

633.34
735

Ю. В. ТЕРЕНТЬЕВ

ТЕХНО-
ЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ
КОМПЛЕКСНОЙ
МЕХАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА
СОИ



БЫКОВОЩЕНСКОЕ

ВСЕСОЮЗНАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК имени В. И. ЛЕНИНА
Сибирское отделение

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ СОИ

Ю. В. ТЕРЕНТЬЕВ

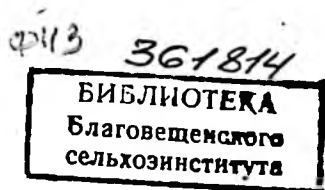
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ
КОМПЛЕКСНОЙ
МЕХАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА СОИ

Благовещенск
1988

УДК 635.665:631.17:631.3

Печатается по решению Ученого совета
ВНИИ сов. СО ВАСХНИЛ СССР

Рецензент — канд. техн. наук А. В. Сюмак



Важнейшим направлением в сельском хозяйстве Дальнего Востока является возделывание сои. С соей связывают решение острейшей аграрной проблемы века — увеличение производства незаменимого белка. Кроме того, соя представляет огромную ценность с точки зрения энергетического потенциала, аккумулируя солнечную энергию, которая в дальнейшем утилизируется через белок.

ЦК КПСС и Совет Министров СССР уделяют большое внимание вопросу увеличения производства сои. Валовой сбор ее намечается увеличивать как за счет расширения посевных площадей, так и, главным образом, за счет повышения урожайности.

Рост посевных площадей сои в европейской части страны и повышение ее урожайности позволят к 1990 г. резко поднять уровень производства этой культуры, тем самым снизить дефицит растительного белка.

Дальнейшее увеличение производства сои, повышение производительности труда при ее возделывании, снижение себестоимости продукции возможно только на основе комплексной механизации всех операций, предусмотренных перспективной технологией.

Технология производства сои включает больше 30 механизированных операций, пока что все они выполняются машинами, предназначенными в основном для производства зерновых культур. Несоответствие средств механизации требованиям перспективной технологии не позволяет реализовать потенциальные возможности районированных сортов, приводит к дополнительным затратам труда и энергетических средств и является одной из главных причин низкого уровня производства сои. Прежде всего это относится к машинам для основного внесения минеральных удобрений и гербицидов, предпосевной обработки почвы, посева, междурядной обработки, уборки и послеуборочной подработки. У них низкое качество выполнения технологических операций, что приводит к потерям и большим механическим повреждениям соевого зерна.

В этой связи разработка и создание комплекса машин для возделывания; уборки и послеуборочной подработки сои, с учетом ее биологических особенностей и почвенно-климатических условий, приобретают исключительную актуальность для сельскохозяйственного производства, требуют комплексного и неотложного решения.

На основе обобщения результатов многолетних исследований нами разработаны рекомендации по важнейшим вопросам комплексной механизации производства сои на ровной поверхности применительно к условиям Дальнего Востока.

При написании книги использованы материалы по агротехнике возделывания сои, полученные сотрудниками ВНИИ сои под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора В. Ф. Кузина, кандидатов сельскохозяйственных наук Г. К. Шелевого, Н. М. Степкина, Н. С. Слободяника, Ф. Б. Коломийцева, И. Г. Ковшика, кандидата биологических наук Л. К. Малыш.

Выражаю признательность научным сотрудникам лаборатории механизации М. М. Присяжному, А. В. Сюмак, В. Ф. Тараненко за ценные советы и помощь при подготовке данного издания.

1. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СОИ

Основные факторы формирования и сохранения урожая сои в условиях Дальнего Востока — температура, влажность и плотность почвы. Создание и поддержание оптимальных значений этих факторов является одним из необходимых условий получения высоких урожаев культуры. Решение данного вопроса зависит прежде всего от соответствия почвенно-климатических условий зоны оптимальным значениям названных факторов и может быть осуществлено за счет применения агроприемов в сочетании с комплексом машин, отвечающих основным агробиологическим особенностям производства сои [18, 26].

Характер изменения перечисленных факторов в процессе производства сои показывает, что в условиях Дальневосточной зоны не все они соответствуют тем требованиям, которые необходимы для нормального развития этой культуры [15, 16, 29].

Большой объем механизированных работ по предпосевной обработке почвы, которые выполняются в апреле и мае, приводит к снижению запаса влаги в верхнем слое, что отрицательно сказывается на начальном росте сои. Если учесть, что количество осадков и запас влаги в слое 0...20 см в этот период недостаточны, то сохранение ее в процессе выполнения таких операций, как боронование, дискование и культивация, становится крайне необходимым [15].

Снизить потери влаги в весенний период, наряду с другими приемами, позволяет рациональное использование машин и рабочих органов при выполнении данных операций. Этого можно достигнуть за счет сокращения числа проходов агрегатов, совмещения отдельных операций, применения комбинированных машин и специальных рабочих органов, обеспечивающих такую структуру верхнего слоя почвы, которая бы в значительной степени снизила испарение влаги. Эти требования необходимо учитывать при разработке машин и рабочих органов для предпосевной обработки почвы под сою.

Отрицательным фактором механизированной технологии возделывания сои является чрезмерное уплотнение почвы, особенно корнеобитаемого слоя [5]. Между тем корневая си-

стема, начиная интенсивно развиваться, требует активной аэрации, что возможно только при более рыхлом состоянии почвы. Для этого нужна более интенсивная обработка почвы, особенно в процессе междурядной культивации. Активная борьба с сорняками одновременно с глубоким рыхлением почвы на глубину 10...15 см — обязательное требование к машинам по уходу за посевами.

Низкая влажность зерна при посеве, уборке и послеуборочной обработке, что приводит к снижению прочности зерна и значительным механическим повреждениям, предъявляет особые требования к основным рабочим органам сеялки, комбайна и зерноочистительных машин [4, 37, 36]. А если учесть особенности строения растения сои — крайне низкое прикрепление бобов, — то при разработке средств механизации для уборки и послеуборочной обработки ее возникают еще две серьезные проблемы: снижение потерь зерна, а также механических повреждений при силовом взаимодействии с рабочими органами машин.

Таким образом, особенности почвенно-климатических условий Дальнего Востока и самой сои предъявляют следующие основные требования к механизированной технологии ее производства:

- создание оптимальных условий для развития и формирования растений в процессе основной, предпосевной и междурядной обработок;

- максимальное сохранение биологического урожая в процессе уборки;

- максимальное сохранение целостности зерна.

Обеспечение данных требований — обязательное условие при разработке системы машин, предназначенных для производства сои; оно может быть осуществлено за счет:

- повышения качества выполнения технологических операций рабочими органами машин и приспособлений;

- сокращения потерь;

- снижения механических повреждений зерна.

Современная технология производства сои включает свыше 40 механизированных операций на возделывании, уборке и послеуборочной обработке. При этом используются энергетические средства класса 15, 30 и 50 кН. В качестве основных сельскохозяйственных машин на основной и предпосевной обработках почвы применяются отвальные лемешные плуги ПН-8-35, ПЛН-4-35, тяжелые диски БДТ-7,0, дисковые лузильники ЛДГ-20, ЛДГ-10, культиваторы КПГ-4,0, КПС-4,0, прикапывающие катки ЗККШ-6 и зубовые бороны БЗСС-1,0 [4, 22, 53, 54].

Удобрения и растворы ядохимикатов вносятся при помощи разбрасывателей 1-РМГ-4 и опрыскивателей ПОУ и ОВТ-1В.

Посев и уход выполняются сеялками СЗ-3,6, СЗП-3,6, боронами БЗСС-1,0 и пропашными культиваторами КРН-4,2, укомплектованными пропашными боронками КРН-70.

В качестве основной уборочной машины используются серийные комбайны СКД-6Р и СК-6.

Формирование широкозахватных агрегатов осуществляется при помощи сцепок С-11У, СГ-21 и СП-16.

Послеуборочная обработка семян производится в основном на агрегатах, скомплектованных из зерноочистительных машин ОВП-20А и СМ-4 и типовых поточных линий КЗС-20 и КЗР-5.

Таким образом, в качестве средств механизации для производства сои в настоящее время используется в основном серийная техника, разработанная с учетом особенностей возделывания зерновых культур.

Исследования по использованию серийной техники на возделывании сои [40, 41, 42, 44, 45, 43] показали, что из всего применяемого комплекса агротехническим требованиям культуры не соответствуют машины для предпосевной обработки почвы, внесения удобрений и гербицидов, посева, ухода за посевами, уборки и послеуборочной обработки. Анализ работы рабочих органов машин при выполнении этих операций показывает, что основными показателями, по которым они не соответствуют современной агротехнике возделывания сои, являются:

на предпосевной обработке — низкое качество обработки почвы (содержание крупных почвенных агрегатов в 3—4 раза превышает норму) и недостаточно эффективное уничтожение сорняков (степень уничтожения — 40...50% вместо 100%), рабочие органы не обеспечивают эффективного рыхления почвы на глубину до 15 см, из-за несовершенства их применяется многократная обработка, которая приводит к значительным потерям влаги (до 40...50%) и чрезмерному уплотнению почвы (в 1,5...2 раза выше нормы) [29];

на внесении удобрений и гербицидов — неравномерное распределение их по площади (степень неравномерности 50...65% вместо 15%), нерациональное размещение туков по глубине (в основном на глубине 0...6 см вместо 10...15 см), что делает их пищей для сорняков, некачественная заделка туков и рабочего раствора гербицидов, неравномерная их дозировка [23];

на посеве — неравномерное распределение семян по глу-

бине (от 2 до 8 см вместо 5...6 см) и вдоль рядка (от 0 до 15 см вместо 3...4 см), некачественная их заделка, высокий процент дробления семян высевальными аппаратами (1,5...2% вместо 0...1%), рабочие органы не обеспечивают изолированное внесение туков и прикатывание рядков [32, 31];

при уходе за посевами — высокая повреждаемость корневой системы и самих растений (от 5 до 10%), недостаточная эффективная борьба с сорняками (степень уничтожения до 50...55% вместо 95...100%), неэффективное рыхление междурядий, в результате чего резко снижается аэрация корневой системы, после обработки серийными рабочими органами верхний слой почвы значительно иссушается [32, 31];

при уборке — высокие потери от несреза и воздействия планок мотовила на стебель, величина которых в отдельные годы доходит до 15...20%, значительные механические повреждения зерна молотилкой и транспортирующими рабочими органами (от 10 до 15%), низкое качество очистки вороха [53, 54];

на послеуборочной обработке — низкое качество очистки (типовые линии не обеспечивают получение семян выше третьего класса за один пропуск), высокий показатель механических повреждений (от 5 до 8%), отсутствие сортирования, высокий процент отходов, низкая эффективность выделения трудноотделимых примесей.

Важнейшее звено в системе земледелия и в комплексе мероприятий по повышению плодородия почвы — ее предпосевная обработка и рациональное использование минеральных удобрений за счет качественного внесения их в почву [26, 21]. Однако технология предпосевной обработки почвы и внесения основных доз минеральных удобрений не в полной мере обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев. Уплотнение и распыление верхнего слоя почвы при многократных проходах машин и орудий стали одной из причин снижения естественного плодородия. Это вызывает необходимость сократить число обработок путем совмещения нескольких технологических операций.

Установлено, что соя хорошо растет только на рыхлых почвах с объемным весом до 1,1...1,2 г/см³ [29, 47]. При увеличении этого показателя выше 1,27 г/см³ рост ее замедляется, корневая система размещается у самой поверхности почвы (отдельные корни выходят на дневную поверхность), уменьшается количество клубеньков. Все это отрицательно сказывается на урожае.

