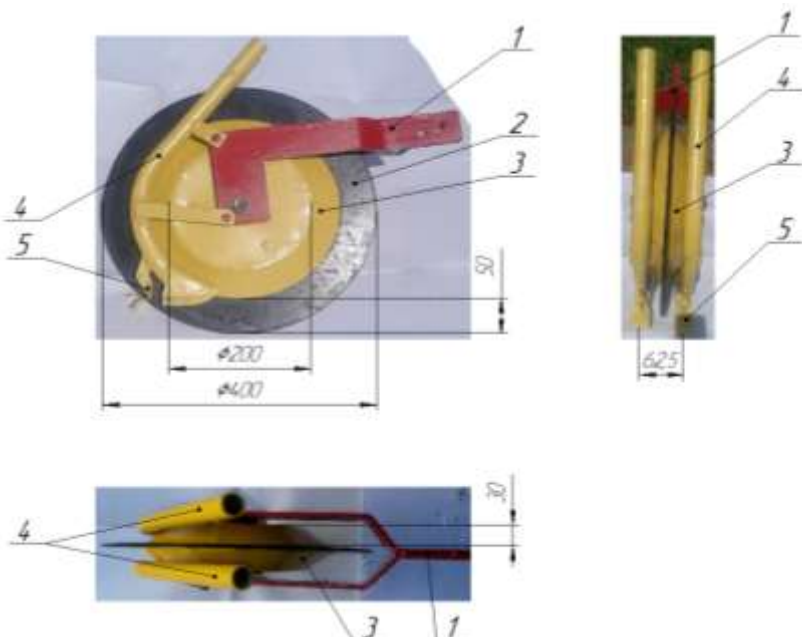


Рис. 3.26. Новый макетный образец однодискового сошника с внешними симметричными ребрами-бороздкообразователями (вариант 3):
 1 – корпус сошника; 2 – диск; 3 – ребра-бороздкообразователь;
 4 – семянаправитель; 5 – клапан семянаправителя

Макетный образец третьего варианта изготовления имеет следующие конструктивные размеры:

- толщина реборды – 30 мм;
- расстояние от кромки диска до реборды – 50 мм.

Однодисковые сошники изготовлены в трех вариантах для проведения отсеивающих экспериментов и лабораторных исследований полнофакторного эксперимента для установления оптимальных конструктивных и технологических параметров.

3.3.3. Апробация однодискового сошника с симметричными двухсторонними ребрами-бороздкообразователями для узкорядного посева зерновых культур

Апробация однодискового сошника проведена в почвенном канале УО БГСХА на скоростях 8,6 и 10,3 км/ч. Почва суглинистая, влажность почвы 14–16 %. Установочная глубина хода сошника (реборды-бороздкообразователя) 3 см.

Нами замерялась ширина бороздки, оставляемой после прохода однодискового сошника (3.27, 3.28).



Рис. 3.27. Вид на бороздку после прохода однодискового сошника на скорости 8,6 км/ч



Рис. 3.28. Вид на бороздку после прохода макетного образца
однодискового сошника на скорости 10,3 км/ч

4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные ранее нами изучение литературных источников и анализ теоретических и экспериментальных исследований показали, что за счет улучшения конструкции сошников и сошниковых групп сеялок и посевных агрегатов можно увеличить скорость движения агрегатов при посеве до 15 км/ч, что позволяет значительно повысить производительность посевных агрегатов, снизить расход топлива на проведение данной технологической операции, уменьшить смещение и перемешивание почвы и семян в процессе посева [43, 44]. Поэтому первой задачей лабораторно-полевых исследований было установление степени повышения качества сева и производительности сеялок на посеве зерновых культур за счет использования предлагаемых двухдисковых сошников.

Вторая задача экспериментов состояла в том, чтобы сравнить показатели качества работы селекционной сеялки с макетными образцами двухдисковых сошников на посеве сельскохозяйственных культур.

Третья задача лабораторно-полевых исследований заключалась в том, чтобы установить влияние скорости движения посевных агрегатов, оборудованных экспериментальными сошниковыми группами, на агротехнические показатели их работы.

В результате исследования предполагалось выбрать наиболее совершенные сошниковые группы для посева зерновых культур в условиях Могилевской области и определить скорость движения агрегатов, при которых разработанные сошниковые группы дают наилучшие результаты.

Лабораторные исследования проводились на учебном комплексе кафедры механизации и практического обучения УО БГСХА.

В основу определения условий работы сошников, разбивки опытных участков на делянки и определения качественных показателей посева была принята методика УП «Белорусская МИС».

Объектом исследований являлась экспериментальная механическая селекционная сеялка с предлагаемыми двухдисковыми сошниками с дисками диаметром 300; 325 и 350 мм и толщиной 1,0; 1,5 и 2,5 мм с ребордами-бороздкообразователями (рис. 4.1). Реборда представляет собой усеченный конус, прилегающий к диску сошника с диаметрами: а) 255 мм; б) 260 мм; в) 265 мм; на вершине реборды – 220 мм; высота

конуса 15...25 мм. Двухдисковый сошник с ребрами-бороздко-образователями установлен без угла атаки. Сошники придавливаются к почве с помощью пружин, установленных на штангах (рис. 4.2). Работа макетного образца двухдискового сошника показана на рис. 4.1–4.5.



Рис. 4.1. Макетный образец двухдискового сошника с ребровой-бороздкообразователем в почве



Рис. 4.2. Макетный образец двухдискового сошника без угла атаки дисков при давлении пружины 160 Н (16 кг)



Рис. 4.3. Селекционная сеялка при высеве семян двухдисковыми сошниками с ребрами-бороздкообразователями



Рис. 4.4. Экспериментальная сеялка с двухдисковыми сошниками (вид сзади) на опытной делянке



Рис. 4.5. Вид на опытную делянку после прохода селекционной сеялки с двухдисковыми сошниками и коническими бороздкообразователями-уплотнителями при скорости движения 14 км/ч

Во время проведения лабораторно-полевых опытов исследовались экспериментальные образцы двухдисковых сошников на различных скоростях, при различных давлениях на глубине заделки семян 1...3 см.

Степень прижатия пружин определяли с помощью динамометра со шкалой измерения до 200 Н. Нами определялась глубина заделки семян двухдисковым сошником в трех положениях штанги: нижнем, среднем и верхнем. Межрядковые расстояния у двухдисковых сошников составляли 12,5 см.

Для изменения глубины хода дисков использовались пружины, аналогичные установленным на сеялках СЗ-3,6, СЗ-5,4. Все параметры установки макетных образцов дисковых сошников были оставлены такими же, как и у серийных сеялок СЗ-3,6, СЗ-5,4.

Стандартной методики исследования предлагаемых дисковых сошников с бороздкообразователями-уплотнителями пока не предложено. В основу определения условий работы двухдисковых сошников, разбивки опытных участков на делянки и определения качественных показателей посева была принята методика ГУ «Белорусская МИС».

Исследования проводились на участке опытного поля полигона, который был разбит на делянки для выполнения трех проходов вперед и назад. Длина участка была принята равной 100 м, учетной делянки – 50 м.

Проведение опытов со всеми вариантами исследований осуществлялось на трех скоростях движения (6, 10 и 14 км/ч) и при трех различных давлениях двухдисковых сошников на почву (120, 160 и 200 Н).

Количество делянок, на которых проводились исследования, равнялось 9.

При применении методики лабораторно-полевых исследований экспериментальной селекционной сеялки с макетными образцами двухдисковых сошников задача решалась по существующим отраслевым стандартам.

Структура проведения исследований представлена в табл. 4.1.

Определение усилий давления пружин на сошники у пневматических универсальных сеялок СПУ-6, С-6 и селекционной сеялки СН-10 с макетными образцами двухдисковых сошников проводили в стационарных и полевых условиях. На сеялке С-6 были установлены однодисковые сошники, а на сеялке СПУ-6 – килевидные. Усилие пружин измеряли динамометром в трех положениях. Проведение замеров усилий пружин приведено на рис. 4.6–4.9.

Таблица 4.1. Лабораторно-полевые исследования двухдисковых сошников с коническими ребрами-бороздкообразователями

№ опыта	Давление сошников на почву без усилия пружины и с усилием пружины, Н		
	Сеялка СПУ-6 с килевидными сошниками	Сеялка С-6 с однодисковыми сошниками	Селекционная сеялка с двухдисковыми сошниками с ребрами-бороздкообразователями
1	Без усилия пружины	Без усилия пружины	Без усилия пружины
2	60	120	120
3	80	140	160
4	100	160	200



Рис. 4.6. Определение усилия давления пружины на двухдисковый сошник с ребрами-бороздкообразователями (на нижнем отверстии штанги)



Рис. 4.7. Определение усилия давления пружины на двухдисковый сошник с ребрами-бороздкообразователями (на верхнем отверстии штанги)



Рис. 4.8. Определение усилия давления пружины на однодисковый сошник пневматической сеялки С-6



Рис. 4.9. Определение усилия давления пружины на килевидный сошник пневматической сеялки СПУ-6

Лабораторно-полевые опыты проводились на опытном поле учебного полигона.

Объект исследований: машинно-тракторный агрегат (МТА): трактор Т-25А + селекционная механическая сеялка с двухдисковыми сошниками с ребордами-бороздкообразователями. Почва легкосуглинистая дерново-подзолистая. Влажность почвы 19...21 %.

Глубину заделки семян определяли по этиолированной части растений в 9 вариантах лабораторно-полевых опытов. Нами были выбраны три скорости движения: 1,67; 2,78 и 3,89 м/с. Машинно-тракторный агрегат – трактор Т-25А + экспериментальная сеялка, на которой были установлены три двухдисковых сошника с междурядьем 12,5 см. Кроме этого изменялось усилие нажатия двухдисковых сошников на почву (120, 160, 200 Н). Всего было проведено 9 опытов ($3 \cdot 3 = 9$). При проходе двухдискового сошника замерялась глубина заделки семян за двумя дисками. Общая повторность опытов 6-кратная.

Установленная глубина заделки семян сошниками – 2 см.

Варианты исследований:

– давление сошников на почву: $P_1 = 120$ Н (12 кг); $P_2 = 160$ Н (16 кг); $P_3 = 200$ Н (20 кг);

– скорость движения МТА: при $v_1 = 1,67$ м/с (6 км/ч) – пониженная; при $v_2 = 2,78$ м/с (10 км/ч) – рабочая; при $v_3 = 3,89$ м/с (14 км/ч) – повышенная.

Нами было проведено девять вариантов лабораторно-полевых опытов в трехкратной повторности. Длина учетной делянки 50 м.

Качество работы двухдисковых сошников с ребордами-бороздкообразователями оценивалось по следующим показателям:

- равномерность заделки семян по глубине;
- равномерность распределения семян по ходу движения агрегата.

Непосредственно перед посевом определяли физико-механические свойства почвы (влажность, плотность, объемную массу). Повторность взятия образцов (рис. 4.10) была четырехкратной. После определения влажности каждой пробы подсчитывали среднюю влажность.

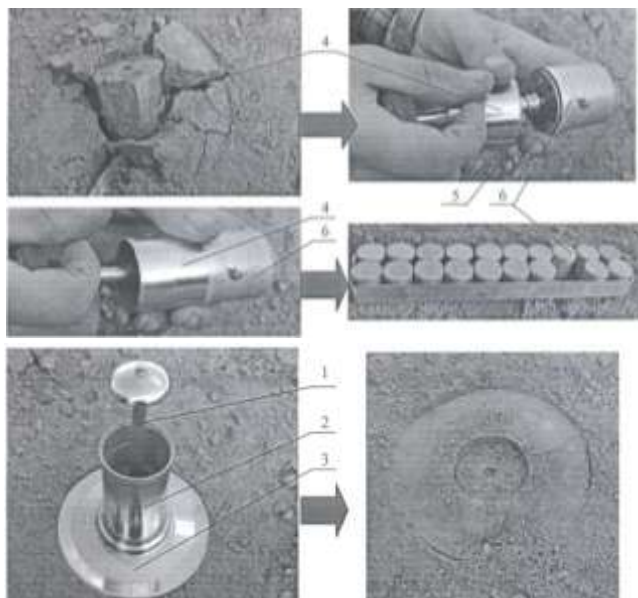


Рис. 4.10. Взятие образцов для определения влажности почвы:
 1 – поршень; 2 – направляющий цилиндр; 3 – опорный диск; 4 – гильза;
 5 – выталкиватель; 6 – бюкса

4.1. Определение твердости почвы в бороздках

Для измерения твердости почвы в бороздках (рис. 4.11, а) использовался твердомер конструкции Ревякина. Твердость определялась в слое почвы 0...5 см с трехкратной повторностью. Опыты проводились на средней суглинистой почве при ее влажности 13,6 % в слое 0...5 см, 17,1 % в слое 5...10 см и твердости до посева 0,13...0,16 МПа.

При измерении твердости почвы в бороздке твердомером конструкции Ревякина были получены диаграммы, представленные на рис. 4.11, б.

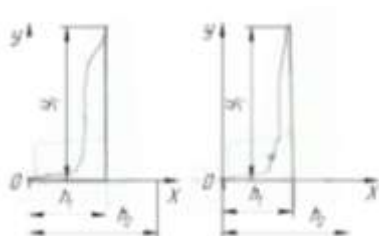
Среднюю твердость почвы в пределах участка h_2 , соответствующую постоянной твердости, по данным полученной диаграммы вычисляли по формуле

$$p = R / F, \quad (4.1)$$

где R – среднее сопротивление почвы вдавливанию штампа, Н;
 F – площадь поперечного сечения штампа, см ($F = 48 \cdot 106 \text{ см}^2$).



a



б

Рис. 4.11. Измерение твердости почвы в бороздках:
a – твердомер конструкции Ревякина; *б* – диаграммы твердости

Сопротивление почвы измерялось по сжатию пружины:

$$R = \delta y_{\text{ср}}, \quad (4.2)$$

где δ – масштаб (жесткость) пружины твердомера, Н/мм
($\delta = 784,8 \text{ Н/мм}$);

y – средняя ордината диаграммы (сжатие пружины), мм.

Так как при воздействии наконечника на почву сминаемая площадь остается неизменной, а возрастает лишь глубина вдавливания и вместе с ней усилие вдавливания, то можно принять, что R_1 сила сопротивления почвы смятию (до начала течения) пропорциональна объему вытесненной при смятии почвы, т. е.

$$R_1 = qv, \quad (4.3)$$

где R_1 – значение усилия в конце смятия, Н;

q – коэффициент пропорциональности или коэффициент объемного смятия почвы, Н/см³.