Вредное воздействие проходов тракторов и сельскохозяй-

ственных машин на структурный состав и плотность почвы уменьшают комбинированные агрегаты. В последние годы в ряде стран — СССР, США, Канаде, Англии, Польше, ФРГ, Италии, Финляндии, Швеции, Голландии и Дании — стали применять систему обработки с использованием именно таких агрегатов, предназначенных для выполнения за один проход нескольких операций.

Совмещение технологических операций позволяет выполнять полевые работы в оптимальные сроки и тем самым улучшать их качество, а также уменьшать уплотненность почвы.

Установлено, что по колес трактора на глубине 7,5 см капиллярность уменьшается на 24...42%, плотность почвы возрастает на 9...25%, водопроницаемость снижается на 60...93%. Уплотнение не только снижает физико-механические качества почвы, но и прежде всего изменяет микрорельеф поля, ухудшая качество последующих работ, особенно уборку зернобобовых культур. Поэтому система предпосевной обработки должна обеспечивать благоприятные агрофизические свойства почвы, рыхлый мелкокомковатый слой для лучшей заделки семян, сохранение влаги, тщательное выравнивание поверхности пашни, очистку полей от сорняков [8].

Почвы с иссушенным верхним горизонтом в конце апреля — начале мая необходимо прикатать, чтобы улучшить прогревание и спровоцировать семена сорняков к прорастанию. Хорошо подготовленную зябь после прикатывания достаточно обработать 1—2 раза культиваторами с одновременным боронованием для уничтожения сорняков. По данным исследований, на участке, прикатанном до 15 мая, сорняков было в 6 раз больше, чем на контроле, а 20 мая — только в 4 раза [7]. Предпосевное прикатывание направлено на подготовку почвы к посеву. Выравнивание поверхности поля также обеспечивает равномерную заделку семян [48, 49].

В настоящее время предпосевную обработку почвы под посев сои проводят паровыми культиваторами, позволяющими обрабатывать почву рабочими органами по следующим схемам их расстановки: а) два ряда стрельчатых лап; б) три ряда пружинных зубьев; в) один ряд стрельчатых лап и два ряда пружинных зубьев. Эти варианты расстановки рабочих органов не позволяют за один проход подготовить почву под посев сои.

Исследования [50] показали, что нужна новая схема расстановки рабочих органов, при которой сорняки сначала бы

подрезались, а затем вычесывались. Такая технология обработки почвы обеспечивает более полное уничтожение сорняков во время предпосевной культивации; степень уничтожения их на 20...30% выше, чем обычным способом.

Для основного внесения минеральных удобрений под сою необходима технология, при которой туки заделывались бы в корнеобитаемый слой почвы. Наиболее эффективен локально-ленточный способ внесения удобрений на глубину 10...12 см, с расстоянием между лентами 250...320 мм. При этом создаются очаги высокой концентрации подвижных фосфатов как за счет локализации, так и за счет уменьшения поглощения их почвой [25,6]. Корневая система сои перемещается из верхней части пахотного слоя (0...10 см) в нижнюю (10...20 см) и сосредоточивается в очагах (лентах) удобрений. В этом слое почвы корневая система сои составляет 40% общей массы. Такое размещение корневой системы создает благоприятные условия для лучшего использования продуктивной влаги и элементов питания из удобрений и почвы, для формирования высокого урожая сои [6].

Если весна засушливая и ветреная, верхний слой почвы быстро иссушается до полной потери продуктивной влаги. Минеральные удобрения, заделанные боронованием или культивацией, размещаются в иссушенном слое (0...5 см) и плохо используются культурными растениями. Это значительно снижает прибавку урожая по сравнению с глубокой заделкой.

Удобрения, внесенные разбросным способом и мелко заделанные, создают в верхнем слое почвы (0...5 см) благоприятную среду для массового прорастания и развития сорняков.

При локально-ленточном способе внесения удобрения заделываются глубоко (8...15 см), они мало доступны для сорняков. Посевы сои успевают хорошо развиваться, затенить поверхность почвы, в течение всего периода вегетации они остаются чистыми от сорной растительности.

Таким образом, в своеобразных почвенно-климатических и биолого-флористических условиях Дальнего Востока следует использовать такие машины, которые позволили бы минеральные удобрения под сою вносить не разбросным, а локально-ленточным способом.

Новая технология подготовки почвы под посев сои, с локально-ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 8...15 см, способна обеспечить рост эффективности туков, повышение урожайности и увеличение производства этой культуры на Дальнем Востоке.

Эффективность агротехнических приемов во многом определяется количеством механических обработок почвы. Мощная техника позволяет проводить комплекс полевых работ одним проходом трактора с агрегатом, который может внести в почву минеральные удобрения на заданную глубину (10...15 см), культивировать, проводить рыхление с вычесыванием сорняков, выравнивать и прикатывать поверхность поля, то есть выполнять 3—4 и более операций. Благодаря этому можно повысить производительность, сократить затраты труда на единицу работы, свести к минимуму разрыв между предпосевной обработкой почвы и посевом, а также более чем вдвое сократить количество проходов по полю тракторных агрегатов.

Реализовать новую технологию подготовки почвы под сою с одновременным внесением удобрений стало возможно в результате разработки принципиально новой комбинированной машины МКП-4, которая располагает набором рабочих органов, обеспечивающих рыхление почвы, подрезание и вычесывание сорняков, внесение удобрений локально-ленточным способом на глубину 8...15 см, выравнивание и прикатывание почвы.

Из всех потерь урожая, причиняемых болезнями культурных растений, насекомыми, наибольшая доля приходится на сорняки — до 20...25% недобора всех видов сельскохозяйственной продукции, а на сильно засоренных полях — до 30...40%. По этой причине хозяйства Дальнего Востока недобирают 30...35% урожая сои [3]. Сорняки сильно затрудняют проведение ряда сельскохозяйственных работ, вызывают дополнительные затраты на очистку зерна. Все это резко снижает производительность труда и повышает себестоимость продукции. Борьба с сорняками в общем комплексе механизированной технологии должна рассматриваться как одно из первоочередных мероприятий, служащих резервом повышения урожайности сои.

В настоящее время борьба с сорняками в посевах сои в значительной степени осуществляется за счет осенней и предпосевной обработки почвы, довсходового и послевсходового боронований и трехкратной культивации. Однако решить эту проблему только агротехническими способами невозможно. Обильные летние дожди в значительной степени затрудняют междурядные обработки. Для успешной борьбы с сорняками в посевах необходимо сочетать механические способы ее с химическими. Например, гербициды позволяют сократить число междурядных обработок сои до одной. Химический способ борьбы с сорняками повышает урожайность сои на

2...4 ц/га [34]. Но пока что химические методы борьбы не нашли широкого применения в производстве сои. Это объясняется, во-первых, недостатком гербицидов, во-вторых, малой изученностью механизированной технологии их внесения.

Основной показатель, определяющий эффективность применения гербицидов, — равномерность распределения их по площади обработки. Главными элементами, от которых зависит этот показатель, служат режимы работы опрыскивателя и конструкция рабочих органов.

В настоящее время для внесения гербицидов применяют штанговые и вентиляторные опрыскиватели. Первые позволяют вносить гербициды как сплошным, так и рядковым, а вторые — только сплошным способом. При использовании вентиляторных опрыскивателей существует опасность сноса распыленной жидкости за пределы обрабатываемого участка. При скорости ветра более 3 м/с качество работы их резко снижается.

Один из основных показателей работы опрыскивателей — равномерность дозы внесения по ширине агрегата, ширине полосы (при рядковом способе внесения) и по направлению движения агрегата. Равномерное распределение гербицидов (расход раствора) должно быть произведено в соответствии с заданной нормой. При увеличении их расхода сорняки уничтожаются более полно. Однако, как показали исследования Ф. Б. Коломийцева [23], это отрицательно сказывается на продуктивности культурных растений, при чрезмерно больших дозах происходит их полное уничтожение.

Согласно агротехническим требованиям, предъявляемым к машинам для внесения гербицидов, неравномерность по ширине захвата не должна превышать $\pm 10...15\%$.

При рядковом способе внесения гербицидов каждый рабочий орган опрыскивателя обрабатывает свой рядок, образуя полосу. Штанговые опрыскиватели снабжены распылителями центробежного типа. У этих распылителей пятно контакта жидкости с почвой имеет форму, близкую к кругу. Размеры круга изменяются при изменении высоты расположения распылителя. При движении агрегата распылитель образует на почве полосу шириной, равной диаметру пятна. Следовательно, каждая полоса по длине образует при движении агрегата обработанную полосу. При равномерном распределении жидкости количество ее, вносимое распылителем в каждую секцию, пропорционально площадям этих секций. Площадь же круга, в поперечном сечении является переменной. Следовательно, конструкция рабочих органов серийных опрыскивателей не обеспечивает равномерного внесения гер-

бицидов по ширине. Неравномерность распределения жидкости серийными опрыскивателями по ширине полосы колеблется от 44,15% до 62,34%. По агротехническим требованиям, предъявляемым к машинам для внесения гербицидов, неравномерность не должна превышать 10...15%.

Таким образом, основными требованиями при механизированном внесении гербицидов являются равномерное распределение раствора по ширине и направлению движения агрегата и качественная их заделка. Заделка гербицидов должна производиться одновременно с внесением.

Одним из важных этапов в системе возделывания сои является посев, технология которого в значительной степени обуславливается природно-климатическими факторами Дальнего Востока.

С целью повышения качества сева технология весенних обработок предусматривает приемы по сохранению влаги, уничтожению сорняков, созданию благоприятных условий для заделывания, прорастания и первоначального развития растений сои. Чтобы обеспечить эти условия, проводят следующие операции: раннее весеннее боронование, предпосевную культивацию в двух направлениях, предпосевное боронование и внесение гербицидов.

Исследования, проведенные на Дальнем Востоке К. К. Малышем, Т. П. Рязанцевой, Ю. Г. Тучковой, А. Г. Воложениным, В. А. Золотницким, А. Г. Новаком и Л. П. Шалуновой [59], показали, что лучший способ посева этой культуры — широкорядный однострочный с междурядьем 45 см. Увеличение ширины междурядий до 60...70 см приводит к снижению урожая.

В повышении урожайности сои важное значение имеет равномерное распределение семян в рядке. Зерновые сеялки, которыми в настоящее время производится посев, только 30...40% семян размещают нормально, остальные 60...70% попадают в условия или излишне загущенных, или изреженных. При этом из-за нерационального использования элементов питания почвы и солнечной энергии недобирается в зависимости от условий года до 2...4 ц/га соевого зерна. По данным ВНИИ сои, наиболее высокий урожай получен при равномерном размещении семян в рядке через 3...5 см. Это подтверждается также исследованиями Дальневосточной МИС. Так, в среднем за четыре года пунктирный посев сои позволил получить дополнительно по сравнению с двухстрочным 51×15 см 4,4 ц/га соевого зерна.

Установлено, что оптимальная глубина заделки семян на тяжелых почвах составляет 4...5 см, а на легких — 5...6 см.

Однако существующие сеялки не обеспечивают размещения семян на заданную глубину. Она варьирует от 3 до 10 см. Неравномерность заделывания семян по глубине значительно сказывается на результатах полевой всхожести, развитии растений в период вегетации и в конечном итоге на урожае. Так, по данным ДальНИИСХ, семена, посеянные на глубину 3,5...4 см, имели полевую всхожесть 89%, на глубину 6,5...7 см — 85%, на глубину 9...10 см — лишь 72%. Если принять урожай сои при посеве на глубину 3,5...4 см за 100%, то при увеличении глубины заделки до 6,5...7 см он уменьшился на 29,4%, при глубине 9...10 см — на 35...40%.

Другое, не менее важное требование к сеялке — осуществление одновременно с высевом семян припосевного внесения удобрений, необходимых для питания растений сои в начальный период развития.

Исследования показали, что прослойка почвы между семенами и туками значительно снижает или полностью предотвращает токсическое воздействие удобрений. Так, И. Г. Ковшик, используя радиоактивную обработку удобрений изотопом фосфор-32 и разные варианты размещения припосевного удобрения относительно семян, установил, что лучшие результаты там, где удобрения заделывались под семена с прослойкой почвы 1...3 см.

Чтобы улучшить контакт семян с почвой и создать мелкие капилляры для подтока влаги в зону размещения семян, вслед за высевом необходимо уплотнить зону рядка. Ширина уплотненной полосы не должна превышать 15...20 см. Оптимальное удельное давление катка на почву должно составлять 0,15...0,18 кг/см². Увеличение давления до 0,2 кг/см² снижает полевую всхожесть сои до 20%, так, как возникает определенная трудность для выходящих на поверхность семян.

Таким образом, при разработке сеялки для посева сои из всего комплекса факторов наиболее важным является выбор способа посева. Лучшие условия для развития сои создаются при однострочном посеве с междурядьем 45 см. На прорастание семян в почве значительное влияние оказывают температура, влажность и содержание кислорода. Большинство этих факторов находится в непосредственной зависимости от глубины заделки семян, оптимальная глубина должна составлять 40...60 мм. Наилучшие условия для развития растений получены при равномерном размещении семян сои в рядке через 30...50 мм. Обязательное условие при посеве — внесение припосевного удобрения (20...80 кг/га) изолированно от семян. Почвенная прослойка между семенами и туками

должна составлять 15...30 мм. Оптимальное удельное давление прикатывающих рабочих органов должно равняться 0,15...0,18 кг/см².

Важное место в системе ухода за посевами принадлежит междурядной обработке. Культивация междурядий, наряду с основной и предпосевной обработкой почвы, — один из главных факторов, создающих благоприятные почвенные условия для роста и развития растений и важный способ борьбы с сорняками. Междурядная обработка особенно необходима в условиях Дальнего Востока, где велика засоренность посевов сои, почвенные условия неблагоприятны по плотности и аэрации, в первые фазы развития сои наблюдается недостаток влаги, а во второй половине лета — периодическое переувлажнение.

Огромный вред сое причиняют сорняки. Установлено, что высокая засоренность снижает урожай до 50% [49]. При уходе за посевами необходимо добиваться наиболее полного уничтожения сорняков при минимальном повреждении растений сои, их корневой системы. Этого можно достигнуть, если конструкция рабочих органов и их установка будут учитывать развитие корневой системы в период обработки посевов. Поскольку соя две трети потребности в азоте удовлетворяет путем биологической фиксации азота воздуха через корневую систему, при междурядной обработке должна создаваться активная аэрация за счет рыхления.

При основной и предпосевной обработках происходит интенсивное рыхление почвы, уменьшается ее плотность и твердость. В зависимости от состояния почвы и применяемых орудий обработки плотность пахотного горизонта может колебаться от 0,95 до 1,3 г/см³ [29].

За период вегетации почва оседает и уплотняется. Равновесная плотность лугово-черноземовидной почвы — 1,3...1,4 г/см³. Уплотняется почва также ходовыми аппаратами тракторов и машин на глубину более 20 см, в то время как обрабатывается на 10...12 см. Установлено, что коэффициент уплотнения поля по площади за период от раннего весеннего боронования до третьей междурядной обработки сои колесами и гусеницами трактора достигает 39% [20]. Наибольшим уплотнение бывает в июне—июле, особенно в нижних слоях пахотного горизонта 10...30 см [38, 29, 28].

Аэрация в посевах сои значительно изменяется с глубиной пахотного слоя, в пределах нормы она находится только в слое 10 см. Нижние слои почвы имеют неблагоприятное соотношение воздуха и воды. Поэтому междурядная обработка посевов сои должна предусматривать активное рыхление

междурядий на глубину до 12...15 см, определяемую глубиной залегания корневой системы.

Поскольку к моменту второй культивации корни сои достигают середины междурядий, увеличение глубины обработки от первой культивации к последующим приводит к значительному повреждению корневой системы [58, 42]. Во время первой культивации при правильной расстановке и регулировке рабочих органов корневая система практически не повреждается. При второй, проводимой универсальными стрельчатыми лапами, происходит интенсивное рыхление почвы. Поперечное вертикальное сечение почвы, разрушаемое лапой, считается близким к равнобокой трапеции с нижним основанием, равным ширине лапы, и верхним, равным ширине разрыхленной почвы на поверхности поля [51, 11, 17]. Расчеты показывают, что трещины скалывания (отрыва) почвенных комков проникают в зону расположения корней растений и повреждают их. Фактическая защитная зона при этом уменьшается с 10...12 см до 5...7 см.

Степень повреждения корневой системы во время второй культивации при существующей технологии достигает 30...35% (рис. 1).

Еще более значительное повреждение корневой системы отмечается при третьей культивации. В июне, то есть в момент проведения первой и второй междурядных обработок, величина плотности почвы бывает наибольшей [38, 29, 28]. Тогда же происходит интенсивный рост корневой системы [49, 26, 58]. Поэтому первую культивацию целесообразно проводить на большую глубину, чем принято в настоящее время, что позволит создать оптимальные условия по плотности в междурядьях для еще несформировавшейся корневой системы.

Набор рабочих органов должен включать односторонние бритвы, стрельчатые, долотообразные и универсальные лапы. Причем односторонние лапы должны располагаться впереди стрельчатых, так как в разрыхленной почве подрезание сорняков бритвами ухудшается, что ведет к обволакиванию лезвий лап растительными остатками. Кроме того, разрыхленный бритвами слой почвы приостанавливает распространение трещин скалывания в зону корней.

Вторую междурядную обработку во избежание повреждений корневой системы рекомендуется проводить двумя односторонними плоскорежущими или одной стрельчатой лапой, установленными на глубину не более 5...6 см, и одной долотообразной рыхлительной лапой, поставленной в середину междурядья на глубину не более 15 см. При такой тех-

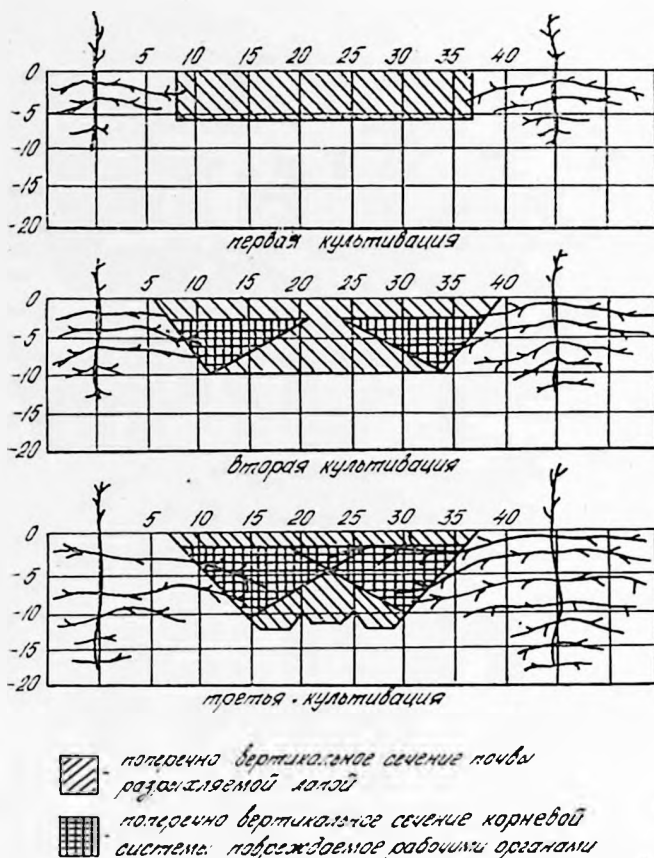


Рис. 1. Зоны повреждения корневой системы сои при междурядных обработках

нологии обработки степень повреждения корней значительно снижается.

Учитывая характер расположения корневой системы сои (см. рис. 1), конструкция рабочего органа должна обеспечивать дифференцированную обработку почвы по глубине, постепенно уменьшая ее с удалением от центра междурядья.

Пропашные культиваторы, применяемые в настоящее время на обработке посевов сои, с их набором основных рабочих органов обеспечивают рыхление почвы и уничтожение сорняков в лучшем случае на 60% обрабатываемой площади [58]. Обработка оставшейся площади, то есть защитных зон

рядков, проводится прополочными боронками, которые устанавливаются на культиваторе в виде приспособлений. Практика показала, что они не всегда обеспечивают удовлетворительное рыхление почвы и уничтожение сорняков в защитной зоне. Исследованиями, проведенными на Украинской МИС, установлено, что увеличение плотности почвы и высоты сорняков приводит к резкому снижению степени их уничтожения.

Лучшие результаты уничтожения сорняков на уплотненной почве показывают одинарные игольчатые диски, расположенные с положительным углом раствора, равным $10...15^\circ$ [20].

Таким образом, для обеспечения нормальных условий роста растений при междурядной обработке посевов сои необходимо добиваться: наиболее полного уничтожения сорняков как в междурядьях, так и защитных зонах рядков; рыхления междурядий с целью создать близкую к оптимальной плотность почвы и степень аэрации при наименьшем повреждении корневой системы; поддержания обрабатываемой поверхности поля в ровном состоянии.

Сравнительно невысокое качество выполнения отдельных технологических операций серийными машинами, как показывают исследования, проведенные в лаборатории механизации ВНИИ сои [40], являются следствием того, что разработка и совершенствование этих машин осуществлялись без достаточного учета особенностей физико-механических свойств сои. Между тем, семена сои резко отличаются от семян других культур и относятся к активно-подвижным материалам. В процессе производства они практически находятся во взаимодействии с рабочими органами всего комплекса машин. Поэтому, если мы хотим добиться повышения качества и эффективности работы машин, данный фактор должен учитываться обязательно.

Детальный анализ результатов исследований по данному вопросу на примере рабочих органов сеялки показывает, что существующие методы подхода при разработке основных элементов рабочих органов машин для возделывания сои — особенно тех, которые находятся во взаимодействии с такими активно-подвижными материалами, как семена сои, — пока не позволяют найти достаточно правильных решений. Так, технология подачи семян и удобрений в дисковом сошнике не отвечает требованию их равномерного распределения в почве. Семена и удобрения, двигаясь по ходу движения вперед по направлятелю, получают высокую относительную скорость, что приводит к значительному снижению качества распределения семян в рядке. Такая же картина на-

блюдается при работе сепарирующих и транспортирующих рабочих органов зерноочистительных машин, поточных линий, комбайнов, погрузочно-разгрузочных средств и др. Так, перемещение семян сои с относительно высокими скоростями (в отдельных случаях эта величина в 3...4 раза превышает оптимальные значения) по рабочим поверхностям приводит к резкому нарушению технологического процесса и, как следствие, к снижению качества работы [40].

Принимая во внимание эту особенность, при разработке рабочих органов машин для производства сои следует обязательно учитывать активность движения отдельных семян или всего материала. Точность распределения семян вдоль рядка или туков в ленте, например, может быть достигнута за счет оптимизации скорости движения семян и туков в момент их подачи в почву.

Качество работы сепарирующих рабочих органов, ленточных транспортеров, горок, воздушных систем и ряда других рабочих органов также может быть повышено за счет оптимальной скорости подачи и перемещения семян по рабочим поверхностям. Об этом свидетельствуют теоретические и экспериментальные исследования В. П. Горячкина, В. А. Кубышева, Н. М. Летошнев, В. В. Гортиновского, В. М. Цециновского.