Сила определяется из диаграммы. Объем вытесненной при смятии почвы определяется площадью F штампа и глубиной h_1 его погружения:

$$v = Fh_1. \quad (4.4)$$

Тогда

$$q = R_1 / v. \quad (4.5)$$

При измерении твердости почвы в бороздке твердомером конструкции Ревякина была получена зависимость твердости почвы ρ от скорости движения агрегата v , что показано на диаграмме (рис. 4.12).

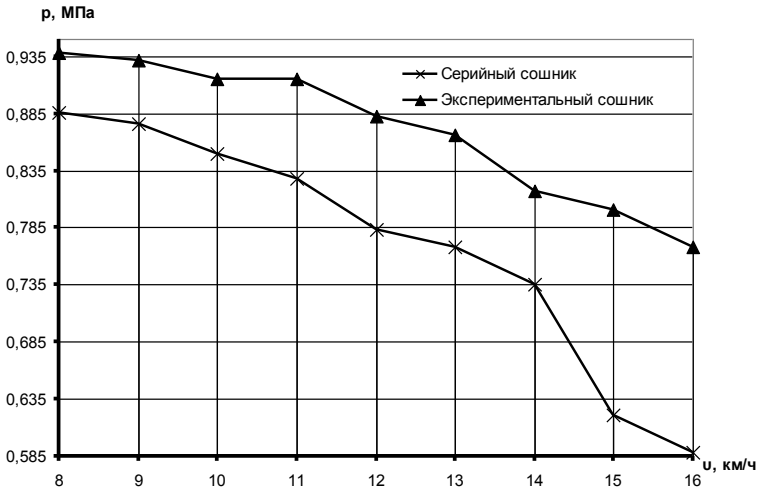


Рис. 4.12. Зависимость твердости почвы ρ от скорости движения агрегата v

Как видно из рис. 4.12, у экспериментального двухдискового сошника твердость почвы в бороздке намного больше, чем у серийного, и снижается плавно по сравнению с серийным, а от твердости почвы, как и от плотности, зависит всхожесть семян.

4.2. Методика измерений тягового сопротивления экспериментального сошника

Как известно, с увеличением скорости растут и тяговое сопротивление. Поэтому были проведены тяговые испытания экспериментальных двухдисковых сошников в сравнении с серийными.

Для испытаний использовали усилитель-преобразователь «Spider 8» (рис. 4.13, а), принимающий сигнал от тензометрических датчиков (рис. 4.13, б).

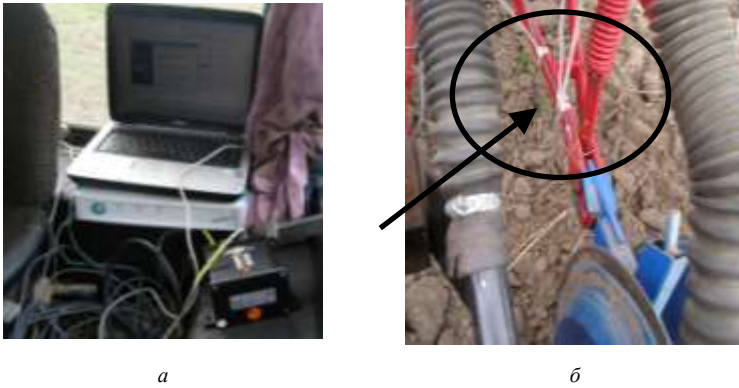


Рис. 4.13. Приборы для тяговых испытаний: *a* – преобразователь «Spider 8»; *б* – место установки тензометрических датчиков (схема размещения – полный мост с компенсацией температурных деформаций и изгибных напряжений)

По результатам испытаний была получена графическая зависимость тягового сопротивления сошника от рабочей скорости (рис. 4.14).

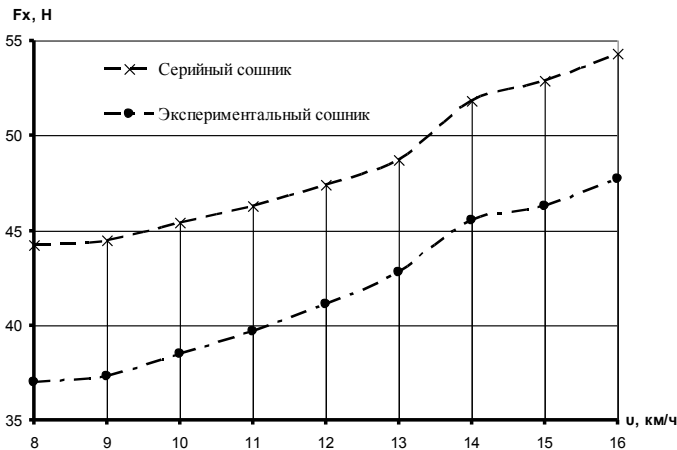


Рис. 4.14. Зависимость тягового сопротивления F_x сошника от рабочей скорости v

Из графика зависимости тягового сопротивления сошника от рабочей скорости видно, что с увеличением скорости растет значение со-

противления, но у экспериментального сошника оно на порядок ниже в сравнении с серийным.

При проведении исследований в полевых условиях использовалась передвижная лабораторная установка, оборудованная тензометрической аппаратурой (рис. 4.15) с программным обеспечением Carman (рис. 4.16).

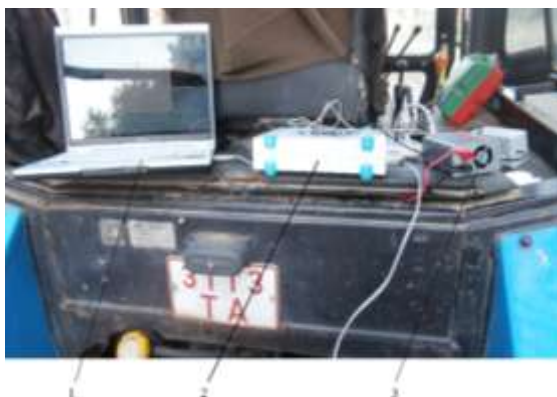


Рис. 4.15. Тензометрическая аппаратура: 1 – ПК; 2 – усилитель сигналов «Spider 8»; 3 – преобразователь напряжения

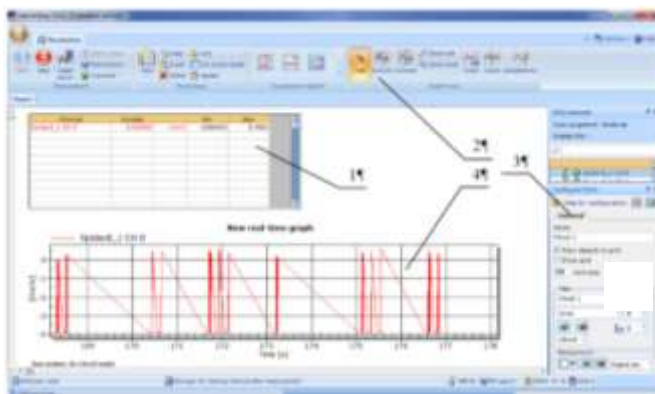


Рис. 4.16. Определение тягового сопротивления сошника с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями при помощи программного обеспечения Carman: 1 – таблица данных; 2 – панель задач; 3 – панель настроек; 4 – график реального времени

Определяли тяговое сопротивление исследуемых сошников, используя тензометрические датчики, наклеенные на поводок сошника по схеме полный мост (рис. 4.17, 4.18) при помощи усилителя сигналов «Spider 8».

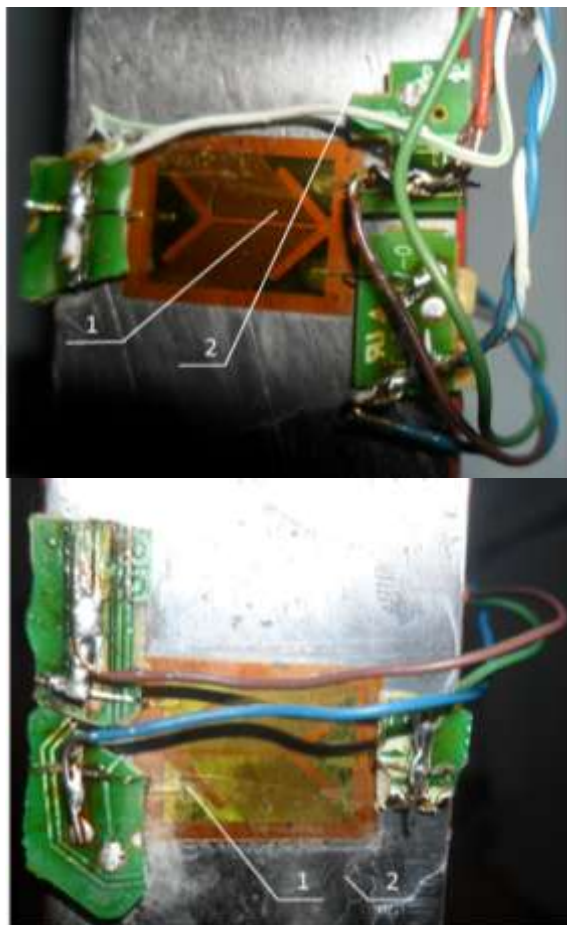


Рис. 4.17. Установки тензометрических датчиков на поводок сошника (по схеме полный мост) для определения тягового сопротивления: 1 – тензометрический датчик, 2 – поводок сошника



Рис. 4.18. Место установки тензометрических датчиков
(по схеме полный мост):
1 – корпус сошника; 2 – поводок; 3 – тензометрический датчик; 4 – провод многожильный; 5 – стойка с пружиной

Перед проведением полевых исследований по определению тягового сопротивления сошников осуществлялась настройка тензометрической аппаратуры с контрольной проверкой точности измерения.

4.3. Методика лабораторных исследований однодисковых сошников в почвенном канале

В настоящее время находит применение метод планирования эксперимента, который позволяет уменьшить число опытов в несколько раз, дает количественную оценку влияния изменяемых параметров, позволяет описать процесс математической моделью, решая которую можно определить оптимальные условия протекания процесса исследования сошников. Методика планирования эксперимента позволяет повысить производительность труда исследователя при проведении опытов и достоверность полученных результатов [31, 47–49].

Как отмечалось выше, основной целью работы является оптимизация параметров однодискового сошника с симметричными ребордами-бороздкообразователями, для достижения которой необходимо найти прежде всего количественные соотношения между эффектами параметров, оптимизировать параметры сошника и только после этого получать математическую модель.

4.4. Методика исследования значимости изменяемых технологических и конструктивных параметров однодискового сошника, влияющих на равномерность распределения семян по глубине

Исследования значимости параметров сошника, влияющих на равномерность распределения семян по глубине при посеве однодисковыми сошниками с симметричными ребордами-бороздкообразователями с изменяемыми параметрами: скорость движения сошника, толщина реборды, расстояние от кромки диска до нижней точки реборды, глубина хода реборды, давление пружины на сошник – предварительно проводились в почвенном канале кафедры сельскохозяйственных машин УО БГСХА. Были изучены и определены параметры однодискового сошника, влияющие на выходной параметр оптимизации, в качестве которого было принято среднее квадратическое отклонение глубины укладки семян, а также составлена матрица отсеивающего эксперимента (табл. 4.2).

Таблица 4.2. **Факторы и их уровни однодискового сошника с симметричными бороздкообразователями**

Наименование фактора и его значение	Уровень	
	нижний (-1)	верхний (+1)
1. Скорость движения сошника v , м/с	3,0	10,0
2. Толщина реборды-бороздкообразователя, мм	10,0	50,0
3. Расстояние от кромки диска до реборды l , мм	10,0	40,0
4. Глубина хода реборды однодисковых сошников h , мм	0,01	0,08
5. Усилие пружины, действующей на сошник, F_n , Н	100	200

Перед проведением опыта почву рыхлили, увлажняли и перемешивали. Влажность почвы определяли весовым методом.

По полученным результатам определяли среднее значение объемной массы почвы и влажности. Посев зерновых культур проводили на

двух почвах с различной влажностью. Затем определяли количество взошедших растений с учетом глубины их заделки по этиолированной части.

Находили среднее арифметическое значение глубины заделки семян и среднее квадратическое отклонение. По результатам экспериментального отсеивания факторов была построена диаграмма эффектов факторов.

4.5. Методика лабораторных поисковых исследований

Для разработки конструкций и определения оптимальных параметров однодисковых сошников, предназначенных для заделки семян высеваемых культур на нужную глубину, необходимо последовательно провести ряд поисковых и лабораторных исследований, результаты которых будут являться данными для однофакторного и многофакторного анализа.

Реализация многофакторного эксперимента (с большим числом факторов) представляет собой сложную задачу, требующую много сил и времени. Поэтому в процессе его реализации поставим перед собой следующие задачи:

1. Аналитически отсеять незначимые факторы и получить тем самым математические модели изучаемых процессов более простого вида.

2. На основании данных моделей найти оптимальные значения результирующих факторов в пределах варьирования независимых факторов.

3. Из решения компромиссной задачи определить наиболее рациональные границы варьирования изучаемых факторов и оценить возможные значения критериев оптимизации.

В связи с этим разрабатываемая методика лабораторных и экспериментальных исследований должна позволять:

– варьирование конструктивных и технологических параметров в нужных пределах;

– определение значимости влияния данных параметров на оптимизируемые (результатирующие) параметры;

– установление функциональных связей конструктивных и технологических параметров с оптимизирующими параметрами;

– статистическую проверку достоверности и значимости этих связей;

– установление предварительных параметров исследуемого типа сошника.

Это, в свою очередь, должно позволить осуществить обоснование окончательной конструктивной схемы высокоскоростного однодискового сошника с симметричными ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева и выработать методику его расчета.

Методика поисковых экспериментальных исследований реализовывалась в три этапа:

1. Осмысление факторов, вошедших в экспериментальные исследования. Целью данного этапа является уменьшение числа факторов, влияющих на определение хотя бы одной из границ варьирования (условий или связей) для каждого из независимых факторов, для целенаправленного и контролируемого проведения экспериментов на основании априорной информации о факторах и теоретического их анализа.

2. Лабораторные исследования, которые должны включать: поисковые однофакторные эксперименты; многофакторные эксперименты и их статистическую оценку. Целью данного этапа является определение эффективной конструктивной схемы скоростного сошника для узкорядного посева и его параметров работы на основании полученных математических моделей.

3. Производственные испытания. Их цель – проверка эффективности работы предложенного сошника в условиях узкорядного посева, а также подтверждение адекватности результатов исследований и полученных моделей.

Достоверность получаемых экспериментальных исследований была обеспечена повторностью их проведения.

4.6. Установка, приборы и оборудование в лабораторных исследованиях однодисковых сошников с минимальным углом атаки

Для выполнения лабораторных исследований по намеченной методике были изготовлены макетные однодисковые сошники, установка и другое оборудование:

– однодисковые сошники с симметричными ребордами с изменяющимися параметрами;

– механическая установка для лабораторных исследований однодисковых сошников;

– лабораторно-полевая установка для лабораторно-полевых исследований однодисковых сошников.

Кроме того, использовались следующие измерительные приборы, инструменты и оборудование: динамометр, индикатор, штангенциркуль, секундомер, мерная лента, линейка, рамка, профилометр, цилиндр для взятия проб почвы, бьюксы, весы, сушильный шкаф, динамометрическая автосцепка для навешивания лабораторной установки и присоединения ее к тяговой тележке в почвенном канале.

Была подготовлена почва к лабораторным исследованиям (рис. 4.19).



Рис. 4.19. Подготовка почвы (почва суглинистая) к поисковым исследованиям с выравнителем, установленным на тяговую тележку

Переоборудованная селекционная сеялка СН-10 была присоединена к тяговой тележке. В задней части тяговой тележки навешена рама, на которую устанавливались исследуемые установки. Рама может регулироваться по высоте. Перед проведением лабораторных исследований дисковых сошников на раму был присоединен выравнитель. Затем было проведено выравнивание почвы для того, чтобы сошники при исследовании находились в одинаковых условиях.

4.7. Лабораторная установка для исследования однодисковых сошников с минимальным углом атаки диска

Для замера основных выходных показателей равномерности заделки семян по глубине нами изготовлена лабораторная установка,

позволяющая высевать семена зерновых культур (рис. 4.20). Установка представляет собой переоборудованную сеялку СН-10 шириной 1,5 м.

Она состоит из рамы, семенного ящика, опорно-приводных колес, высевających аппаратов, поводков с пружинами, к которым присоединены три однодисковых сошника. Сошники присоединены слева направо соответственно с ребордой шириной 40, 30 и 50 мм.



Рис. 4.20. Подготовка однодисковых сошников с изменяемой шириной реборды к лабораторным поисковым исследованиям

Для измерения влияния усилия нажимной пружины на однодисковые сошники при давлении 250, 350 и 450 Н использовался динамометр (рис. 4.21).



Рис. 4.21. Подготовка к поисковым исследованиям однодисковых сошников с изменяемым давлением

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1. Результаты экспериментальных исследований двухдискового сошника

5.1.1. Исследование зависимости ширины бороздки от скорости движения посевного агрегата (дисков)

В результате исследований установлено, что с повышением скорости движения двухдискового сошника (рис. 5.1) ширина бороздки увеличивается почти прямо пропорционально скорости до ее значения, равного 3,4 м/с. Затем увеличение ширины бороздки замедляется при скорости от 3,4 до 4 м/с. Это объясняется тем, что реборды-бороздкообразователи имеют определенную ширину, а после того как усеченно-коническая часть реборды полностью заглобляется, увеличение ширины бороздки прекращается. В проведенных нами лабораторно-полевых исследованиях ширина бороздки за правыми и левыми дисками была не более 0,05 м. Это дает возможность предполагать, что расстановка дисков на корпусе сошника с предлагаемыми ребордами-бороздкообразователями может осуществляться с междурядьем, близким к 0,1 м, вместо существующего в настоящее время расстояния между соседними рядками 0,125 м у всех посевных машин.

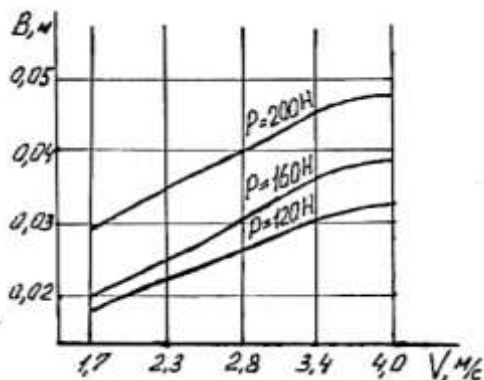


Рис. 5.1. Зависимость ширины бороздки от скорости движения и давления на двухдисковый сошник с нулевым углом атаки дисков и внешними усеченно-коническими ребордами-бороздкообразователями

Это предположение подтверждается видом на опытную делянку (рис. 5.2). На рисунке видно, что между правым и левым дисками двух соседних сошников имеется запас необработанной почвы после прохода модернизированной сеялки на скорости 4 м/с. При данной скорости движения МТА (трактор Т-25А + модернизированная селекционная сеялка с двухдисковыми сошниками с внешними усеченно-коническими ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки дисков) заброс почвы на соседние бороздки отсутствует. Поле после прохода машинно-тракторного агрегата остается ровным. Все экспериментальные двухдисковые сошники заделывают семена на одинаковую глубину.



Рис. 5.2. Вид на опытную делянку после прохода трактора Т-25 с модернизированной селекционной сеялкой с экспериментальными двухдисковыми сошниками, расставленными в один ряд, с расстоянием между соседними рядками 0,125 м и скоростью движения 4 м/с

Установка рабочих дисков с углом атаки и крена 0° на двухдисковом сошнике позволяет уменьшить до минимума отброс почвы в стороны от диска с ребордами. В процессе работы предлагаемого сошника с дисками с ребордами-бороздкообразователями происходит одновременно выдавливание бороздок, уплотнение их, а также ограничение глубины заделки семян. Установка дисков с углом атаки 0° позволяет работать при скорости движения сеялок 3...4 м/с и более и при этом уменьшать до минимума отброс почвы в стороны. Это дает возможность произвести расстановку сошников в один ряд с расстоянием между рядками семян 125 м и менее. Щель, образованная диском в почве, позволяет подтянуть влагу к уплотненному ребордой-бороздко-

образователем полуэллипсоидному уплотнению. Реборды-бороздкообразователи должны создавать плотность почвы $1,2 \dots 1,25 \text{ г/см}^3$ на глубине заделки семян согласно агротехническим требованиям [28]. Установка дисков с нулевым углом атаки на двухдисковом сошнике позволяет уменьшить тяговое сопротивление сошников и улучшить равномерность глубины заделки семян при работе на скоростях $3 \dots 4 \text{ м/с}$. Расстановка предлагаемых нами двухдисковых сошников позволит значительно уменьшить длину посевной машины, а у навесных сеялок уменьшить нагрузку на навесную систему трактора [39].

В результате проведенных лабораторно-полевых исследований установлено, что с увеличением скорости до 4 м/с и давлением винтовых пружин на двухдисковый сошник до 200 Н ширина раскрываемой борозды изменяется вначале прямолинейно, после $v = 3,4 \text{ м/с}$ ее рост замедляется, а при $v = 4 \text{ м/с}$ ширина будет иметь постоянную величину.

Экспериментальные двухдисковые сошники с междурядьем $0,125 \text{ м}$ были установлены на модернизированную селекционную сеялку в один ряд, и при агрегатировании ее со скоростью 4 м/с на опытном поле учебного полигона не было обнаружено забрасывания почвы на соседние рядки, а ширина бороздок, открываемых правым и левым дисками с усеченно-коническими ребордами-бороздкообразователями, не превышала $0,05 \text{ м}$.

5.1.2. Влияние скорости движения посевного агрегата и давления на двухдисковый сошник с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями на распределение семян по глубине

По результатам лабораторно-полевых исследований получены гистограммы распределения семян по глубине при изменении скорости движения посевного агрегата от $4,67$ до $3,89 \text{ м/с}$ и давления на экспериментальные сошники от 120 до 200 Н и более (рис. 5.3–5.5). С возрастанием давления до 200 Н на экспериментальный двухдисковый сошник при скорости $1,67 \text{ м/с}$ (6 км/ч) количество семян в слое $20 \dots 30 \text{ мм}$ увеличивается примерно на 6% .

В крайних слоях почвы (в верхнем $5 \dots 10$ -миллиметровом и нижнем $35 \dots 40$ -миллиметровом) количество семян снижается на $4 \dots 5 \%$. Мы считаем, что при давлении 200 Н экспериментальный двухдисковый сошник перемещается в вертикальной плоскости более стабильно, что подтверждается данными опыта, приведенными на рис. 5.3–5.5.

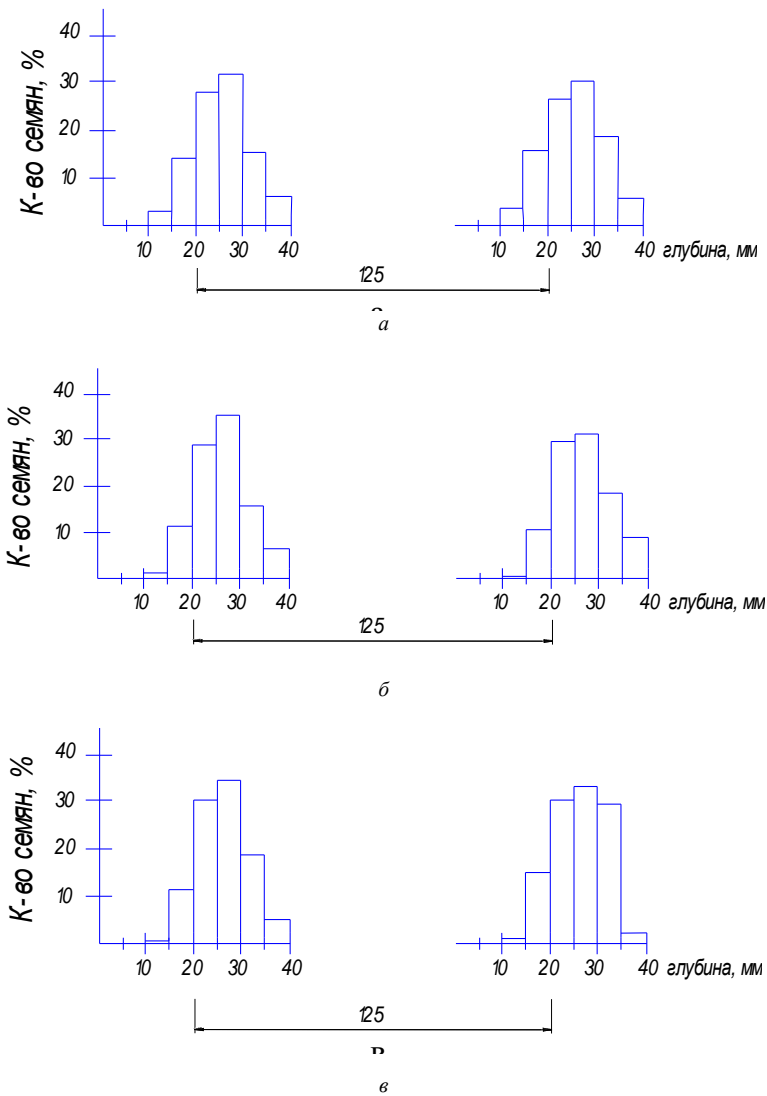
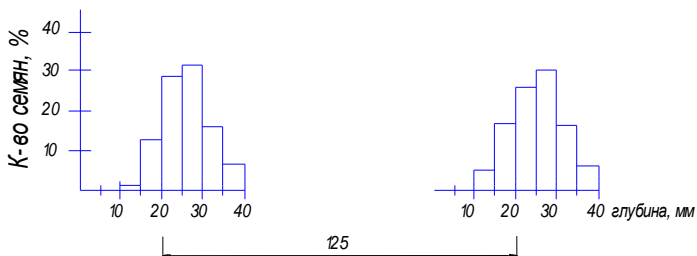
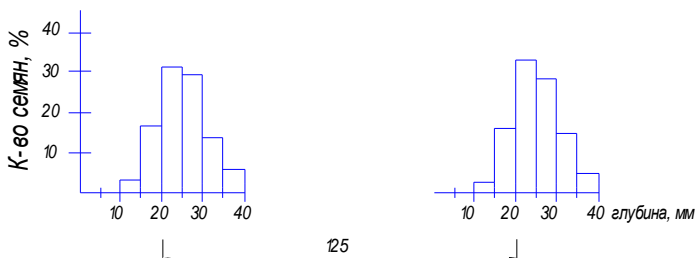


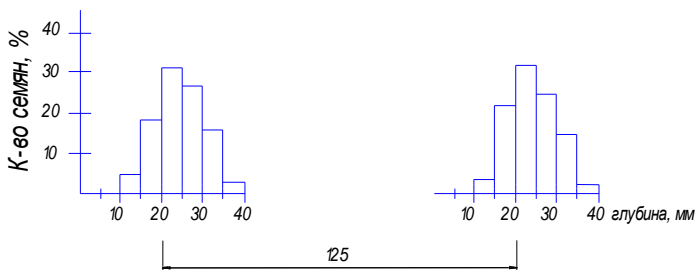
Рис. 5.3. Гистограммы распределения семян по глубине двухдисковым сошником с ребрами-бороздкообразователями с различными давлениями пружины на почву при скорости движения 1,67 м/с (6 км/ч): а – давление пружины на почву 120 Н; б – давление пружины на почву 160 Н; в – давление пружины на почву 200 Н



a



б



в

Рис. 5.4. Гистограммы распределения семян по глубине двухдисковым сошником с ребрами-бороздкообразователями с различными давлениями пружины на почву при скорости движения 2,78 м/с (10 км/ч): *a* – давление пружины на почву 120 Н; *б* – давление пружины на почву 160 Н; *в* – давление пружины на почву 200 Н

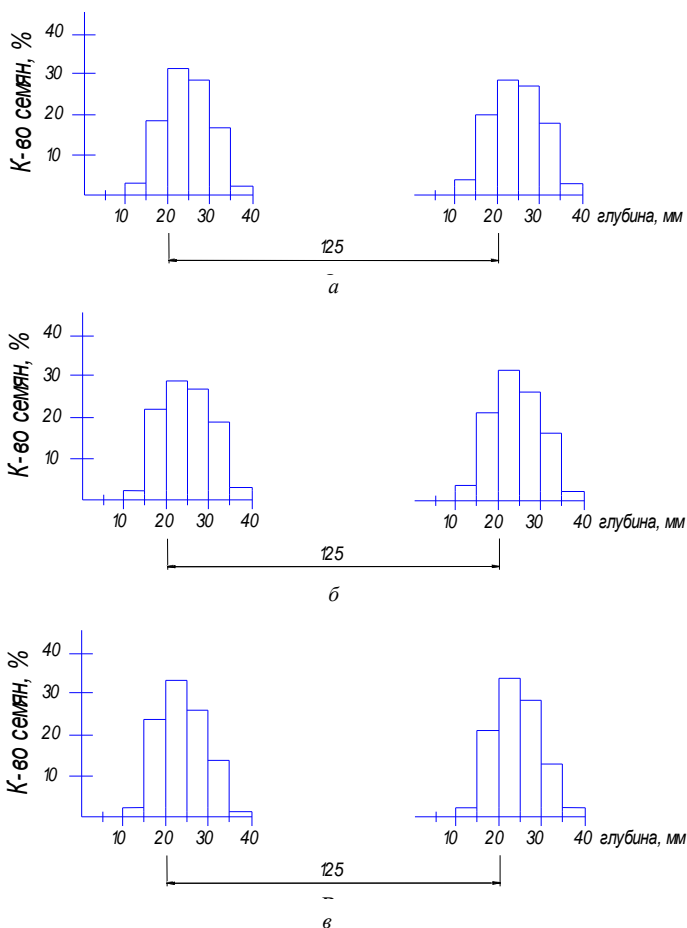


Рис. 5.5. Гистограммы распределения семян по глубине двухдисковым сошником с ребордами-бороздкообразователями с различными давлениями пружины на почву при скорости движения 3,89 м/с (14 км/ч): *a* – давление пружины на почву 120 Н; *б* – давление пружины на почву 160 Н; *в* – давление пружины на почву 200 Н

При скорости 2,78 м/с с увеличением давления с 120 до 200 Н происходит перераспределение семян по глубине их заделки. Например, происходит перераспределение семян из нижележащих слоев в верхние слои почвы. Так, в слое 25...30 мм произошло уменьшение коли-

чества семян на 5 %, а в слое 20...25 мм – увеличение на 2...3 %. Такая же закономерность наблюдается при распределении семян по глубине и в других слоях почвы.