Исследования по влиянию средней скорости перемещения семян по рабочей поверхности на качественные показатели [56] также подтверждают правильность принятых предложений.

Таким образом, одним из способов повышения эффективности рабочих органов при взаимодействии с активно подвижными материалами является оптимизация процесса их перемещения относительно рабочей поверхности. Повышение качества распределения может быть достигнуто, кроме того, за счет совершенствования дозирования, благодаря применению аппаратов точного высева.

В этой связи исследования по изучению сущности протекаемого процесса при взаимодействии элементов рабочих органов машин и приспособлений с активно подвижными семенами сои, цель которых разработать методы и средства, обеспечивающие повышение их эффективности, имеют большое научно-практическое значение.

Одно из требований, которое предъявляется к механизированной уборке и послеуборочной обработке сои, — максимальное сохранение выращенного урожая. Для этого технология уборки и послеуборочной обработки должна предусматривать минимальные потери, низкий процент механиче-

ского повреждения зерна и качественную очистку вороха.

Уровень потерь и механических повреждений сои находится в прямой зависимости от условий и технологии уборки, биологических особенностей растений, а также конструктивно-технологических параметров основных рабочих органов уборочной машины.

К уборке сои приступают, когда зерно достигает хозяйственной спелости (лист опал, стебли и бобы бурые, сухие, зерно принимает нормальную форму и цвет, отделяется от створок боба). В условиях Дальнего Востока влажность растений сои во время уборки колеблется в пределах 11...53,7%, а зерна — 7,9...20%.

У большинства сортов сои значительная часть бобов находится в нижней части растений (рис. 2). Так, у сорта Амурская 310 бобы располагаются следующим образом: в зоне 0...5 см от поверхности почвы—1,58%, в зоне 5...10 см—7,13%, 10...15 см — 18,44%. Отсюда следует, что уборку сои нужно производить на минимально возможной высоте среза. При увеличении ее потери за жаткой резко возрастают.

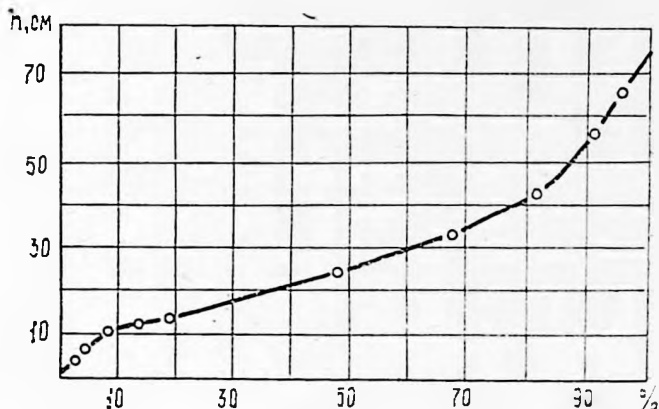


Рис. 2. Распределение урожая сои по высоте стебля.

Наибольший процент потерь урожая наблюдается за жаткой комбайна. В зависимости от условий уборки они достигают 8...20% урожая на корню. Потери урожая за жаткой складываются из несрезанных, опавших бобов и свободного зерна, что объясняется низким прикреплением и осыпанием их при воздействии планок мотовила на стебли сои.

Основную часть потерь (до 60%) составляют опавшие бобы. Наличие несрезанных бобов объясняется их низким

расположением, в то время как потери опавшими бобами свидетельствуют о неудовлетворительной работе мотовила, граблины которого очесывают стебли при внедрении в растительную массу. Поэтому вопрос снижения потерь урожая необходимо решать как путем уменьшения их от несреза, так и улучшением качественных показателей работы мотовила.

Анализ работы механизма копирования серийной жатки показывает, что существующая конструкция соединения жатки с наклонной камерой не обеспечивает равномерности высоты среза. При неровностях поля в результате продольных колебаний корпуса комбайна и жатки последняя касается почвы передней или задней частью опорного листа, что приводит к увеличению высоты среза, а следовательно, к увеличению потерь урожая.

Исследования, проведенные в лаборатории механизации ВНИИ сои, показали, что по мере продвижения обмолаченной массы в двухбарабанной молотилке комбайна увеличивается процент повреждения семян, а масса 1000 семян снижается. Так, если первым барабаном дробится 4...6%, а микроповреждается 5...7% вымолоченного зерна, то вторым барабаном — соответственно 29 и 9%, что значительно выше по сравнению с контролем (бункерным зерном). Масса 1000 семян, вымолоченных первым барабаном, на 5,2...6,4 г выше бункерного зерна.

Как показали специально поставленные полевые опыты, зона вымолота зерна значительно влияет на его продуктивность и полевую всхожесть. Так, полевая всхожесть семян, вымолоченных первым молотильным барабаном, на 9,1% выше, чем смешанных, растения имеют на 7,16...7,58 бобов больше. Продуктивность одного растения здесь в 1,5 раза выше контроля, а репродуктивная способность одного зерна выше в 1,7...1,9 раза [40].

Как показали опыты, урожай на делянках, засеянных семенами из-под первого барабана, составил 14,1 ц/га., а на контроле — 11,9 ц/га.

Следовательно, чтобы получить высококачественный семенной материал, зерно при двухфазном обмолоте сои необходимо разделить на два потока: в первый выделить вышедшее из-под первого барабана (семенная фракция), во второй — из-под остальных рабочих органов молотилки (товарная фракция).

В системе агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожайности сои, важное значение имеет обеспечение хозяйств высококачественными семенами лучших

районированных сортов. Многолетняя практика эксплуатации серийных машин, агрегатов и комплексов показала, что существующая технология недостаточно эффективна на очистке семян сои, так как ворох ее по своим физико-механическим свойствам значительно отличается от вороха зерновых культур. Наиболее трудноотделимыми примесями являются семена сои, битые поперек, загнившие, больные, поврежденные вредителями, морозобойные, а также семена дурнишника.

Низкое качество очистки сои на типовых линиях объясняется прежде всего несовершенством технологии, низкой эффективностью работы сепарирующих рабочих органов и высокой степенью механического повреждения зерна транспортирующими рабочими органами. Одной из причин низкого качества очистки является отсутствие или недостаточный набор решет для разделения соевого вороха по размерным признакам.

Аспирационные каналы серийных зерноочистительных машин, рассчитанные на сепарацию зерновых культур, как показали исследования, недостаточно эффективно очищают более тяжелые семена сои, хотя по физико-механическим свойствам при более высоких скоростях воздушного потока соя может эффективно очищаться и сортироваться.

Транспортирующие рабочие органы поточных линий при сложившейся схеме расстановки машин в линии, а также рабочие органы самих зерноочистительных машин (распределительные шнеки, питательные валки и т. д.) в значительной степени травмируют зерно. Так, при однократном пропуске вороха сои через поточную линию КЗС-20 содержание поврежденных семян увеличивается с 10% до 25... 30% [40].

Вертикальное транспортирование семян в поточной линии осуществляется норями, многократное перемещение которыми приводит к значительным механическим повреждениям. Это снижает лабораторную и полевую всхожесть сои, ухудшает продуктивные качества растений.

Большая повреждаемость зерна сои при транспортировании его норией свидетельствует, что режим работы норы и ее рабочих органов не полностью соответствуют физико-механическим особенностям культуры.

Изучение влияния различных факторов на степень дробления и микроповреждения зерна при транспортировании его норией показало, что существенную роль здесь играют механические свойства материала рабочего органа и скорость его соударения с зерном. По данным С. П. Присяж-

ной [39], у зерна сои Амурская 310 кондиционной влажностью при соударении со стальной плоской поверхностью начало повреждения соответствует скорости удара 5 м/с. А на основании теоретических исследований этой скорости соответствует сила удара, равная 84 Н. Следовательно, увеличение силы удара свыше 84 Н должно неизбежно повлечь за собой механическое повреждение зерна сои.

Широкий круг исследований по изысканию методов снижения механических повреждений семян, которые проводятся у нас и за рубежом, свидетельствует об актуальности данной проблемы и о том, что она далеко еще не решена, особенно для такой культуры, как соя.

Методы снижения механических повреждений за счет исследования неметаллических материалов пока не нашли широкого применения (в молотильных аппаратах и транспортирующих рабочих органах) из-за быстрого их износа. Кроме того, эти материалы обладают высоким коэффициентом трения, в результате возникает опасность защемления или перетирания, что для двухсемядольных семян сои крайне нежелательно. Снижение же усилий, возникающих при силовом взаимодействии, только за счет изменения режима работы (уменьшение числа оборотов, скорости движения, силы удара и др.) не всегда дает положительный результат, поскольку в данном случае мы заведомо нарушаем режим работы того или иного рабочего органа.

Для решения проблемы предлагается метод, основанный на снижении усилий, возникающих между зерном и рабочим органом, за счет замены жесткой связи (в молотильном аппарате, например, между барабаном и подбарабаньем) на подвижную. При этом величины перемещения рабочего органа не должны превышать допустимые пределы, которые определяются технологическими требованиями.

Механические повреждения могут быть снижены за счет уменьшения частоты вращения, а также скорости перемещения рабочего органа в пределах, которые не ведут к нарушению технологического процесса. Данные методы приемлемы в основном для тех типов рабочих органов, которые воздействуют на зерно с двух диаметрально противоположных направлений. При одностороннем воздействии рабочего органа механические повреждения можно снизить, применяя более эластичные материалы.

Не менее важный прием снижения поврежденности зерна — использование оптимальных сроков уборки и подработки, когда его влажность позволяет уменьшить травмирование до минимальной величины. Для семян сортов, район-

рованных на Дальнем Востоке, оптимальная влажность — 15...17%.

Таким образом, проведенный анализ механизированной технологии производства сои позволяет установить, что главными направлениями в повышении эффективности средств механизации являются:

- повышение качественных показателей работы машин;
- снижение механических повреждений зерна;
- сокращение потерь урожая.

При этом основными вопросами, которые должны быть решены, являются:

на внесении гербицидов — повышение равномерности внесения рабочего раствора в почву; повышение качества его заделки;

на внесении удобрений — обеспечение внесения их в корнеобитаемый слой на глубину 10...12 см;

на предпосевной подготовке почвы — повышение качества рыхления, степени уничтожения сорняков, качества выравнивания поверхности, создание оптимальной плотности почвы;

на посеве — повышение качества распределения семян вдоль ряда, по глубине, обеспечение изолированного внесения удобрений в рядок, создание оптимального контакта семян с почвой, снижение механических повреждений семян;

на междурядной обработке посевов — повышение степени уничтожения сорняков, повышение аэрации почвы в области корневой системы, снижение механических повреждений корней;

на уборке — снижение потерь зерна, снижение его механических повреждений, повышение качества очистки вороха;

при послеуборочной обработке — повышение качества очистки от трудноотделимых примесей, сокращение потерь основной культуры в отходы, снижение механических повреждений зерна.

В качестве основных методов и средств повышения эффективности механизации могут быть предложены:

оптимизация технологических процессов производства сои и на ее основе — принципиально новые технические решения;

- локально-ленточный метод внесения удобрений;
- дренажный метод междурядной обработки;
- дифференцированная обработка междурядий по глубине;
- снижение конструктивной высоты среза хедера;
- автоматическое снижение продольных колебаний хедера

при уборке (механизм стабилизации высоты среза);
двухпоточная очистка вороха в комбайне;
пневмовибрационная очистка семян от трудноотделимых примесей;
подвижное соединение основных элементов рабочих органов, находящихся в контакте с семенами;
транспортирование семян большими порциями с малыми скоростями (тихоходная норня);
каскадная технология послеуборочной обработки семян сон.

При разработке средств механизации должен быть принят комплексный подход, который позволяет получить более объективный конечный результат с учетом влияния основных звеньев технологического процесса.

Качественное выполнение механизированных операций технологического процесса определяется прежде всего соответствием рабочих органов машин биологическим и физико-механическим свойствам растений и семян, а также правильным выбором конструкций отдельных элементов рабочих органов, что позволяет создать оптимальные условия для выполнения технологических операций.

Основоопределяющими положениями для оптимизации технологических процессов производства сон являются преобладающие свойства растений и семян, которые в значительной степени влияют на выполнение той или иной операции. У сон такие особенности — высокая степень подвижности семян, подверженность их механическому разрушению, высокое расположение бобинков и слабая их связь с растением.

Если рассматривать работу рабочих органов машин поэлементно, то каждую операцию можно характеризовать технологическими показателями, которые в совокупности выражают сущность протекающего процесса. Основными показателями технологического процесса на предпосевной обработке почвы, например, являются степень сохранения влаги и уничтожения сорняков, выровненность и структура почвы. При внесении удобрений такие показатели — глубина, равномерность распределения и концентрация их в почве. Внесение гербицидов характеризуется равномерностью распределения и качеством заделки рабочего раствора. Показатели посева — равномерность распределения семян в рядке и по глубине, почвенная прослойка с туками и плотность в зоне рядка, а уборки и очистки — потери, механические повреждения и полная выделенность примесей.

Установлено [25, 23, 28, 29, 33, 55, 59, 12, 15], что каж-

дый показатель технологического процесса оказывает определенное влияние на формирование и сохранение урожая (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Показатели эффективности технологических процессов
производства сои

Технологическая операция	Кз	Пксер	Пкпнов	Пксер-Кз	Пкпнов-Кз
<i>Предпосевная обработка</i>					
Сохранение влажности почвы	0,073	0,72	0,89	0,0525	0,0650
Уничтожение сорняков	0,073	0,67	1,0	0,0489	0,0730
Выравнив. поверхности	0,012	0,46	1,0	0,0055	0,0120
Структура почвы	0,012	0,78	0,98	0,0093	0,0117
Плотность	0,024	0,83	1,0	0,0199	0,0240
				0,1361	0,1857
<i>Внесение удобрений</i>					
Глубина заделки	0,067	0,5	1,0	0,0335	0,0670
Равномерность распр.	0,040	0,47	1,0	0,0188	0,0400
				0,0523	0,1070
<i>Внесение гербицидов</i>					
Распред. по площади	0,056	0,42	0,88	0,0235	0,0493
Заделка	0,040	0,31	0,27	0,0124	0,0288
				0,0359	0,0781
<i>Посев</i>					
Распред. семян в рядке	0,029	0,53	0,82	0,0153	0,0238
То же по глубине	0,053	0,72	0,95	0,0214	0,0503
Почвенная прослойка	0,024	0,31	1,0	0,0074	0,0240
Плотность почвы	0,012	0,72	1,0	0,0086	0,0120
Дробление высев. ап-паратом	0,013	0,95	1,0	0,0123	0,0130
				0,065	0,1231
<i>Междурядная обработка</i>					
Уничтожение сорняков	0,048	0,65	0,85	0,0312	0,0408
Поврежд. культ. раст.	0,029	0,78	0,94	0,0226	0,0273
Аэрация	0,016	0,73	0,92	0,0117	0,0147
<i>Уборка</i>					
Очистка вороха	0,011	0,84	0,94	0,0092	0,0103
Потери от недомолота	0,007	0,98	1,0	0,0068	0,0070
То же за режущим ап-паратом	0,048	0,38	0,93	0,0182	0,0446
То же за мотовилом	0,037	0,42	0,98	0,0155	0,0362
То же за счет недостаточной герметиз.	0,025	0,68	0,91	0,0170	0,0227
Дробление молотилкой	0,057	0,65	0,90	0,0370	0,0513
То же транспортером	0,022	0,70	0,85	0,0154	0,0187
				0,1191	0,1908

Технологическая операция	Кз	Пксер	Пкнов	Пксер.Кз	Пкнов.Кз
<i>Послеуборочная обработка</i>					
Очистка семян	0,035	0,72	0,98	0,0252	0,0343
Сортировка	0,030	0,22	0,85	0,0066	0,0255
Потери зерна	0,029	0,88	0,98	0,0255	0,0284
Дробление зерна	0,038	0,75	0,92	0,0285	0,0349
				0,0858	0,1231
Дробление при погруз- ке, транспорт. и разгрузке	0,040	0,78	0,89	0,0312	0,0356
				0,5909	0,9262

Применяя метод квалиметрии и его основные принципы (1), качество выполнения всего технологического процесса можно рассматривать как иерархическую систему, составляющими элементами которой являются отдельные технологические операции. При этом показатель качества технологической операции можно представить как функцию отношения базового показателя, определяемого агротехническими требованиями, к его действительному значению. Для выполнения этого условия все показатели качества, превышающие агротехнические требования, при расчете не рассматриваются. Если величина отклонения показателя как в меньшую, так и в большую сторону от базового одинаково влияет на качество, то при расчете показателя качества в знаменатель ставится величина, большая по значению.

Показатель качества — величина универсальная и может характеризовать любую технологическую операцию, а также весь процесс в целом. Однако он характеризует только физическую его сторону, поскольку не затрагивает значимость данной технологической операции в общем процессе.

Если рассматривать работу рабочих органов машины поэлементно, то каждую операцию можно характеризовать показателями, которые в совокупности выражают весь технологический процесс. При этом отношение величины какого-либо показателя технологической операции к его заданному значению (например, по условиям агротехнических требований) будет показателем качества элемента технологической операции.

Чтобы оценить эффективность технологического показателя, необходимо знать, какой удельный вес он занимает в технологической операции. Тогда эффективность показателя определяется как произведение коэффициента значимости и

показателя качества. Эффективность же всего процесса определяется по формуле:

$$\Theta = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\sum_{i=1}^{i=z} \Pi_{\chi_i} \cdot \chi_{ji} \right) \quad (1)$$

где: Π_{χ_i} — показатель качества;

χ_{ji} — коэффициент значимости.

Анализ общего уравнения показывает, что основными факторами, определяющими уровень производства сои при механизированной технологии с учетом ее биологических особенностей, являются качество выполнения технологических операций, степень механических повреждений зерна при силовом взаимодействии с рабочими органами и величина его потерь.

Дифференцированный подход к оценке технологического процесса рабочих органов позволяет глубже раскрыть механизм влияния отдельных факторов на формирование урожая и выбрать главные из них при разработке специальных машин.

В общем виде основное условие можно представить:

$$Q_{\max} = A_{\text{ср}} + \sum_{i=1}^{i=n} (\lambda_i - A_{\text{ср}}) \sum_{i=1}^{i=n} (\Pi_{\chi} \cdot \chi_{ji}) - \sum_{i=1}^{i=n} P - \sum_{i=1}^{i=n} D \quad (2)$$

где: $Q_{\max}$ — максимальное количество произведенной продукции;

$A_{\text{ср}}$ — средняя урожайность в естественных условиях;

A_d — урожайность с применением всей системы агротехники;

$i=1$

$\sum (\Pi_{\chi} \cdot \chi_{ji})$ — эффективность средств механизации;

$i=1$

$i=1$

$\sum P$ — суммарные потери зерна;

$i=1$

$i=1$

$\sum D$ — суммарная величина дробления зерна.

$i=1$

Условие (2) выражает зависимость количества произведенной продукции от эффективности сорта, агротехники и средств механизации. В качестве основного критерия оптимизации для условия (2) предлагается принять следующие значения:

$$F = \sum_{i=1}^{i=n} (n_k \cdot X_3) - \max; F = \sum_{i=1}^{i=n} \rightarrow \min; F = \sum_{i=1}^{i=n} A \rightarrow \min \quad (3)$$

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН С АКТИВНО-ПОДВИЖНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Производство сои связано с выполнением значительного количества отдельных технологических операций, в которых рабочие органы машин находятся в непосредственном взаимодействии с активно-подвижным сыпучим материалом. К таким материалам относятся прежде всего семена сои и гранулированные удобрения.

Имея форму тела, близкую к шару, семена сои и гранулы удобрений в значительной степени подвержены активному перемещению по контактирующим поверхностям. Между тем технологические схемы и конструкции отдельных узлов и рабочих органов машин, выпускаемых для сельскохозяйственного производства, разрабатывались, как правило, с учетом свойств семян зерновых культур, имеющих значительно меньшую подвижность и текучесть, чем соя, горох и гранулы удобрений. Об этом свидетельствуют данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Показатели подвижности семян сои, пшеницы и гранул удобрений

Материал	Выс. распол. центра тяжести	Кэфф. сферичности, сред.	Кэфф. сферичности, миним.	Кэфф. сферичности, макс.	Кэфф. трения (по стали)		Угол начала движ. материала, град.
					качения	скольжения	
С о я							
ВНИИС-1	3,1	0,8605	0,705	0,981	0,06	—	3,8
Янтарнал	3,1	0,8817	0,631	0,984	0,05	—	3,5
Семена	3,1	0,8674	0,737	0,967	0,06	—	3,8
Амур-сая 310	3,2	0,8998	0,804	0,999	0,05	—	3,5
ВНИИ-2	3,2	0,8337	0,703	0,983	0,07	—	4
МК-1	3,15	0,8557	0,694	0,959	0,07	—	4
Пшеница Ам. 7-1	1,4	0,1574	0,092	0,192	—	0,38	21
Гранулы удобр.	1,4	0,8312	0,698	0,964	0,18	—	10

Семена сои, имея достаточно высокий по сравнению с пшеницей коэффициент сферичности и более высокое расположение центра тяжести, начинают перемещаться уже при незначительных углах наклона поверхности. С увеличением данного угла и длины рабочей поверхности скорость движения семян, особенно шарообразных, может достигнуть величины, значительно превышающей оптимальную. В результате нарушаются качественные показатели технологического процесса, увеличиваются механические повреждения и потери зерна. При посеве нарушается закономерность распределения семян вдоль рядка, при локально-ленточном способе внесения удобрений — равномерность распределения туков, при очистке семян — условия прохождения семян через отверстия решета, при транспортировке ленточным транспортером — процесс начального движения семян и т. д.

Если рассматривать технологический процесс работы рабочих органов, находящихся во взаимодействии с активно-подвижными материалами (семена сои, гранулы удобрений) поэлементно, то его можно охарактеризовать двумя основными показателями: скоростью подачи материала на рабочую поверхность и скоростью его движения по рабочей поверхности. Степень нарушения технологического процесса будет зависеть от величины отклонения скорости движения материала по рабочей поверхности от заданного значения и характеризовать качественную сторону протекаемого процесса. При этом показатель качества можно представить как функцию от скорости перемещения по рабочей поверхности.

Данная зависимость подтверждается исследованиями, проведенными В. П. Горячкиным [9, 10], Н. И. Летошневым [27], В. В. Гортинским [13], В. А. Кубышевым [24], В. М. Цециновским [57], М. И. Богомоловым [2] и др., которые дают основание утверждать, что одним из факторов, влияющих на качественные показатели рабочих органов машины, является относительная скорость перемещения зернового материала по рабочей поверхности. В основу этих исследований положена классическая схема, позволяющая определить скорость перемещения семян и условия их прохождения в отверстия определенной длины. Поэтому полученные теоретические зависимости применимы в основном для сепарирующих рабочих органов.