При скорости 3,89 м/с с изменением давления на экспериментальный двухдисковый сошник также наблюдается небольшое перераспределение семян в вышележащие слои почвы. Так, например, в слое 20...25 мм количество семян повысилось на 5...6 %, а в слое 30...35 мм уменьшилось на 2...5 %.

Агротехническими требованиями по глубине заделки семян зерновых культур установлено, что 80 % семян должно заделываться в два смежных слоя. В нашем случае в два смежных слоя (15...25 мм и 25...35 мм) заделывается более 90 % семян.

По расчетным данным получена формула по определению глубины заделки семян h_c :

$$h_c = \sqrt{\frac{G}{10,75 + 0,00687v^2}}. \quad (5.1)$$

В табл. 5.1 приведены значения h_c , полученные опытным путем, относительные их различия в процентах, а также средние значения глубины h_c укладки семян на дне бороздки, стандартные отклонения, коэффициенты вариации, нижняя и верхняя границы доверительных интервалов в процентах.

Таблица 5.1. Результаты лабораторно-полевых опытов по глубине укладки семян в бороздки

Скорость агрегата v , км/ч	8	12	16	8	12	16	8	12	16
Давление пружины G , Н	120			160			200		
Среднее значение h_c по лабораторно-полевому опыту, см	3,49	3,01	3,17	3,97	3,53	3,59	4,12	4,05	4,10
Стандартное отклонение, см	0,43	0,54	0,49	0,38	0,48	0,43	0,42	0,44	0,55
Коэффициент вариации, %	12,39	17,98	15,53	9,63	13,65	11,90	10,74	10,89	13,32
Нижняя граница доверительного интервала, см	3,14	2,58	2,77	3,66	3,14	3,24	3,55	3,69	3,65
Верхняя граница доверительного интервала, см	3,84	3,44	3,58	4,28	3,92	3,94	4,23	4,41	4,55
Расчетная глубина, см	3,29	3,21	3,09	3,80	3,70	3,57	4,25	4,14	3,99
Отношение разности глубины h_6 и опытных данных к глубине h_c , %	-6,04	6,19	-2,49	-4,46	4,72	-0,51	3,03	3,23	-2,68
Разность $h_6 - h_c$, см	0,32	0,26	0,18	0,37	0,30	0,21	0,41	0,34	0,24

Анализ данных табл. 5.1 показывает, что стандартное отклонение по глубине укладки семян находится в пределах 0,38...0,55 см, а коэффициент вариации – в пределах 10,74...17,98 %.

Максимальное различие данных составляет около 6 %. В последней строке таблицы приведены значения разности $h_6 - h_c$. Отметим, что эта разность убывает с ростом скорости из-за подъема и более позднего осыпания почвы в бороздку и растет с увеличением давления пружины сошника G .

На рис. 5.6 приведен график зависимости глубины размещения семян на дне бороздки, раскрываемой двухдисковым сошником с усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями, при изменении скорости движения v и давления пружины сошника G . Из графика видно, что с увеличением скорости движения двухдискового сошника глубина бороздок h_6 и глубина укладки семян h_c уменьшаются. В то же время с повышением давления на сошник глубина бороздок h_6 и глубина укладки семян h_c увеличиваются.

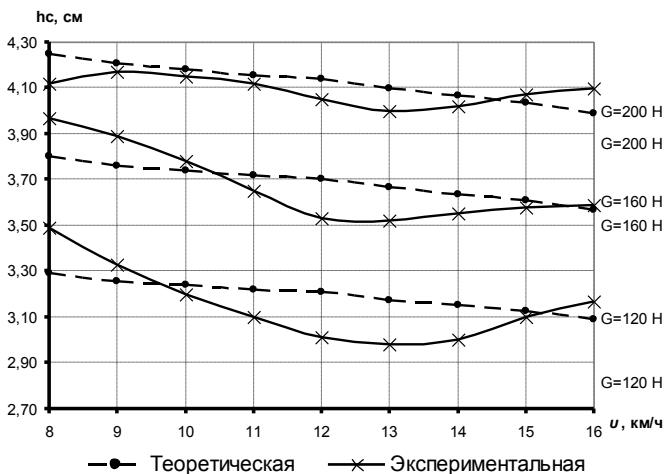


Рис. 5.6. График зависимости глубины укладки семян h_c от скорости движения v и давления пружины G

Значения разности между глубиной раскрываемой бороздки и глубиной укладки семян зерновых культур, определенные по теоретическим и экспериментально-теоретическим зависимостям, находятся в пределах 0,18...0,41 см. При этом они уменьшаются с повышением

скорости агрегата и увеличиваются с возрастанием давления прижатия двухдискового сошника к почве.

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата с однодисковыми сошниками и селекционной сеялки СН-10М с экспериментальными сошниками приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Урожайность ячменя при сравнительных испытаниях модернизированной селекционной сеялки с экспериментальными двухдисковыми сошниками и комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата с однодисковыми сошниками

Первый вариант			
1	45,7 ц/га	46,5 ц/га	2
3	46,1 ц/га	45,4 ц/га	4
5	45,3 ц/га	45,9 ц/га	6
7	45,6 ц/га	45,7 ц/га	8
Второй вариант			
9	45,1 ц/га	44,9 ц/га	10
11	46,2 ц/га	45,7 ц/га	12
13	46,1 ц/га	45,9 ц/га	14
15	45,8 ц/га	46,4 ц/га	16
Третий вариант			
17	45,4 ц/га	45,7 ц/га	18
19	44,8 ц/га	46,1 ц/га	20
21	45,3 ц/га	45,5 ц/га	22
23	46,3 ц/га	45,9 ц/га	24

На производственном участке РУП «Учхоз БГСХА» проведены испытания по методике, изложенной в 3-м разделе, по влиянию на урожайность ячменя посева семян модернизированной селекционной сеялкой СН-10М и комбинированным почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-3А. Исследовали в работе три агрегата.

В первом варианте при проведении почвообработки и посеве со скоростью 3 м/с средняя урожайность ячменя после прохода трактора «Беларус-2022» с комбинированным агрегатом АПП-3А составила 45,5 ц/га, а после прохода трактора «Беларус-2022» с почвообрабатывающей частью + посев модернизированной селекционной сеялкой СН-10М – 46,0 ц/га.

Во втором варианте при почвообработке и посеве комбинированным агрегатом на скорости 3 м/с средняя урожайность составила 45,8 ц/га, а при почвообработке на скорости 3 м/с и посеве сеялкой СН-10М при скорости 4 м/с – 45,7 ц/га.

В третьем варианте при работе комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата на скорости 3 и 4 м/с и посева сеялкой с экспериментальными сошниками урожайность составила 45,6 и 45,5 ц/га соответственно.

После закладки хозяйственных испытаний и появления всходов нами было обнаружено, что за экспериментальными двухдисковыми сошниками с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями полные всходы ячменя появились на два-три дня раньше, чем за однодисковыми сошниками серийного почвообрабатывающе-посевного агрегата. Однако глубина заделки семян ячменя, определяемая по этиолированной части растений, была неодинаковой. Так, если у серийных однодисковых сошников глубина заделки колебалась от 0,8 до 4,3 см, то у экспериментальных двухдисковых двухстрочных сошников – соответственно от 1,9 до 3,6 см. Средняя глубина заделки семян у однодисковых сошников, установленных в два ряда, составила 3,48 см, а у экспериментальных – 2,85 см, что на 12,2 % меньше.

При скорости $v \approx 4$ м/с у экспериментальных двухдисковых сошников наблюдалось уменьшение средней глубины заделки семян до 2,63 см, что на 10,8 %, меньше, чем при скорости $v \approx 3$ м/с. При работе серийных однодисковых сошников, установленных в два ряда на комбинированном почвообрабатывающе-посевном агрегате АПП-3А, происходило увеличение глубины заделки семян переднего ряда. Это было вызвано забрасыванием борозды диском, открывающим бороздку для семян второго ряда сошников, о чем свидетельствуют сравнительные исследования плавности хода сошников, представленные на рис. 5.7.

В результате проведенных опытов установлено, что экспериментальный двухдисковый сошник с ребордами-бороздкообразователями при скорости 1,67 м/с (6 км/ч) и усилия пружин 120 Н заделывает в слое почвы 1,0...2,0 см 60...70 % семян. С увеличением усилия прижатия сошников к почве до 160 Н (16 кг) количество семян, распределившихся в слое 1,0...2,0 см, составляло 65...73 %; при усилии прижатия сошников к почве 200 Н распределение семян в слое 1,0...2,0 см составило 70...75 %.

Исследовался также характер движения сошника при преодолении препятствия. Для этого после рыхления в почву закладывался на определенную глубину деревянный брус прямоугольного сечения, затем почва тщательно выравнивалась. После преодоления препятствия сошник совершал кратковременные затухающие колебания относительно положения равновесия. Высота подпрыгивания с увеличением

скорости резко возросла. Если при скорости движения 6,0 км/ч она почти не улавливалась и находилась в пределах 0,5 см, то при скорости 10,0 км/ч она составляла уже 1,0...2,0 см. С увеличением жесткости штанговой пружины высота подпрыгивания сошника над препятствием уменьшалась. В результате проведенных заездов по гребням высотой 2,7 см с интервалом 0,4 м при скорости 6,0 км/ч установлено, что сошник в данном случае практически не реагирует на встречающиеся неровности. Отклонения сошника в этом случае незначительны.

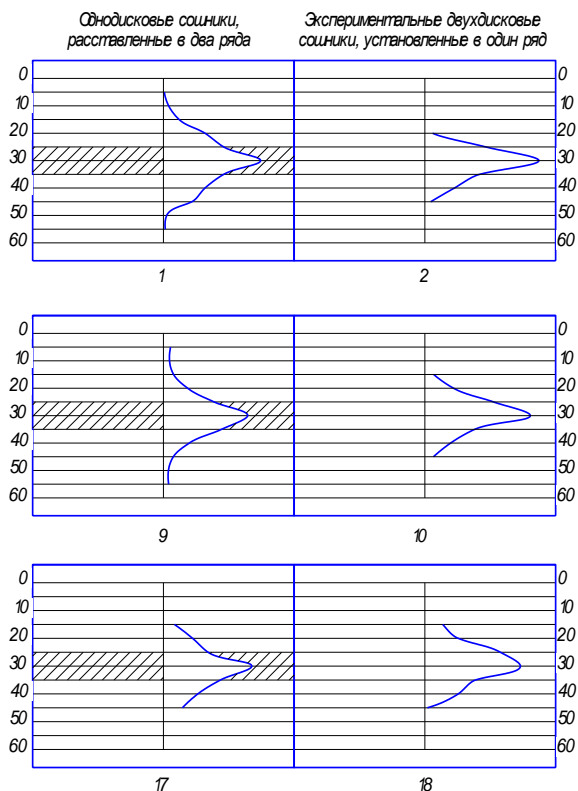


Рис. 5.7. Сравнительные исследования плавности хода экспериментальных двухдисковых и серийных однорисковых сошников селекционной сеялки СН-10М и почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-3А

Таким образом, все варианты опытов на посеве двухдисковыми сошниками обеспечивают более равномерное распределение заделки семян как по глубине посева, так и по ходу движения агрегата, чем серийные сошники современных зерновых сеялок СПУ-6, С-6 и СЗ-5.4. Это объясняется различием в конструкции сошников. Предлагаемая нами сошниковая группа имеет нулевой угол атаки и крена дисков. Это позволяет ей двигаться с большой скоростью (до 14 км/ч) без ухудшения качества посева.

5.1.3. Определение тягового сопротивления экспериментального двухдискового сошника

Тяговое сопротивление двухдискового сошника определяется как сумма горизонтальных составляющих всех видов сопротивления (рис. 5.8) и записывается уравнением (5.1).

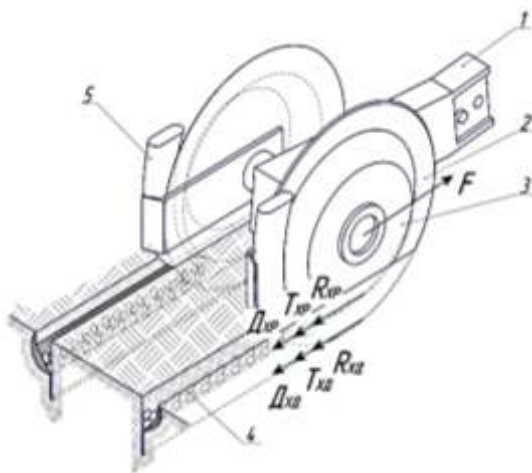


Рис. 5.8. Схема экспериментального двухдискового сошника для определения суммарного тягового сопротивления с приложением горизонтальных составляющих:
 1 – поводок; 2 – плоский диск; 3 – усеченно-конусная реборда-бороздообразователь; 4 – бороздка, открываемая ребордой;
 5 – семянаправитель

$$F = R_{\text{сп}} + R_{\text{зд}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{зд}} + D_{\text{сп}} + D_{\text{зд}}, \quad (5.1)$$

где F – суммарное сопротивление двухдискового сошника с нулевым углом атаки дисков с внешними односторонними ребордами, Н;

R_{xp} – горизонтальная составляющая тягового сопротивления реборды, Н;

R_{xd} – горизонтальная составляющая тягового сопротивления плоского диска, Н;

T_{xp} – горизонтальная составляющая тягового сопротивления от трения реборды, Н;

T_{xd} – горизонтальная составляющая тягового сопротивления от трения диска, Н;

D_{xp} – горизонтальная составляющая тягового сопротивления динамичных нагрузок реборды, Н;

D_{xd} – горизонтальная составляющая тягового сопротивления динамичных нагрузок диска, Н.

Поскольку формулы для всех составляющих получены ранее, можно выделить тяговое сопротивление двухдискового сошника с внешними односторонними усеченно-конусными ребордами [23]. Определим тяговое сопротивление двухдискового сошника с внешними односторонними усеченно-конусными ребордами при его следующих изменяемых конструктивных и технологических параметрах: диаметр плоского диска $D_d = 0,3 \dots 0,35$ м; диаметр реборды $D_p = 0,25 \dots 0,30$ м; ширина реборды $b_p = 0,01 \dots 0,04$ м; скорость движения экспериментального сошника $v = 1 \dots 5$ м/с (3,6...18 км/ч); вертикальная нагрузка на экспериментальный сошник $G = 100 \dots 600$ Н.

Эти конструктивные и технологические параметры были нами определены в результате предварительных исследований, а также исходя из работоспособности макетных образцов двухдисковых сошников с плоскими дисками, установленными с нулевым углом атаки, и внешними односторонними, симметрично установленными ребордами-бороздкообразователями.

Данные исследований экспериментального двухдискового сошника приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3. Зависимость тягового сопротивления от конструктивных и технологических параметров двухдискового сошника с нулевым углом атаки дисков и внешними усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями (Н)

v, км/ч	G, Н	$R = 0,15 \text{ м}, R = 0,175 \text{ м}, b_d = 0,04 \text{ м}, \mu = 45^\circ, \alpha = 20^\circ$			
		Повторность			
		I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6
3,6	100	20,350	22,506	25,850	–
	200	59,796	59,917	64,801	–
	300	109,153	104,280	109,538▲	118,030▲
	400	166,573	154,990	158,433	168,311
	500	231,440	210,760	211,618	221,606
	600	303,512	270,919	268,642	278,267
4,8	100	20,064	22,220	26,037	–
	200	58,762	59,169	63,790	–
	300	107,503	103,444	108,570▲	118,173▲
	400	165,044	153,241	158,114	168,663
	500	227,579	208,593	210,298	221,419
	600	298,408	267,718	266,706	278,135
6,0	100	19,437	21,846	25,619	–
	200	57,156	58,410	64,614	–
	•300	•104,819	•102,003	•108,251▲	•118,459▲
	400	159,764	151,195	156,409	168,399
	500	222,024	204,383	208,483	220,990
	600	290,147	263,670	264,000	276,606

1	2	3	4	5	6
7,2	100	18,656	21,516	25,707	–
	200	55,176	57,167	63,734	–
	•300	● 101,214	●100,276	●106,920▲	●118,602▲
	400	154,462	148,280	154,913	167,673
	500	214,478	200,618	206,690	219,681
	600	270,336	257,587	261,041	275,308
8,4	100	17,633	20,999	25,806	–
	200	52,646	56,045	63,756	–
	•300	● 97,339	●97,790	●106,018▲	●118,822▲
	400	148,764	144,683	153,076	167,222
	500	206,338	195,503	203,489	218,966
	600	268,840	251,152	256,729	273,251

Примечание.



– значение тягового сопротивления при постоянном давлении G при повторности I;



– значение тягового сопротивления при изменении скорости v движения сошника от 6,0 до 8,4 км/ч;



– значение тягового сопротивления при III–IV повторностях и изменении скорости v движения сошника от 3,6 до 8,4 км/ч.

Из табл. 5.3 видно, что при ширине усеченно-конусной реборды-бороздкообразователя $b_p = 0,03$ м и $b_p = 0,04$ м с увеличением скорости v движения сошника от 1,0 м/с до 5,0 м/с тяговое сопротивление двухдискового сошника уменьшается. Это связано с тем, что с увеличением скорости движения машинно-тракторного агрегата сошники имеют тенденцию к выглублению.

На рис. 5.9 приведены зависимости тягового сопротивления экспериментального двухдискового сошника с плоскими дисками, на которых с внешней стороны симметрично установлены усеченно-конусные реборды-бороздкообразователи.

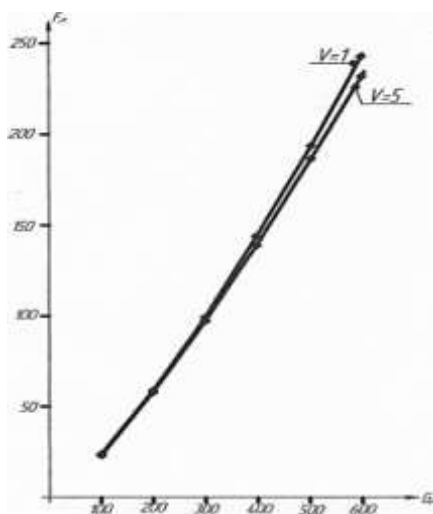


Рис. 5.9. Зависимость тягового сопротивления двухдискового сошника F от вертикальной нагрузки G при разных скоростях ($v = 1,0; 3,0; 5,0$ м/с) и ширине реборды ($b_p = 0,01$ м)

С изменением вертикальной нагрузки G от 100 до 600 Н на экспериментальный двухдисковый сошник увеличивается его тяговое сопротивление от 20 Н при $G = 100$ Н до 230 Н при $G = 600$ Н. Из графика, представленного на рис. 5.9, видно, что тяговое сопротивление сошника увеличивается в несколько раз. Исследования показывают, что вертикальная нагрузка G при различных скоростях движения оказывает существенное влияние на двухдисковый сошник.

В то же время скорость движения экспериментального двухдискового сошника не оказывает существенного влияния на его тяговое сопротивление. Заметно даже небольшое убывание тягового сопротивления с увеличением скорости движения сошника. Примерно такая же зависимость тягового сопротивления экспериментального двухдискового сошника от скорости движения и вертикальной нагрузки наблюдается и при ширине усеченно-конусной реборды $b_p = 0,03$ м (рис. 5.10). Так, например, видно, что при скоростях движения $v = 1,0$ и $5,0$ м/с двухдискового сошника при различных значениях вертикальной нагрузки тяговое сопротивление увеличивается незначительно.

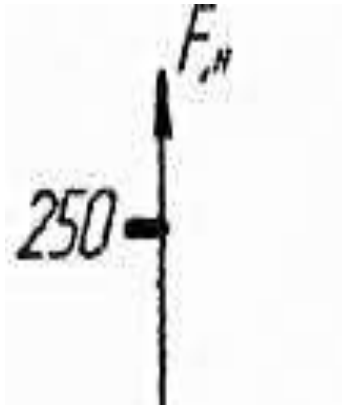


Рис. 5.10. Зависимость тягового сопротивления F экспериментального двухдискового сошника от давления G при скорости движения $v = 1,0; 5,0$ м/с и ширине реборды $b_p = 0,03$ м

На рис. 5.11 приведены зависимости тягового сопротивления экспериментального двухдискового сошника при изменении скорости движения от 1,0 до 5,0 м/с (3,6...18 км/ч) при различных значениях вертикальной нагрузки $G = 100...500$ Н. Так, при небольших значениях вертикальной нагрузки (100...300 Н) наблюдаются небольшие снижения тягового сопротивления (от 54 Н до 47 Н при $G = 200$ Н). При больших значениях вертикальной нагрузки (400...500 Н) снижение тягового сопротивления уменьшается более интенсивно – от 210 Н до 187 Н, например при $G = 500$ Н. Уменьшение тягового сопротивления вызвано тем, что с ростом скорости сошника наблюдается уменьшение глубины бороздки, которая существенно влияет на составляющую сил сопротивления.

На рис. 5.12 приведены зависимости тягового сопротивления F экспериментального двухдискового сошника от ширины реборды при различных значениях вертикальной нагрузки и трех скоростях движения рабочего органа. При скорости движения сошника 1 м/с (3,6 км/ч) и значениях вертикальной нагрузки $G = 100...200$ Н тяговое сопротивление увеличивается незначительно и эта зависимость близка к прямой.

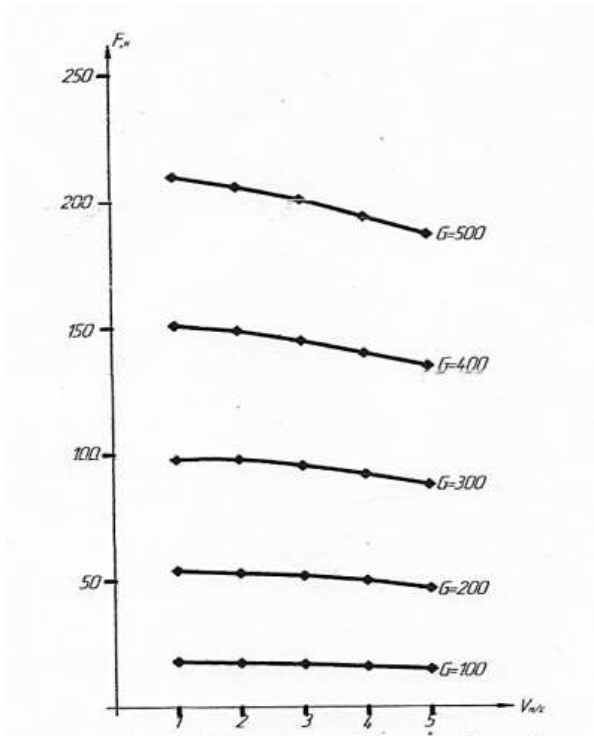


Рис. 5.11. Зависимость тягового сопротивления F экспериментального двухдискового сошника от скорости v при разных вертикальных нагрузках G и ширине реборды $b_p = 0,01$

С увеличением вертикальной нагрузки на сошник при изменении ширины реборды от 0,01 до 0,04 м тяговое сопротивление сначала убывает, а затем возрастает. Так, например, при значениях G , равных 300, 400 и 500 Н и изменении ширины реборды от 0,01 до 0,02 м уменьшение тягового сопротивления равно соответственно 5, 10 и 19 Н, что составляет 5; 6,6 и 9 %. Это объясняется тем, что глубина бороздки при увеличении ширины усеченно-конусной реборды b_p от 0,01 до 0,02 м вначале начинает незначительно уменьшаться, что приводит к снижению тягового сопротивления.

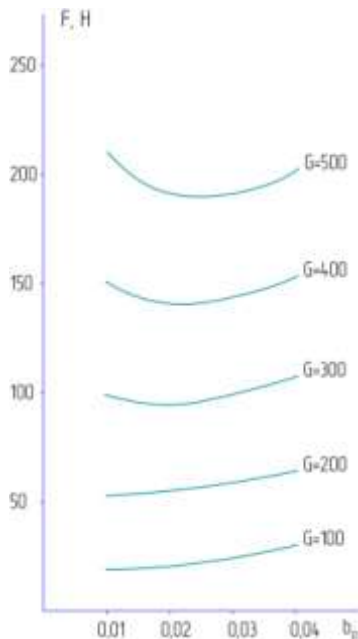


Рис. 5.12. Зависимость тягового сопротивления F экспериментального двухдискового сошника при изменении ширины b_p реборды-бороздкообразователя, вертикальных нагрузках G и скорости $v = 1,0$ м/с

В дальнейшем при увеличении ширины реборды b_p до 0,04 м происходит незначительное уменьшение глубины, но за счет увеличения ширины реборды и соответственно более широкой бороздки происходит увеличение тягового сопротивления. Так, при ширине реборды b_p до 0,04 м в сравнении с $b_p = 0,02$ м увеличение тягового сопротивления при значениях вертикальной нагрузки G , равных 300, 400 и 500 Н составляет соответственно 12,6; 8,6 и 6,3 %. Из представленных исследований видно, что с точки зрения энергосбережения наиболее приемлемой является ширина усеченно-конусной реборды $b_p = 0,02 \dots 0,03$ м.

Графики (рис. 5.13, 5.14) зависимости тягового сопротивления F от ширины реборды b_p подтверждаются также исследованиями, проведенными на скоростях $v = 3,0$ м/с (10,8 км/ч) и 5,0 м/с (18 км/ч) движения экспериментального двухдискового сошника в почве.

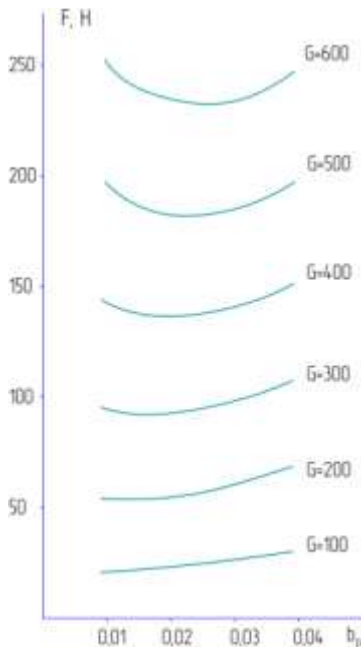


Рис. 5.13. Зависимость тягового сопротивления F экспериментального двухдискового сошника от ширины реборды b_p , вертикальных нагрузок G и скорости движения $v = 3,0$ м/с

Так, сопротивление F двухдискового сошника с увеличением скорости v до 3,0 и 5,0 м/с в сравнении с $v = 1,0$ м/с при всех значениях ширины реборды b_p и вертикальной нагрузки G незначительно снижается, что вызвано небольшим уменьшением глубины бороздки. Характер изменения зависимостей тягового сопротивления F при скоростях $v = 1,0; 3,0$ и 5,0 м/с остается идентичным.

Представленные на рис. 5.13, 5.14 графики зависимости тягового сопротивления F при изменении ширины b_p реборды-бороздкообразователя и скоростях движения $v = 1,0$ и 5,0 м/с, а также различных значениях вертикальной нагрузки на двухдисковый сошник показывают идентичные изменения тягового сопротивления.

Из графиков видно, что с увеличением скорости от 3,0 до 5,0 м/с при значении $G = 300$ Н снижение тягового сопротивления составляет около 4 %, а при значении $G = 600$ Н и ширине реборды $b_p = 0,02$ м –

соответственно $\approx 4,5\%$. С увеличением ширины реборды тяговое сопротивление повышается при скоростях $v = 3,0$ и $5,0$ м/с и вертикальной нагрузке $G = 300$ Н соответственно на $11,4$ и $10,8\%$.