Однако технологический процесс всего комплекса механизированных работ предусматривает значительный объем перемещения зернового материала по другим рабочим органам, устройствам и механизмам. В этой связи изучение про-

цесса перемещения зернового материала, особенно активно-подвижного, по различным поверхностям рабочих органов машин имеет большое теоретическое значение, поскольку качественные показатели рабочих органов, как уже было сказано, в значительной степени зависят от скорости движения зерна.

Эффективность работы рабочих органов машин, применяемых для производства сои, в еще большей степени зависит от условий взаимодействия, так как зёрна сои более подвижны по сравнению с другими семенами. Скорость и направление подачи семян, например, по семянаправителю сошника (рис. 3а) должны быть такими, чтобы сумма горизонтальной проекции и скорости движения сеялки равнялась нулю. Только в этом случае равномерность распределения семян вдоль рядка может быть достаточно высокой. В случае нарушения этого условия семена в момент контакта с почвой, приобретая относительную скорость, будут раскатываться, и их расположение вдоль рядка приобретет случайный характер.

То же самое происходит и при очистке семян (рис. 3 г, д, ж). Изменение относительной скорости движения их по сравнению с заданной приводит к резкому снижению полноты выделения. При нарушении скорости подачи семян на движущиеся поверхности ленточного транспортера, горки, зернопульта (рис. 3 в, е, з) происходит их сгруживание, осыпание и снижение производительности.

Существенное влияние условий подачи активно-подвижных материалов, какими являются семена сои, на технологический процесс рабочих органов требует более детального изучения этого процесса.

Обобщенная схема процесса движения активно-подвижного материала по рабочей поверхности может быть представлена в виде материального шарообразного тела, движущегося по кривой произвольной формы. При этом движение тела можно рассматривать как сложное, поскольку, наряду с его относительным движением по направлению, имеет место движение вместе с машиной (переносное движение). Задача состоит в том, чтобы теоретически подобрать такую форму кривизны рабочей поверхности, которая бы обеспечила бы оптимальную относительную скорость движения тела.

При решении задачи были приняты следующие допущения:

частицы материала имеют форму шара и являются твердыми телами;

каждая частица движется по направлению, не соприка-

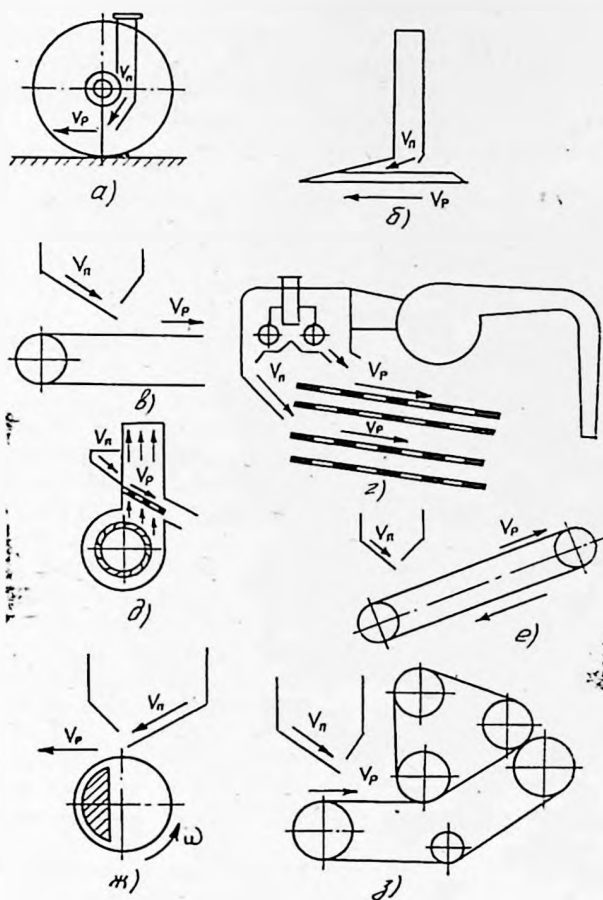


Рис. 3. Схема движения материала по различным рабочим поверхностям.

саясь с другими;

в процессе движения имеет место непрерывный контакт между частицей и поверхностью;

скорость машины постоянна;

сопротивление воздуха не учитывается.

При решении задачи принимается во внимание как трение скольжения, так и трение качения.

На основании теоретических исследований было получено уравнение процесса движения семян сон по криволиней-

ной рабочей поверхности. В общем виде оно может быть представлено:

$$X_c(T) = (R - r) \alpha_B \sin \alpha_B = \frac{H(R - r)}{R} \alpha_B \quad (4)$$

где: α — угол, определяющий положение семян на криволинейной рабочей поверхности;

R — радиус кривизны рабочей поверхности;

r — радиус зерна;

H — вертикальная проекция криволинейной рабочей поверхности.

Экспериментальная проверка процесса движения семян сои по криволинейной рабочей поверхности показала, что полученная теоретическая зависимость (4) справедлива как для единичных семян, так и для их перемещения в потоке (рис. 4).

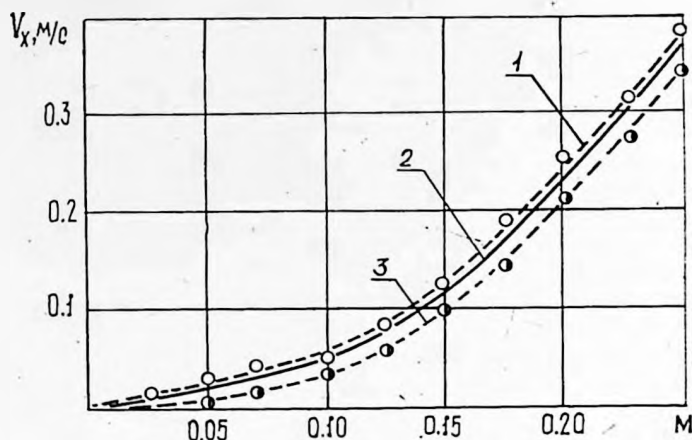


Рис. 4. Характер изменения горизонтальной составляющей относительно скорости движения семян сои по криволинейной поверхности:

1 — теоретическая кривая; 2 — кривая движения единичных семян; 3 — кривая движения семян в потоке.

Экспериментальные исследования проводились на семенах сои сорта ВНИИС-2, имеющих коэффициент сферичности 0,83 и коэффициент трения качения 0,07. В качестве рабочей поверхности был взят металлический семянправитель, форма которого выполнена по дуге окружности радиу-

сом 0,25 м. Скорость перемещения семян по семянаправителю определялась при помощи скоростной киносъемки аппаратом СКС-1М.

Теоретические исследования и их экспериментальная проверка позволяют сделать вывод, что полученная теоретическая зависимость может быть использована при определении оптимальных конструктивных параметров рабочих органов машин, находящихся во взаимодействии с семенами, имеющими форму шара, — в частности, с семенами сои.

Экспериментальная проверка конечного уравнения подтвердила правильность выбора основных положений теоретических исследований. Основным показателем при определении оптимальных параметров является относительная скорость перемещения семян по рабочей поверхности.

Относительная скорость перемещения шарообразных семян, какими являются семена сои, — существенный фактор, определяющий качественные показатели рабочих органов машин, и зависит от формы семян, кривизны рабочей поверхности, начальной скорости движения, коэффициента трения и характера перемещения семян.

Для практической реализации основных теоретических положений была разработана программа решения задачи на примере оптимизации процесса распределения семян сои при посеве. Задача заключалась в определении оптимальной формы семянаправителя сошника сеялки, которая бы обеспечивала минимальную относительную скорость семян при укладке в рядок. Для решения полученных уравнений была разработана программа для ЭЦВМ на языке ФОРТРАН-IV применительно к ЕС-1020.

В результате реализации этой программы на ЭЦВМ установлено, что горизонтальная составляющая абсолютной скорости семян в момент выхода из семянаправителя находится в прямопротивоположной зависимости от радиуса его кривизны.

Наименьшая величина проекции абсолютной скорости, при которой семена имеют наибольшую вероятность равномерно расположиться вдоль рядка, для различных положений семянаправителя изменяется по параболической зависимости. В таком случае семена сои направляются в бороздку строго вертикально. Все это справедливо, если скорость перемещения сеялки будет равна 1,94 м/с, а начальная скорость семян в сошнике составит 0,8 м/с.

Для данной зоны расположения оптимальный радиус кривизны рабочей поверхности семянаправителя должен быть равен 0,162 м. Положение выходного отверстия семя-

направителя определяются величинами вертикальной и горизонтальной проекции ее криволинейной части, которые соответствуют величинам 0,145 и 0,09 м. При данных конструктивных параметрах горизонтальная проекция абсолютной скорости семян в момент выхода из семянаправителя близка к нулю и равняется 0,0111 м/с.

Существенное влияние на основное условие движения семян по семянаправителю оказывает их начальная скорость при вхождении в патрубок корпуса сошника. При изменении этой скорости в диапазоне 0,2...0,8 м/с происходит незначительное снижение горизонтальной направляющей скорости семян. Это объясняется тем, что семена, имеющие незначительную начальную скорость, не успевают разогнаться по семянаправителю, чтобы горизонтальная составляющая относительно скорости достигла величины скорости перемещения сеялки.

Дальнейшее увеличение начальной скорости семян выше оптимальной приводит к резкому нарушению технологического процесса работы сошника. Это происходит за счет быстрого увеличения относительной скорости зерна, а следовательно, ее горизонтальной составляющей, что в свою очередь приводит к резкому снижению степени равномерности распределения их вдоль рядка.

Полученные теоретические зависимости показывают, что с увеличением скорости движения сеялки величина начальной скорости подачи в семянаправитель должна вырастать.

Проведенные теоретические исследования показали, что эффективность рабочих органов, находящихся во взаимодействии с такими подвижными семенами, как соя, в значительной степени зависит от их относительного перемещения и требует специального подхода при разработке новых конструкций.

3. СНИЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕМЯН ПРИ СИЛОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Механизированное производство сои предусматривает значительное количество технологических операций, где семена подвергаются силовому воздействию со стороны рабочих органов машин и приспособлений. Наряду с полезной работой, которую выполняют рабочие органы (перемещение, обмолот, дозировка и т. д.), происходят и отрицательные явления в виде механических повреждений зерна.

Особенно большой процент повреждений наблюдается у крупносемянных культур с малой механической прочностью. К таким культурам относится соя. Ее подверженность значительным разрушениям объясняется прежде всего особенностями строения самого семени. Соевое семя состоит из трех частей — семенной оболочки, зародыша и семядолей. Семядоли, составляющие основную часть объема и веса семени, удерживаются оболочкой, имеющей незначительные прочностные свойства. Любое ее повреждение приводит к распадению семени на две семядоли, повреждению зародыша и, как правило, к его гибели.

По данным В. В. Назаренко [30], даже при скорости удара 8 м/с повреждение семян сои составляет 28—37%. С увеличением скорости у всех сортов наблюдается резкое возрастание количества поврежденных семян. При скорости удара 17 м/с семена всех сортов сои повреждаются полностью.

Существенное влияние на величину механических повреждений оказывает влажность зерна. С уменьшением ее до определенного предела дробление зерна нарастает медленно, а затем резко возрастает. Установлено, что с увеличением влажности с 12,9 до 14,4% дробление зерна при обмолоте уменьшается более чем втрое. Меньше всего семена сои склонны к повреждаемости при кондиционной влажности 14...14,5%. Это и есть номинальная влажность, при которой механические повреждения сои будут минимальными.