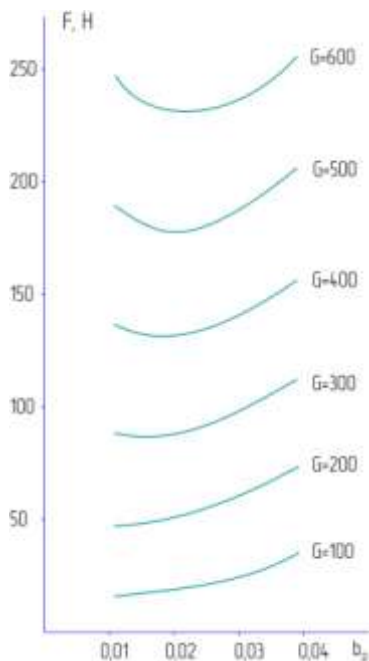


Рис. 5.14. Зависимость тягового сопротивления F экспериментального двухдискового сошника от ширины реборды b_p , вертикальных нагрузок G и скорости движения $v = 5,0$ м/с

Таким образом, проведенные исследования тягового сопротивления F двухдискового сошника с нулевым углом атаки дисков, на которых с внешней стороны симметрично закреплены усеченно-конусные реборды, показали хорошую работоспособность их при различных значениях конструктивных и технологических параметров, при невысоком тяговом сопротивлении $F = 250$ Н, при максимальных значениях ширины реборды b_p , вертикального давления G и скорости движения v .

На основании проведенных исследований установлено, что с увеличением скорости движения v до $5,0$ м/с экспериментального двух-

дискового сошника с усеченно-конусными ребрами-бороздкообразователями имеет место уменьшение тягового сопротивления, вызванное незначительным выглублением рабочих органов.

При увеличении ширины реборд-бороздкообразователей (при $b_p = 0,02$ м) происходит уменьшение тягового сопротивления, а затем при $b_p = 0,04$ м с увеличением скорости от 3,0 до 5,0 м/с возрастание его.

Таким образом, установка рабочих дисков без углов атаки и крена на двухдисковом сошнике с ребрами-бороздкообразователями-уплотнителями позволяет уменьшить до минимума отброс почвы в стороны от диска и снизить тяговое сопротивление сошника при работе на повышенных скоростях. Такая установка предлагаемого двухдискового сошника не создает боковых сил, что позволяет работать на скоростях движения 10...15 км/ч и более, при этом одновременно уменьшить до минимума разброс почвы в стороны. Это дает возможность расставлять сошники в один ряд с расстоянием между рядками семян 12,5 см и менее.

Разработанный нами сошник позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей; повысить всхожесть семян за счет использования реборд-бороздкообразователей, которые создают уплотненные ложа и обеспечивают прямолинейность движения двухдисковых сошников; устранить сгуживание и отброс почвы, а также сделать рациональным использование данных сошников при одновременном высеве семян в две бороздки за счет установки дисков вертикально и параллельно направлению движения.

Залипание и забивание рабочих органов не наблюдалось даже при повышенной влажности почвы. Повреждение и дробление семян двухдисковыми сошниками также не выявлены.

Экспериментальная двухдисковая сошниковая группа по равномерности и глубине заделки семян удовлетворяет агротехническим требованиям. В заданный агротехническими требованиями допуск заделывается до 95 % семян (по АТТ должно быть не менее 80 %).

В результате проведенных исследований установлено, что все варианты опытов на посеве двухдисковыми сошниковыми группами обеспечивают более равномерное распределение заделки семян как по глубине посева, так и по ходу движения агрегата по сравнению с серийными сошниками современных зерновых сеялок СПУ-6, С-6 и СЗ-5,4. Это объясняется различием в конструкции сошников.

5.1.4. Реализация результатов исследований

Исходя из всех приведенных выше исследований можно сделать вывод о том, что эффективнее всего использовать доработанный экспериментальный сошник с ребордами-бороздкообразователями со следующими конструктивными параметрами:

- диаметр плоских дисков – 334 мм;
- толщина плоских дисков – 3 мм;
- большой и малый диаметры реборды – 286 и 230 мм;
- толщина (высота) реборды – 27 мм;
- диаметр семянаправителя – 42 мм;
- радиус кривизны семянаправителя – 242 мм.

Согласно этим конструктивным параметрам были оформлены чертежи для изготовления опытной партии двухдисковых сошников с внешними усеченными коническими ребордами-бороздкообразователями в фирме ООО «Ремком» (г. Горки Могилевской области).

Экспериментальные сошники, установленные на модернизированную селекционную сеялку, успешно прошли хозяйственные испытания в РУП «Учхоз БГСХА». Эти двухдисковые сошники демонстрировались на международной выставке «Белагро» в 2010 и 2011 гг., а также на республиканских выставках. Модернизированная селекционная сеялка с экспериментальными сошниками прошла предварительные испытания на УП «Белорусская МИС». Испытания показали, что сошники удовлетворяют требованиям ТКП 078–2007 для посевных машин в Республике Беларусь. Аналитические, теоретические и лабораторно-полевые исследования использованы в отчетах по научно-исследовательской работе в рамках региональной и государственной программ научных исследований (ГПНИ) «Инновационные технологии в АПК» соответственно на 2006–2010 гг. и 2016–2018 гг. Экономическая эффективность оценивалась в сравнении с посевными машинами, на которые устанавливались серийно выпускаемые двухдисковые и экспериментальные двухдисковые сошники с внешними усеченными коническими ребордами-бороздкообразователями, позволяющими качественно работать на высоких скоростях.

5.2. Результаты экспериментальных исследований однодисковых сошников

5.2.1. Многофакторный эксперимент по построению линейной многофакторной регрессии

В своих экспериментах при движении к оптимуму результирующих факторов использовали шаговый метод [1, 2, 3]. Из векторного анализа известно, что направление самого быстрого изменения функции определяет ее вектор-градиент:

$$\overrightarrow{grad}(\varphi) = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \overline{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \overline{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} \overline{k} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_4} \overline{p}, \quad (5.3)$$

—

$\overline{i}, \overline{j}, \overline{k}, \overline{p}$ – орты координатных осей соответствующих факторов.

Установлено [4, 5], что координаты вектор-градиента в точке равны соответствующим коэффициентам регрессии полинома первой степени, который аппроксимирует поверхность отклика в окрестности рассматриваемой точки. Поэтому на первом шаге исследований искали коэффициенты $b_0, b_1, b_2, \dots, b_4$ линейной модели, аппроксимирующей экспериментальные данные:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4. \quad (5.4)$$

Для отыскания линейной модели факторы варьировали на двух уровнях, которые условно принимались «нижним» и «верхним» соответственно. В качестве этих уровней были взяты границы факторного пространства из табл. 5.4, помеченные знаками «-1» – нижний уровень, «1» – верхний уровень. При этом был реализован полнофакторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^4 с матрицей планирования X , имеющей 16 сочетаний уровней факторов (число опытов $N = 2^4 = 16$). На данном шаге использовали матрицу ПФЭ B_4 Бокса – Бенкина с двумя уровнями варьирования независимых факторов (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Матрица ПФЭ для построения линейной модели

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1	Y_2
1	1	1	1	1	1	0,0155	0,2005
2	1	1	1	1	-1	0,0185	0,1770
3	1	1	1	-1	1	0,0030	0,1020
4	1	1	1	-1	-1	0,0045	0,0815
5	1	1	-1	1	1	0,0095	0,2155
6	1	1	-1	1	-1	0,0130	0,1945
7	1	1	-1	-1	1	0,0025	0,1225
8	1	1	-1	-1	-1	0,0005	0,1050
9	1	-1	1	1	1	0,0014	0,1025
10	1	-1	1	1	-1	0,0030	0,0955
11	1	-1	1	-1	1	0,0005	0,0980
12	1	-1	1	-1	-1	0,0006	0,0970
13	1	-1	-1	1	1	0,0005	0,0985
14	1	-1	-1	1	-1	0,0020	0,0960
15	1	-1	-1	-1	1	0,0010	0,1055
16	1	-1	-1	-1	-1	0,0010	0,1095

После подтверждения на основании критерия Кохрена гипотезы об однородности ряда скорректированных дисперсий были определены эмпирические коэффициенты регрессии (табл. 5.5), которые в матричном виде подсчитывались по формуле

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y_j, \quad (5.5)$$

где B – вектор-столбец эмпирических коэффициентов регрессии;
 X – матрица ПФЭ;
 X^T – транспонированная к X матрица;
 $(X^T X)^{-1}$ – операция нахождения обратной матрицы к заданной;
 Y_j – вектор-столбец, составленный из результатов экспериментов по каждому из параметров.

Таблица 5.5. Коэффициенты линейной модели изучаемых процессов

Коэффициенты линейной модели	В кодированном виде			В раскодированном виде
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
b_0	0,004813	0,125063	-0,00875	0,048516
b_1	0,003563	0,02475	0,000867	0,00602
b_2	0,001063	-0,00581	0,10625	-0,58125
b_3	0,003113	0,022438	0,155625	1,121875
b_4	-0,00058	0,005563	$-5,7 \cdot 10^{-6}$	$5,56 \cdot 10^{-5}$

Для оценки качества полученных моделей и полноты набора объяснительных факторов, входящих в них, в своих исследованиях мы использовали такие статистические характеристики, как коэффициенты детерминации R^2 и множественной корреляции R , а также критерии Фишера (F -критерий) и Стьюдента (t -критерий). При этом использовали стандартные методики их определения, рассмотренные в работах [3, 5]. Статистическую оценку полученных моделей производили в прикладной программе Microsoft Excel при уровне значимости равном 0,05 (табл. 5.6).

Таблица 5.6. Статистические оценки линейных моделей многофакторного эксперимента

Статистические оценки	$Y_1 = -0,00875 + 0,000867x_1 + 0,10625x_2 + 0,155625x_3 - 5,7 \cdot 10^{-6}x_4$		$Y_2 = 0,048516 + 0,00602x_1 - 0,58125x_2 + 1,121875x_3 + 5,56 \cdot 10^{-5}x_4$	
R^2	0,72	72 % изменений функции отклика объясняются включенными в модель факторами	0,65	65 % изменений функции отклика объясняются включенными в модель факторами
R	0,85	Связь значительная	0,80	Связь значительная
F_0	7,30	R^2 незначим*	5,00	R^2 незначим*
t_{b0}	5,33	Значим**	1,06	Незначим*
t_{b1}	3,95	Значим**	3,22	Значим**
t_{b2}	1,18	Незначим*	-0,76	Незначим**
t_{b3}	3,45	Значим**	2,95	Значим**
t_{b4}	-0,64	Незначим**	0,72	Незначим**

*При $F_{кр} = 2,59$; **при $t_{кр} = 2,02$.

Анализ линейных моделей показал, что включенные в модели факторы не все являются значимыми, но они хорошо объясняют изменения результирующих факторов и между ними существует значительная связь. Однако сравнительная оценка расчетных и табличного критериев Фишера показала, что гипотезу об описании результатов экспериментов линейными моделями следует отвергнуть, поэтому в дальнейших исследованиях с целью изучения и описания области оптимума использовались модели более высокого порядка.

5.2.2. Многофакторный эксперимент по движению по градиенту к оптимуму

Несмотря на то, что линейные модели для рассматриваемых зависимостей оказались неадекватными, нами на основании полученных коэффициентов линейных регрессий в кодированном виде (см. табл. 5.5.) было проведено движение по градиенту. При этом нами преследовалась цель установить более благоприятные условия для проведения следующих стадий экспериментальных исследований.

Такое движение осуществляли путем пропорционального изменения факторов в зависимости от соответствующих коэффициентов линейной модели, которые являлись оценками координат вектора градиента. Движение начинали из центра плана (с нулевого уровня) путем добавления к нему последовательно шага, удвоенного шага, утроенного шага и т. д., тем самым получали условия мысленных опытов. При этом шаг движения по каждому фактору в натуральных единицах определяли по формуле

$$\Delta X_i = \pm a b_i I_i, \quad (5.6)$$

где a – коэффициент пропорциональности;

I_i – расстояние от центра плана по изучаемому фактору до любой из границ (в натуральных единицах).

Знак $+$ в формуле соответствует движению к максимуму функции отклика, а знак $-$ к минимуму. Коэффициент пропорциональности a выбирали после определения всех произведений $b_i I_i$. Наименьшее по абсолютной величине произведение для значимых в соответствующей модели факторов принимали за базу, т. е. $\min |b_i I_i| = b_6 I_6$. Тогда a определялось следующим образом:

$$a = I / b_6. \quad (5.7)$$

После установления шагов ΔX_i по каждому из факторов их корректировали до удобных для проведения эксперимента величин $\Delta X'_i$. Движение по градиенту продолжали до получения наилучшего значения функции отклика или достижения границ по каждому из факторов. При движении по градиенту фактор, достигший одной из границ области определения, фиксировался на этой границе, а движение по другим факторам продолжалось.

Незначимые факторы при движении по градиенту фиксировались на нулевом уровне. Результаты движения по градиенту по результирующим факторам показаны в табл. 5.7, 5.8.

Таблица 5.7. Результаты движения по градиенту для результирующего фактора Y_1

Факторы	x_1^*	x_2^{**}	x_3^*	x_4^{**}	Y_1	Примечание	
0-уровень	5,89	0,04	0,04	350		По результирующему фактору Y_1 $\min b_i I_i = 0,0000623$, т. е. $b_6 I_6 = 0,0000623$, $b_6 = 0,003113$, $a = 1/0,003113 = 321,2$	
I_i	4,11	0,01	0,02	100			
b_i	0,003563	0,001063	0,003113	-0,00058			
$b_i I_i$	0,014	$1,063 \cdot 10^{-5}$	$6,23 \cdot 10^{-5}$	-0,058			
Расчетный шаг ΔX_i	-4,7	-0,003	-0,02	18,7			
Скорректированный шаг $\Delta X'_i$	-1,94	-0,003	-0,01	20			
Движение по градиенту (при крутом спуске)							
Движение к оптимуму	1	5,89	0,04	0,04	350	0,0050	Точки в окрестности оптимума
	2	3,95	0,037	0,03	370	0,0021	
	3	2,01	0,034	0,02	390	0,0007	
	4	1,78	0,031	0,02	410	0,0005	
	5	1,78	0,030	0,02	430	0,0005	
	6	1,78	0,030	0,02	450	0,0004	

*Значимые в модели факторы; **незначимые в модели факторы.

Таблица 5.8. Результаты движения по градиенту для результирующего фактора Y_2

Факторы	x_1^*	x_2^{**}	x_3^*	x_4^{**}	Y_2	Примечание	
0-уровень	5,89	0,04	0,04	350		По результирующему фактору Y_1 $\min b_i I_i = 0,00045$, т. е. $b_6 I_6 = 0,00045$, $b_6 = 0,022438$, $a = 1/0,022438 = 44,57$	
I_i	4,11	0,01	0,02	100			
b_i	0,02475	-0,00581	0,022438	0,005563			
$b_i I_i$	0,10172	$-5,8 \cdot 10^{-5}$	0,00045	0,5563			
Расчетный шаг ΔX_i	-4,50	0,0026	-0,02	-25			
Скорректированный шаг $\Delta X'_i$	-1,94	0,0025	-0,01	-25			
Движение по градиенту (при крутом спуске)							
Движение к оптимуму	1	5,89	0,040	0,04	350	0,1255	Точки в окрестности оптимума
	2	3,95	0,0425	0,03	325	0,1055	
	3	2,01	0,045	0,02	300	0,0995	
	4	1,78	0,0475	0,02	275	0,0975	
	5	1,78	0,05	0,02	250	0,0985	

Эти исследования позволили установить зоны оптимального варьирования независимых факторов:

– по результирующему параметру Y_1 : $x_1 \in [1,78; 5,89]$, $x_2 \in [0,03; 0,04]$, $x_3 \in [0,02; 0,04]$, $x_4 \in [350; 450]$;

– для параметра Y_2 : $x_1 \in [1,78; 5,89]$, $x_2 \in [0,04; 0,05]$, $x_3 \in [0,02; 0,04]$, $x_4 \in [250; 350]$.

Исследования показали, что по результирующим параметрам Y_1 и Y_2 зоны оптимального варьирования независимых факторов x_1 и x_3 совпадают, а для независимых факторов x_2 и x_4 отличаются.

Так как нами предполагается использование испытуемых сошников для посева различных культур, для проведения дальнейших экспериментальных исследований целесообразно независимые факторы x_2 и x_4 зафиксировать на уровнях $x_2 = 0,04$, $x_4 = 350$, а для независимых факторов x_1 и x_3 рассмотреть соответствующие интервалы варьирования: $x_1 \in [1,78; 5,89]$, $x_3 \in [0,02; 0,06]$.

Установлено, что для более точного определения оптимума необходимо детальное изучение поверхности отклика в его окрестности, в которой, как правило, кривизна поверхности отклика сильно изменяется, поэтому линейную модель использовать уже нельзя. Необходимо искать нелинейные модели, содержащие целые степени факторов.

5.2.3. Многофакторный эксперимент по описанию области оптимума полиномом второй степени

Чаще всего для описания области оптимума используют полиномы второй степени. Планы, которые позволяют найти такие полиномы, называются планами второго порядка. В таких планах факторы варьировать по крайней мере на трех уровнях.

Для описания области оптимума нами использовались матрицы планирования B_2 , обеспечивающие максимально возможную точность предсказаний при числе факторов $m_{\phi} < 3$. Матрица планирования ПФЭ B_2 в кодированном виде при оставшихся двух независимых факторах x_1 и x_3 содержала 8 сочетаний и формировалась по принципу, указанному в табл. 5.9.

При этом для фактора x_1 под «1» понималось значение 5,89 м/с, под «-1» – 1,78 м/с, под «0» – 3,84 м/с. Соответственно для фактора x_3 под «1» понималось значение 0,06 м, под «-1» – 0,02 м, под «0» – 0,04 м.

Таблица 5.9. Матрица ПФЭ B_2 для построения квадратичной двухфакторной модели

№ опыта	x_0	x_1	x_3	Y_1	Y_2
1	1	1	1	0,0065	0,1395
2	1	-1	1	0,001525	0,0995
3	1	1	-1	0,002	0,1010
4	1	-1	-1	0,0005	0,1100
5	1	1	0	0,004	0,1060
6	1	-1	0	0,001	0,1005
7	1	0	1	0,0045	0,1025
8	1	0	-1	0,0015	0,0886

По полученным опытными данным производили расчет коэффициентов регрессии. В качестве матрицы X использовали расширенную матрицу вида

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{31} & x_{11} & x_{31} & x_{11}^2 & x_{31}^2 \\ 1 & x_{12} & x_{32} & x_{12} & x_{32} & x_{12}^2 & x_{32}^2 \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{18} & x_{38} & x_{18} & x_{38} & x_{18}^2 & x_{38}^2 \end{pmatrix}. \quad (5.8)$$

В результате последовательного исключения из моделей незначимых факторов были получены коэффициенты полиномов второй степени по каждому из результирующих факторов с учетом их значимости.

Вид этих зависимостей в натуральных единицах и их статистические оценки показаны в табл. 5.10.

Так как статистической оценкой математических зависимостей была подтверждена их адекватность при уровне значимости 0,05, то мы смогли утверждать, что погрешность вычислений при реализации полученных моделей не превысит 5 % в выбранном диапазоне варьирования факторов, а значит, их можно использовать для моделирования изучаемых процессов по выбранным нами критериям оптимизации Y_1 , Y_2 .

Далее с учетом полученных моделей второго порядка производили анализ поверхностей отклика с целью отыскания оптимума по каждому из параметров оптимизации и изучения поведения этих поверхностей в окрестности оптимума.

Таблица 5.10. Статистические характеристики квадратичных моделей эксперимента

Статистические оценки модели	$Y_1 = -0,00143 + 0,000799x_1 + 0,18871x_1x_3 - 0,0001x_1^2$		Статистические оценки модели	$Y_2 = 0,202733 - 0,03975x_1 - 2,64387x_3 + 0,298054x_1x_3 + 0,004014x_1^2 + 23,125x_3^2$	
R^2	0,997	99,7 % изменений функции отклика объясняются включенными в модель факторами	0,979	97,9 % изменений функции отклика объясняются включенными в модель факторами	
R	0,998	Связь сильная	0,989	Связь сильная	
F_0	5,78	R^2 значим*	3,45	R^2 значим**	
t_{b0}	-3,88	Значим ($t_{кр} = 2,77$)	t_{b0}	10,40	Значим ($t_{кр} = 4,3$)
t_{b1}	3,42	Значим ($t_{кр} = 2,77$)	t_{b1}	-5,87	Значим ($t_{кр} = 4,3$)
t_{b13}	24,97	Значим ($t_{кр} = 2,77$)	t_{b3}	-4,59	Значим ($t_{кр} = 4,3$)
t_{b1}^2	-3,42	Значим ($t_{кр} = 2,77$)	t_{b13}	6,00	Значим ($t_{кр} = 4,3$)
			t_{b1}^2	11,5	Значим($t_{кр} = 4,3$)
			t_{b3}^2	4,31	Значим($t_{кр} = 4,3$)

*При $F_{кр} = 7,35$; **при $F_{кр} = 6,02$.

Изучение поверхности отклика проводили методом двумерных сечений. Нахождение оптимальных параметров по критериям Y_1 , Y_2 , сводили к решению задач оптимизации:

I.

$$Y_1 = -0,00143 + 0,000799v + 0,18871v\Delta_{н.г}x_3 - 0,0001v^2 \rightarrow \min \quad (5.9)$$

при $v \in [1,78; 5,89]$ и настраиваемой глубине заделки семян от 0,02 до 0,06 м.

II.

$$Y_2 = 0,202733 - 0,03975v - 2,64387\Delta_{н.г} + 0,298054v\Delta_{н.г} + 0,004014v^2 + 23,125 \rightarrow \min \quad (5.10)$$

при $v \in [1,78; 5,89]$ и настраиваемой глубине заделки семян от 0,02 до 0,06 м.

В результате реализации этих моделей в Microsoft Excel были определены оптимальные скорости движения исследуемого сошника с точ-

ки зрения заделки семян на необходимую глубину по исследуемым параметрам оптимизации. По критерию σ_{Δ_3} при $v = 1,78$ м/с (6,4 км/ч).

На данном этапе нами была поставлена и решена задача отыскания оптимальных скоростей исследуемого сошника для посева на различную фиксированную глубину сельскохозяйственных культур с отклонением от установочной глубины не более 0,005 м и с образованием минимальной ширины бороздки.

Получены адекватные квадратичные модели изменения результирующих параметров от независимых факторов, которые позволяют в дальнейшем моделировать изучаемые процессы.

5.2.4. Обоснование рациональных параметров высокоскоростных дисковых сошников посевных машин

Схема поисковых исследований подразумевала поэтапное варьирование одного из факторов при фиксированных параметрах остальных факторов на уровнях опорных точек.

На основании ранжирования факторов сначала изучали влияние скорости предлагаемой конструкции сошника и настраиваемой глубины заделки семян на σ_{Δ_3} при зафиксированных на средних уровнях остальных параметрах: $b = 0,04$ м и $F_n = 350$ Н. Данная графическая зависимость представлена на рис. 5.15.

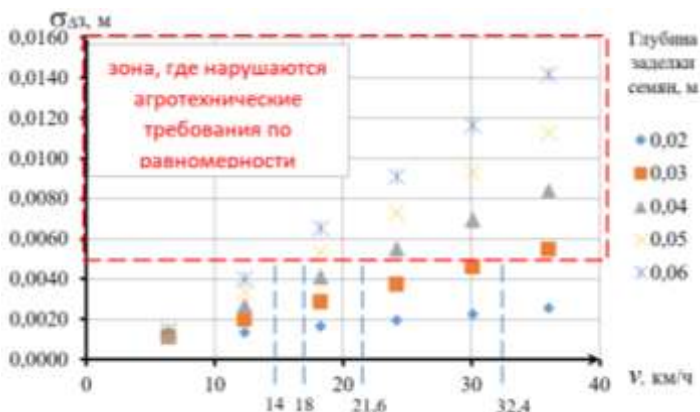


Рис. 5.15. Зависимость среднего квадратического отклонения заделки семян от фиксированной установочной глубины при изменении скорости движения испытуемого сошника

Она показывает, что среднее квадратическое отклонение заделки семян от фиксированной установочной глубины (далее отклонение) увеличивается при увеличении скорости движения сошника и фиксированной установочной глубины заделки семян. На основании существующих агротехнических требований данные отклонения не должны превышать $\pm 0,005$ м. Данный факт позволил на представленной графической зависимости выделить зону, где нарушаются агротехнические требования по равномерности высева семян (выделена на рисунке пунктирной рамкой) и скоростные границы испытываемого сошника при требуемой глубине заделки семян.

Установлено, что при существующих агротребованиях (15 %) отклонение глубины от заданной составляет 0,005 м. При этом на глубине до 2 см допустимо использование скорости до 36 км/ч, на глубине 3 см – до 30 км/ч, на глубине 4 см – до 23 км/ч, на глубине 5 см – до 20 км/ч, на глубине 6 см – до 16 км/ч.

Аппроксимация опытных данных допустимых скоростей посева $v_{\text{доп}}$ (м/с) в зависимости от глубины заделки семян $\Delta_{\text{н.г}}$ (м) для испытываемого сошника показана на рис. 5.16 и описывается математически:

$$v_{\text{доп}} = 166667\Delta_{\text{н.г}}^3 - 18571\Delta_{\text{н.г}}^2 + 469,05\Delta_{\text{н.г}} + 6,8. \quad (5.11)$$

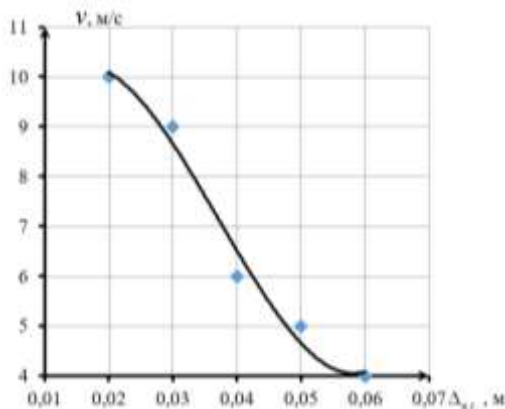


Рис. 5.16. График зависимости допустимых скоростей посева от глубины заделки семян

Анализ влияния скорости предлагаемой конструкции сошника и настраиваемой глубины заделки семян при зафиксированных на средних уровнях остальных параметрах ($b = 0,04$ м и $F_n = 350$ Н) на ширину образующейся бороздки $b_{\text{бор}}$ показал ее пропорциональное увеличение с ростом скорости и глубины заделки семян. При этом динамика опытных данных показывает, что при глубине заделки семян до 4 см скорость движения испытуемых сошников незначительно влияет на изменение ширины бороздки, а при заделке семян на глубину более 4 см ширина бороздки увеличивается с увеличением скорости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>.
2. Лепешкин, Н. Д. Выбор и использование комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов в условиях Республики Беларусь: рекомендации / Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, С. Ф. Лойко; НАН Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва». – Минск, 2007. – 48 с.
3. Клочков, А. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / А. В. Клочков, Н. В. Чайчиц, В. П. Буяшов. – Минск: Ураджай, 1997. – 494 с.
4. Гайдуков, В. А. Повышение качества посева зерновых культур сошниковой группой с распределением и прикатыванием семян по ленте: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В. А. Гайдуков; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 1998. – 18 с.
5. Петровец, В. Р. Обзор и исследование одно- и двухстрочных современных дисковых сошников / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, С. В. Авсюкевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 1. – С. 128–133.
6. Петровец, В. Р. К выбору сошника для локального внесения минеральных удобрений / В. Р. Петровец // Сб. науч. тр. / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1979. – Вып. 53. – С. 26–33.
7. Абед-Кухи, Я. М. Рабочие органы для локального внесения минеральных удобрений одновременно с посевом зерновых культур / Я. М. Абед-Кухи // Бюл. Всесоюз. ин-та удобр. и агропочвовед. им. Д. Н. Прянишникова. – 1985. – № 77. – С. 79–81.
8. Сошник для высева семян и внесения удобрений: информ. листок Алт. ЦНТИ. – 1986. – № 235–286. – 3 с.
9. Приставка к сошнику сеялки СЗС-2,1 для посева семян с одновременным внесением минеральных удобрений: информ. листок Омск. ЦНТИ. – 1985. – № 224–285. – 3 с.
10. Пиннис, У. Э. Повышение эффективности использования зерновой сеялки СЗ-3,6А / У. Э. Пиннис // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники: материалы междунар. науч.- практ. конф. – Горки, 1998. – Ч. 1. – С. 41–42.
11. Гурницкий, П. В. Новая сеялка с локальным внесением удобрений / П. В. Гурницкий, П. П. Ярошенко // Сб. науч. тр. / Укр. с.-х. акад. – Киев, 1979. – Вып. 224. – С. 123–124.
12. Кириченко, В. А. Совершенствование технологического процесса заделки семян и удобрений в почву комбинированными сошниками зерновых сеялок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В. А. Кириченко; Харьк. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва. – Харьков, 1988. – 21 с.
13. Козловский, П. И. Сошники для посева зерновых и локального внесения минеральных удобрений / П. И. Козловский, Н. В. Захаров, В. Ф. Рябичин // Способы внесения удобрений: сб. науч. тр. / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. – Москва: Колос, 1976. – С. 180–183.
14. Комбинированный сошник: информ. листок Кокчет. ЦНТИ. – 1987. – № 20–87. – 3 с.
15. Ярошенко, П. П. Структурно-функциональная схема посева зерновых культур с одновременным внесением основной дозы удобрений локальным способом / П. П. Ярошенко // Бюл. Всесоюз. ин-та удобр. и агропочвовед. им. Д. Н. Прянишникова. – 1985. – № 77. – С. 63–68.