Смещение порога дробления в сторону наименьшей влажности объясняется тем, что в этом состоянии зерно сои приобретает упруго-хрупкое состояние и характеризуется большим модулем упругости и малыми пределами разрушающей деформации. В таком состоянии оно менее устойчиво к динамическим нагрузкам, чем более пластичное влажное зерно, так как с увеличением модуля упругости максимальная сила удара увеличивается. Благодаря малым деформациям у сухих семян величина площади контакта уменьшается и одновременно с этим увеличивается удельное контактное давление. С ростом удельного давления увеличивается напряжение в зоне контакта, величина которого определяет повреждаемость зерна.

Увеличение пластических свойств по мере повышения влажности зерна ведет к снижению общей силы удара, увеличению площади контакта, а следовательно, и к уменьшению напряженности материала в его зоне. Поэтому критические нагрузки для сухого зерна значительно ниже, чем для более влажного. Принято считать, что зерно с влажностью

до 10...12% — упруго-хрупкое, 12...18% — упруго-пластичное и свыше 18% — пластичное.

Исследования зависимости коэффициента восстановления от влажности, проведенные В. В. Назаренко [30], подтверждают принятое положение о связи свойств и влажности для семян сои и дают основание рассматривать семена сои при силовом взаимодействии как упруго-хрупкое или упруго-пластичное вещество, поскольку основной объем механизированных работ выполняется при влажности зерна 8...15%.

В настоящее время проведены значительные исследования по изучению механических повреждений семян, выявлению причин и характера повреждений, влиянию различных травм на рост и развитие растений, на урожайность. Практическая реализация результатов этих работ сводится в основном к снижению механических повреждений за счет применения неметаллических материалов, совершенствования конструкций рабочих органов и создания оптимальных режимов работы.

Снижение удельных нагрузок за счет замены металлических материалов рабочих органов неметаллическими в большей степени пригодно для семян таких культур, как пшеница, рожь, ячмень, овес и кукуруза и не всегда приемлемо для культур, семена которых имеют несколько семядолей (к их числу относятся и соя).

Применение более мягких материалов — резины, капрона и др. — безусловно снижает механические повреждения сои, но только в том случае, если процесс взаимодействия имеет чисто ударный характер. Однако при обмолоте, высеве, транспортировании, очистке и др., наряду с ударными нагрузками, возникают и более опасные с точки зрения разрушения контактные напряжения, вызванные принудительным перекатыванием, волочением и перетиранием. Для сои такой характер силового взаимодействия, когда между зерном и обрезающим элементом рабочего органа возникает большая сила трения, наиболее опасен, поскольку при определенных условиях результирующая сила вызывает перемещение семядолей относительно друг друга, в результате зерно подвергается быстрому разрушению, а зародыш теряет связь с семядолями и погибает. В процессе перекатывания происходит также деформация оболочки, что в свою очередь снижает ее прочность и способствует разрушению зерна.

Проведенные в 1979 г. экспериментальные исследования молотильного аппарата с обрезающими бичами и планками подбарабана подтвердили высказанные предположения.

Таким образом, применение амортизирующих устройств в

виде обрезненных элементов рабочих органов, с одной стороны, снижает силовые действия рабочих органов, что можно считать положительным явлением, а с другой стороны, увеличивая сцепление между подвижной частью рабочего органа и зерном, приводит к принудительному силовому перекатыванию сего и разрушению.

Использовать более эластичные материалы, при которых бы семена в процессе перекатывания не разрушались, также нерационально, поскольку может быть нарушен процесс вымолота зерна, а кроме того, такой материал быстрее изнашивается.

Указанный недостаток можно устранить, если в процессе силового взаимодействия при нагрузках, превышающих предельные значения, снизить удельное давление на зерно за счет изменения технологического зазора в пределах, которые не влекут за собой нарушения технологического процесса — то есть применить подвижную систему соединения рабочих органов вместо неподвижной, которая в настоящее время используется в серийных машинах. Величина изменения технологического зазора должна определяться из условия предельной деформации зерна. По данным исследований С. П. Присяжной [37], для слоя семян сои, толщиной в одно зерно величина деформации составляет 0,5 мм.

Для упруго-пластичного состояния семян сои предельно-допустимые деформации по сравнению с допустимыми, которые даются на технологические регулировки молотильного аппарата, высевающих аппаратов, транспортирующих и дозирующих устройств, имеют незначительные величины, а следовательно, изменение технологических зазоров не приведет к нарушению процесса работы того или иного рабочего органа. Величина этого изменения определяется согласно выражению:

$$x = ae^{-nt} \sin(\sqrt{k^2 - n^2}t + p) + M \sin(\bar{\omega}_t + \sigma - \varepsilon) \quad (5)$$

где: a , p — постоянные интегрирования;

n — коэффициент затухания;

k — частота свободных колебаний;

t — время воздействия возмущающей силы.

Деформация слоя семян, который рассматривался в виде однородного упругого тела, в значительной степени зависит от величины изменения технологического зазора, через который он проходит. Этот показатель (при условии, что на входе слой имеет толщину, равную величине зазора) опре-

делится как разница между технологическими зазорами на выходе и входе. В случае, когда система является не жесткой и вводится амортизирующее устройство, величина деформации слоя будет меньше на величину X , которая определяется из выражения 5.

$$\Delta h' = \Delta h - x, \quad (6)$$

Выражение 6 позволяет, задавшись предельными значениями деформации зерна, определить основные параметры рабочего органа и режимы его работы, при которых механических повреждений не будет вовсе или они будут сведены к минимуму.

$$h_{\max}^* = h + l \sin(\alpha + \beta) + \frac{v^2 \operatorname{tg} \alpha (1 - \operatorname{tg} \alpha)}{g} \quad (7)$$

Таким образом, для снижения механических повреждений величина деформации зерна при силовом взаимодействии не должна превышать допустимые значения. Чтобы выполнить это условие, конструкция рабочих органов машин и приспособлений должна предусматривать возможность снизить силовую нагрузку на зерно за счет автоматического изменения технологических зазоров. Практически данное условие можно выполнить за счет установки специальных амортизирующих устройств в местах возникновения нагрузок, превышающих предельные значения.

Полученная теоретическая зависимость позволяет, например, определить характер изменения деформации зерна в зависимости от кинематического режима работы молотильного аппарата.

Представленные на рис. 5 кривые изменения $\Delta h'$ показывают, что величина деформации сначала изменяется незначительно и находится в пределах 0,1...0,3 мм. Однако при увеличении частоты вращения свыше 5 с⁻¹ она резко возрастает. Причем эта величина в значительной степени зависит и от массы подбарабана. С точки зрения необходимости снизить повреждаемость зерна масса подбарабана должна быть как можно меньше. Однако, если учесть высокие требования, которые предъявляются к конструкции подбарабана, ее массу можно снизить только до определенного значения, в серийных конструкциях — в пределах 30...35 кг. Поэтому при обмолоте семян, наиболее подверженных механическим разрушениям, амортизирующие устройства целесообразно устанавливать не под подбарабанье, а под бичи, мас-

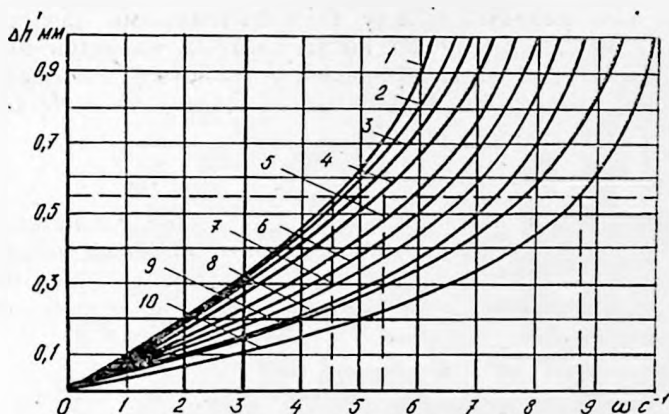


Рис. 5. Зависимость величины деформации семян от угловой скорости барабана для различных значений масс подбарабья (влажность — 13%; $E_1 = 3 \times 10^9$ н/м²; $X_0 = 14$ мм):
 1 — 100 кг; 2 — 80 кг; 3 — 60 кг; 4 — 40 кг; 5 — 20 кг; 6 — 10 кг; 7 — 7 кг; 8 — 4 кг; 9 — 3 кг; 10 — 2 кг.

са которых значительно меньше.

Основным критерием при анализе полученной зависимости является предельная величина деформации семян. По данным С. П. Присяжной [36], эта величина для сои сорта Амурская 310 при кондиционной влажности не должна превышать 0,53 мм.

Если провести пунктирную линию (рис. 5) для значения $\Delta h' = 0,53$ мм параллельно оси ординат, то перпендикуляры, опущенные из точек пересечения этой линии с линиями 1, 2...10, дадут предельные значения угловой скорости молотильного барабана, при которых семена еще не повреждаются. При увеличении угловой скорости выше критических значений семена сои будут подвергаться механическим повреждениям. Для семян, имеющих кондиционную влажность, величина угловой скорости молотильного барабана не должна превышать $5,0 \text{ с}^{-1}$, что соответствует частоте вращения 300 об/мин.

Экспериментальные исследования по изучению механических повреждений семян сои в процессе уборки подтверждают теоретические — по влиянию частоты вращения молотильного барабана на механические повреждения семян сои. Так, по экспериментальным данным, оптимальная частота вращения барабана комбайна СКД-5Р при уборке сои сорта

Амурская 310 с влажностью 12...14% составляет 270...350 об/мин.

Меньше, чем частота вращения молотильного барабана, но существенное влияние на деформацию семян оказывает величина начальной деформации упругой системы. Первоначальное увеличение ее до пределов 10...12 мм не вызывает заметных изменений. Однако при значениях свыше 12 мм происходит значительное увеличение деформации семян. Это обстоятельство свидетельствует, что при значительных значениях начальной деформации упругая система связи постепенно приближается к жесткой, что, в свою очередь, приводит к повышению механических повреждений зерна.

Экспериментальные исследования по изучению влияния начальной деформации упругой системы на механические повреждения семян сои подтвердили зависимость, полученную в результате теоретических исследований.

В качестве объекта исследований был взят молотильный аппарат комбайна СКД-5Р. Опыты проводились на участке поля, засеваемом соей сорта Амурская 310. Влажность семян составила 13,2%. В качестве амортизирующего устройства использовалась плотная резина с модулем упругости $6 \cdot 10^7$ н/м². Подвижной системой явилось подбарабанье. Частота вращения молотильного аппарата изменялась в пределах 1,67...16,67 с⁻¹.

Экспериментальными исследованиями установлено, что величина механических повреждений семян сои при изменениях X_0 в пределах 2...12 мм незначительна и составляет 1,7...2,2%. Причем при малых значениях X_0 (от 2 до 6 мм) увеличение недомолота незначительно — в пределах 0,08...0,12%. Это объясняется в основном тем, что при малых значениях X_0 происходит увеличение технологического зазора между барабаном и подбарабаньем. С целью повысить качество работы молотильного аппарата, имеющего упругую систему связи, величину начальной деформации амортизирующего устройства необходимо подбирать так, чтобы при максимальной нагрузке величина молотильного зазора не выходила за пределы допустимых значений.

Оптимальным значением начальной деформации резинового амортизатора толщиной 45 мм с модулем упругости $E_2 = 6 \cdot 10^7$ н/м², при котором происходит минимальное повреждение семян сои и максимальный вымолот, является $X_0 = 10...14$ мм. С увеличением X_0 свыше 16 мм количество повреждаемых семян возрастает в 1,5...2 раза и составляет 3,9...4,7%.