16. Нефедов, Б. А. Обоснование размещения тукозаделывающих рабочих органов на раме машины для локального внесения удобрений / Б. А. Нефедов // Интенсификация механизированных процессов применения удобрений: сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. – Москва, 1985. – Т. 107. – С. 56–60.
17. Нефедов, Б. А. Выбор ширины захвата машины для допосевого внутрипочвенного локального внесения основной дозы минеральных удобрений / Б. А. Нефедов // НТБ Всесоюз. науч.-исслед. ин-та механизации сел. хоз-ва. – Москва, 1983. – Вып. 53. – С. 28–31.
18. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Программа и методы испытаний: ОСТ 70.5.1–82. – Москва, 1983. – 138 с.
19. Кушилкина, Н. В. О качестве посева при скорости агрегата 9–15 км/ч / Н. В. Кушилкина // Механизация и электрификация соц. сел. хоз-ва. – 1964. – № 5. – С. 16–18.
20. Любушко, Н. И. Создание сошников для работы на скоростях 9–15 км/ч / Н. И. Любушко // Механизация и электрификация соц. сел. хоз-ва. – 1964. – № 5. – С. 18–22.
21. Юдкин, Е. В. О взаимодействии диска сошника с почвой / Е. В. Юдкин // Сб. науч. работ / С.-х. ин-т. – Саратов: СХИ, 1975. – Вып. 41. – С. 40–43.
22. Дудко, Н. И. Исследование эффективности работы комбинированного сошника с разновеликими дисками / Н. И. Дудко, О. П. Лабурдов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию БГСХА и памяти академика С. И. Назарова. – Горки, 200. – Ч. 2. – С. 90–95.
23. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для ускоренного посева мелкосемянных культур / В. Р. Петровец [и др.]. // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 4. – С. 98–100.
24. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец [и др.] // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 137–140.
25. Ильин, В. И. Посев сельскохозяйственных культур сеялкой с однодисковыми сошниками и опорно-прикатывающими катками: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В. И. Ильин. – Горки, 1991. – 183 с.
26. Петровец, В. Р. Классификация двухдисковых сошников для посева травяных и зерновых культур / В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, С. В. Авсюкевич // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 2. – С. 138–143.
27. Петровец, В. Р. Современные технологии и машины для возделывания сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, В. С. Сергеев. – Горки: БГСХА, 2008. – 184 с.
28. Двухдисковый сошник: пат. 5026 Респ. Беларусь: МПК 7A01C7/00 / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, Н. И. Дудко, С. В. Авсюкевич; заявитель Беларус. гос. с.-х. акад. – № U200708654; заявл. 04.12.07; опубл. 12.11.08 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 156.
29. Однодисковый сошник: пат. ВУ № 3512 U: МПК A01C7/20; дата публ.: 30.04.2007.
30. Однодисковый сошник: пат. ВУ № 74 U: МПК A01C7/20; дата публ.: 30.12.1999.
31. Сошник двухстрочный комбинированный: пат. ВУ № 4329 U, МПК A01C7/20; дата публ.: 30.04.2008.

32. Двухдисковый двухстрочный сошник: пат. ВУ № 432 U: МПК А01С7/20; дата publ.: 30.12.2001.
33. Terrasem C6-C8 RU. qxd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.poettinger.at>. Загл. с экрана.
34. Sulky Easydrill Russe. pdf [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.Sulky-burel.com>. Загл. с экрана.
35. ES_RoTeC_10_06_RUS. irid. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amazon.ru>. Загл. с экрана.
36. Solitary RUS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lemken.com>. Загл. с экрана.
37. Цыганов, А. Р. Экологические и ресурсосберегающие аспекты технологий и техники для внутривиточного внесения минеральных удобрений и посева культур / А. Р. Цыганов, В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц // Труды Тавр. гос. агротехн. акад. – Мелитополь: ТДАТА, 2001. – Вып. 1, т. 22. – С. 47–51.
38. Сайко, В. Ф. Увеличение производства зерна озимой пшеницы и совершенствование интенсивных технологий ее возделывания / В. Ф. Сайко // Вестн. с.-х. науки. – 1987. – № 8. – С. 44–50.
39. Двухдисковый четырехстрочный сошник: пат. 5803 Респ. Беларусь: МПК 7А01С7/00 / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, Н. И. Дудко, С. В. Авсюкевич; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № U200708654; заявл. 06.10.08; опубл. 16.04.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 4. – С. 192.
40. Методика оценки бороздообразования / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. – Москва: ВИМ, 1971. – 40 с.
41. Теоретические и технологические основы посева сельскохозяйственных культур // Сб. тр. / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина; науч. ред. В. И. Анискин. – Москва, 1990. – 53 с.
42. Давлетшин, М. М. Дисковый сошник для отечественных зернотуковых сеялок / М. М. Давлетшин, Д. Т. Атнагулов // Вест. Башк. гос. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 30–33.
43. Вагин, Ю. Т. Изыскание, разработка и исследование сошника для посева по свежеспаханной почве / Ю. Т. Вагин. – Горки, 1972. – 17 с.
44. Петровец, В. Р. Структурно-морфологическая классификация сошников для внесения основной дозы минеральных удобрений и посева зерновых культур / В. Р. Петровец // Сб. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 1976. – С. 55–58.
45. Петровец, В. Р. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц // Современные проблемы с.-х. механики. – Минск, 1999. – 4 с.
46. Петровец, В. Р. Анализ и исследование основных типов современных сошников / В. Р. Петровец, С. В. Колос // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2001. – № 3. – С. 123–127.
47. Набатян, М. П. Экспериментально-теоретическое обоснование параметров дисковых сошников зерновой сеялки для работы на повышенных скоростях: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. П. Набатян. – Москва, 1972.
48. Жукова, В. К. Влияние скорости движения зерновой сеялки на качество посева / В. К. Жукова // Повышение скорости движения тракторных агрегатов: материалы семинара. – Москва, 1960. – С. 131–133.
49. Петровец, В. Р. Классификация двухдисковых сошников для посева травяных и зерновых культур / В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, С. В. Авсюкевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 2. – С. 138–143.
50. Точицкий, А. А. Изыскание и исследование сошников к зернотуковым сеялкам для посева на торфяных почвах: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. А. Точицкий. –

Минск, 1981. – С. 20.

51. Петровец, В. Р. Технологии и машины для посева зерновых культур: лекция / В. Р. Петровец, Н. В. Чайциц, С. В. Авсюкевич. – Горки, 2008. – 20 с.

52. Гуськов, В. В. Тракторы / В. В. Гуськов. – Минск: Выш. шк., 1977. – Ч. 2: Теория. – 384 с.

53. Кацыгин, В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В. В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики: [сб. ст.]. – Минск: Ураджай, 1964. – Т. 13. – С. 5–147.

54. Беккер, М. Г. Введение в теорию систем местность – машина / М. Г. Беккер. – Москва: Машиностроение, 1973. – 520 с.: ил.

55. Вопросы сельскохозяйственной механики / под ред. акад. М. Е. Мацепуро [и др.]. – Минск: Ураджай, 1966. – Т. 16. – 356 с.: ил.

56. Имамов, И. С. Анализ силовой нагруженности дисковых рабочих органов / И. С. Имамов, В. А. Юзбашев // Теоретические и технологические основы посева сельскохозяйственных культур. – Москва, 1990. – Т. 124. – 105 с.

57. Исследование двухдисковой сошниковой группы на посеве зерновых культур / В. Р. Петровец [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 2. – С. 151–156.

58. Мацепуро, М. Е. Основные предпосылки к разработке технологии посева / М. Е. Мацепуро, В. А. Новичихин // Вопросы технологии механизированного с.-х. производства. – Минск: Госиздат БССР, 1963. – Ч. 1. – С. 132–175.

59. Николайчук, В. П. Исследование рабочих органов и основных параметров зерновых сеялок: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В. П. Николайчук. – Москва, 1971. – 171 с.

60. Петровец, В. Р. Теоретические исследования двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2010. – № 2. – С. 154–159.

61. Маделунг, Э. Математический аппарат физики: справ. рук. / Э. Маделунг. – Москва, 1968. – 618 с.

62. Петровец, В. Р. Динамическое сопротивление двухдискового сошника с ребордами-бороздообразователями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2010. – № 3. – С. 155–160.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	7
1.1. Способы посева зерновых культур.....	7
1.2. Совершенствование способов посева зерновых культур.....	14
1.3. Агротехнические и технологические требования к посеву зерновых культур при интенсивной технологии возделывания.....	16
1.4. Условия качественного посева зерновых культур при интенсивной технологии возделывания.....	21
1.5. Образование технологической колеи при посеве.....	22
1.6. Организация работы посевных агрегатов.....	23
1.7. Обзор и анализ конструкций зернотуковых сеялок с комбинированными рабочими органами.....	25
1.8. Современные сеялки для посева зерновых культур.....	32
1.9. Анализ исследования сошниковых групп комбинированных сеялок.....	40
1.10. Результаты испытаний комбинированных зернотуковых сеялок.....	45
1.11. Уплотнение почвы при заделке семян зерновых культур.....	48
1.12. Анализ и исследование основных типов современных сошников для посева зерновых культур.....	55
1.13. Сошниковые группы с опорно-прикатывающими катками.....	73
1.14. Распределение семян в почве дисковыми сошниками с прикатывающими катками.....	74
1.15. Современные тенденции развития конструкций и технологических схем дисковых сошников.....	78
1.16. Патентные исследования конструкций дисковых сошников.....	89
1.17. Технологический процесс работы дисковых сошников различной конструкции.....	101
1.18. Обзор вариантов оптимального посева.....	115
1.19. Агротехнические аспекты функционирования сошниковых групп.....	119
1.20. Технологическое образование бороздок и распределение семян двухдисковыми сошниками с различными углами атаки дисков.....	125
1.21. Агротехнические и технологические требования к посеву зерновых культур. Определение факторов узкорядного посева сельскохозяйственных культур однодисковыми сошниками.....	128
1.22. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам.....	130
1.23. Структурно-морфологическая классификация сошников и их технологических параметров.....	141
1.24. Цифровая классификация дисковых сошников.....	146
1.25. К вопросу создания инновационных конструкций и технологических схем сошников для посевных агрегатов.....	155
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХДИСКОВЫХ СОШНИКОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ТЕОРИИ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ.....	160
2.1. Теоретическое обоснование основных параметров двухдискового сошника с односторонними ребордами-бороздкообразователями.....	160

2.1.1. Взаимодействие бороздкообразующих элементов и опорных поверхностей сошников с почвой.....	160
2.1.2. Обоснование угла между нормалью к реборде и направлением скорости.....	175
2.1.3. Силы, действующие со стороны почвы на дисковый сошник с ребордами ...	178
2.1.4. Исследование глубины бороздки, образуемой экспериментальным двухдисковым сошником с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями.....	181
2.2. Теоретические исследования однодискового сошника с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями	188
2.2.1. Математическая модель пахотного слоя почвы как сплошной сыпучей среды, сжимаемой и способной к самоорганизации при ее обработке.....	188
2.2.2. Теоретические предпосылки для исследования однодисковых сошников с минимальным углом атаки	197
2.2.3. Математическая модель комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки.....	208
2.2.4. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур.....	216
2.2.5. Уравнения траекторий движения точек элементов однодискового сошника с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки	221
3. ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	230
3.1. Обоснование конструкции двухдискового сошника с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями	230
3.2. Разработка технической документации на изготовление двухдискового сошника с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями	239
3.3. Разработка технической документации на изготовление однодискового сошника с двухсторонними (симметричными) ребордами-бороздкообразователями	248
3.3.1. Новый макетный образец однодискового сошника с двухсторонними симметричными ребордами-бороздкообразователями	248
3.3.2. Новые образцы высокоскоростных дисковых сошников.....	250
3.3.3. Апробация однодискового сошника с симметричными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева зерновых культур ...	254
4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	256
4.1. Определение твердости почвы в бороздках	262
4.2. Методика измерений тягового сопротивления экспериментального сошника.....	264
4.3. Методика лабораторных исследований однодисковых сошников в почвенном канале	268
4.4. Методика исследования значимости изменяемых технологических и конструктивных параметров однодискового сошника, влияющих на равномерность распределения семян по глубине	269
4.5. Методика лабораторных поисковых исследований.....	270
4.6. Установа, приборы и оборудование в лабораторных исследованиях однодисковых сошников с минимальным углом атаки.....	271
4.7. Лабораторная установка для исследования однодисковых сошников с минимальным углом атаки диска.....	272

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	275
5.1. Результаты экспериментальных исследований двухдискового сошника.....	275
5.1.1. Исследование зависимости ширины бороздки от скорости движения посевного агрегата (дисков)	275
5.1.2. Влияние скорости движения посевого агрегата и давления на двухдисковый сошник с усеченно-конусными ребордами- бороздкообразователями на распределение семян по глубине	277
5.1.3. Определение тягового сопротивления экспериментального двухдискового сошника.....	286
5.1.4. Реализация результатов исследований	297
5.2. Результаты экспериментальных исследований однодисковых сошников	298
5.2.1. Многофакторный эксперимент по построению линейной многофакторной регрессии.....	298
5.2.2. Многофакторный эксперимент по движению по градиенту к оптимуму ...	301
5.2.3. Многофакторный эксперимент по описанию области оптимума полиномом второй степени	303
5.2.4. Обоснование рациональных параметров высокоскоростных дисковых сошников посевных машин	306
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	309

Научное издание

Петровец Владимир Романович
Дудко Николай Иванович
Греков Дмитрий Викторович и др.

**ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ
ДЛЯ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ**

Монография

Редактор *Н. Н. Пьянусова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 30.08.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 18,37. Уч.-изд. л. 14,66.
Тираж 100 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.