Таким образом, экспериментальные исследования пока-

зывают, что предложенный метод оценки механических повреждений семян через величину их деформации можно использовать как критерий оптимизации процесса обмолота культур, семена которых наиболее подвержены механическим разрушениям. При этом основными факторами, определяющими величину механических повреждений зерна, являются прочностные свойства семян, величина механического воздействия, инерционность подвижных элементов рабочего органа и жесткость упругой системы. Критерием оптимальной комбинации перечисленных факторов должно быть минимальное механическое повреждение семян.

4. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЗЕРНА В ПРОЦЕССЕ УБОРКИ

В процессе производства происходят значительные потери зерна сои, что связано главным образом с уборкой, транспортировкой, погрузкой, послеуборочной обработкой, посевом и междурядной обработкой. Суммарная величина потерь колеблется в пределах 12...27%. Среди основных причин их — высокая степень среза. Чтобы снизить потери зерна при уборке сои серийными комбайнами, предельно допустимая скорость движения должна составлять не более 0,83...1,11 м/с.

Для неровностей, выраженных относительно пологом подъемом, влияние скорости движения на величину среза жатки проявляется в меньшей степени, чем для более крутых неровностей. Наиболее существенные изменения наблюдаются при скорости 1,38 м/с.

С увеличением скорости движения комбайна более высокие гребни воздействуют на жатку с большей силой, в результате режущий аппарат начинает двигаться по более крутой параболе, что в свою очередь приводит к увеличению потерь зерна.

Величина изменения среза находится в прямопропорциональной зависимости от угла подъема гребня. Если для скоростей 0,278...0,833 м/с эта зависимость проявляется крайне незначительно, то при скорости свыше 1,11 м/с угол подъема оказывает более существенное влияние. С увеличением высоты гребня характер изменения максимальной высоты среза практически для всех скоростей движения остается постоянным. Однако для более высоких скоростей абсолютная величина пропорционально увеличивается. Это свидетельствует, что при постоянном угле подъема жатка движет-

ся без ускорения, а следовательно, в момент, когда задняя часть опорного листа займет положение в максимальной точке гребня, максимальная высота среза будет определяться в основном высотой гребня и конструктивной высотой среза, которые для одинаковой неровности поля остаются постоянными.

Установлено, что наибольшая высота среза, а следовательно, и потери получаются при колебательных движениях жатки, вызванных неровностями почвы, и относительном движении корпуса комбайна по отношению к жатке.

Для снижения высоты среза в систему соединения жатки с корпусом молотилки необходимо ввести автоматическое устройство, которое бы обеспечивало регулировку нижнего звена четырехзвенного механизма при помощи силового гидrocилиндра жатки. Поскольку высота среза находится в прямой зависимости от положения шарового шарнира жатки, следящее устройство автоматического механизма может быть установлено в месте соединения шарового шарнира с наклонной камерой.

Одним из основных источников потерь зерна при уборке сои является мотовило. Особенности строения куста сои вызывают, как правило, значительное очесывание бобов в процессе внедрения планки мотовила.

Установлено, что основную часть потерь (в среднем 55%) составляют опавшие бобы и бобы на повторно перерезанных, утеранных стеблях. На потери от несреза приходится 30%, свободного зерна — 15%.

Потери сои в виде опавших целых бобов и бобов с повторно перерезанных, утеранных стеблей свидетельствуют об очесывании и обламывании боковых побегов планками мотовила, а также о неудовлетворительной очистке режущего аппарата от несрезанной массы. Можно предположить, что очесывание бобов и боковых побегов происходит под действием силы, возникающей в месте контакта планки мотовила со стеблями.

Зависимость между оптимальным отношением окружной скорости мотовила к поступательной скорости комбайна и высотой стеблей сои может быть выражена уравнением прямой линии:

$$\lambda = 0,0153L + 0,6143, \quad (8)$$

где: L — высота стеблестоя.

Чтобы уменьшить потери урожая сои от воздействия рабочих органов мотовила при внедрении их в стеблестой, сечение грабли горизонтальной плоскостью должно быть пре-

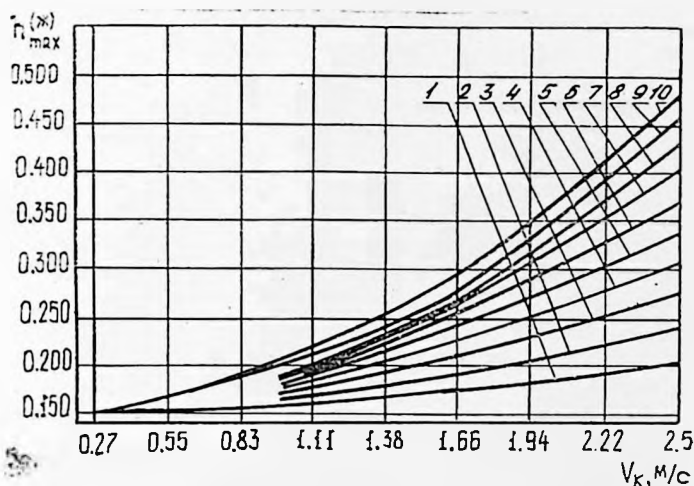


Рис. 6. Зависимость максимальной высоты среза жатки от скорости движения комбайна при различных значениях неровности почвы ($h=0,05$ м):

1 — 0,087; 2 — 0,140; 3 — 0,192; 4 — 0,244; 5 — 0,297; 6 — 0,349; 7 — 0,401; 8 — 0,454; 9 — 0,506; 10 — 0,541

рывистым, причем расстояние между соседними сечениями значительно превосходить диаметр стебля. А для надежного подвода стеблей к режущему аппарату и последующей его очистки от срезанной массы проекция грабли на горизонтальную плоскость должна представлять собой сплошную линию. Данным требованиям отвечают граблины с пальцами, имеющими волнистую форму в плоскости, параллельной валу мотвила (а.с. № 489473).

Лабораторные исследования показали, что граблины, выполненные в виде волнистых пальцев, позволяют снизить общие потери сои за жаткой. Так, при использовании серийной граблины, оборудованной планками с эластичными накладками, потери урожая при оптимальном отношении $\lambda=1,4$ составили 10,8%, а при граблинах с зигзагообразными пальцами снизились до 6,16%, то есть в 1,7 раза. Аналогичные результаты получены и в полевых исследованиях. Так, потери урожая, за вычетом потерь от несреза, за жаткой с экспериментальным мотвилем составили 1,38%, а за серийной — 2,35%.

Потери урожая сои от силового взаимодействия планок мотвила и стеблей при изменении отношения скоростей от 1 до 2 изменяются по параболическому закону. Величина оп-

тимального значения отношения скоростей находится в прямой зависимости от высоты стеблестой, и при изменении средней высоты стеблей от 45 см до 66 см ее пределы 1,3...1,6.

Рациональной конструктивной формой рабочих органов мотвила для уборки сои является граблина с волнистыми пальцами, обеспечивающими минимальное очесывание бобов и боковых побегов при внедрении в стеблестой, а также подведение стеблей к режущему аппарату и последующую его очистку от срезанной массы. Применение волнистых пальцев позволяет снизить потери урожая сои от воздействия мотвила в 1,5...1,7 раза.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, УБОРКИ И ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СОИ

Своеобразие почвенно-климатических условий Дальнего Востока, сравнительно низкая обеспеченность сельского хозяйства кадрами, а также большой объем производных в нем механизированных работ требуют всестороннего подхода к разработке комплекса машин для производства сои.

В последние годы большое внимание уделяется культуре земледелия, важнейшим элементом которой является обработка почвы. Успехи в возделывании сои в значительной степени зависят от сроков и качества выполнения механизированных работ.

Дальний Восток отличается большим разнообразием почв и непостоянством погодных условий, что должно быть учтено при определении способов и средств обработки почвы, позволяющих обеспечить сохранение в ней влаги, эффективную борьбу с сорняками и оптимальные условия для прорастания и развития сои.

Многочисленные проезды по полю машинно-тракторных агрегатов при раздельном выполнении операций приводят к разрушению естественного верхнего плодородного слоя почвы, к значительным затратам труда и средств, нарушению сроков выполнения работ, что в свою очередь снижает урожай и повышает себестоимость продукции.

Совмещение технологических операций является одним из главных направлений в решении проблемы повышения эффективности комплексной механизации.

Применение комбинированных и многооперационных машин уменьшает вредное воздействие многократной обработки

на структурный состав и плотность почвы и тем самым повышает ее плодородие, снижает затраты и себестоимость, дает возможность сократить число тракторов, а значит, и число механизаторов, занятых на полевых работах, что имеет большое значение для Дальнего Востока, обеспеченность которого механизаторскими кадрами, как отмечалось, остается пока низкой.

Совмещение позволяет более качественно и своевременно выполнять технологические операции. Например, при совмещении таких трудоемких операций, как предпосевная обработка почвы и локально-ленточное внесение удобрений, значительно сокращаются сроки, снижаются затраты труда и повышается качество работ. Такая технология не только обеспечивает оптимальные условия питания сои в период ее развития, но и резко снижает вредное влияние химических элементов удобрений на окружающую среду.

Агротехнические исследования показали, что основное требование, которое должно предъявляться к системе машин с учетом индустриальной технологии, — это создание оптимальных условий для развития и формирования сои, обеспечение качественной уборки и получение высококачественных семян.

В понятие оптимальные условия для развития сои входят качественная подготовка почвы, обеспечение оптимальных условий питания, эффективные методы борьбы с сорняками, создание нормальных условий для начала роста семян при посеве, а также качественное выполнение всех операций по уходу за растениями. Основные требования к уборке — прежде всего сокращение потерь, снижение механического повреждения зерна и повышение качества очистки вороха. Необходимые условия получения высококачественных семян — повышение полноты выделения всех примесей, качества сортировки, снижение механического повреждения зерна.

5.1. Предпосевная обработка почвы и внесение минеральных удобрений

В процессе предпосевной обработки почвы и внесении минеральных удобрений важно сохранить влагу, уничтожить сорняки, достичь необходимой глубины и равномерности внесения удобрений. Для качественного выполнения и совмещения этих операций была разработана технология комбинированной обработки почвы с одновременным локально-ленточным способом внесения удобрений, и на ее базе — комбинированная машина МКП-4, которая за один проход выполня-

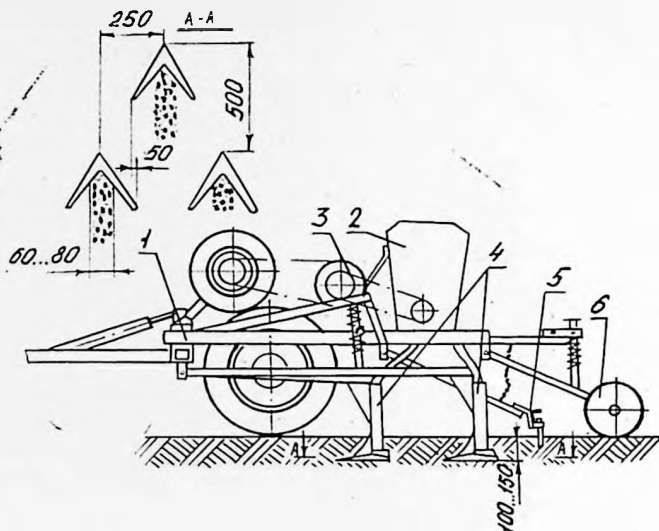


Рис. 7. Схема комбинированной машины для предпосевной обработки почвы и локально-ленточного внесения минеральных удобрений:

1 — рама; 2 — бункер; 3 — привод; 4 — рабочий орган; 5 — устройство для выравнивания почвы; 6 — каток.

ет пять операций: внесение удобрений на глубину 10...15 см, рыхление почвы, подрезание и вычесывание сорняков, выравнивание поверхности, дробление крупных комков и прикатывание (рис. 7).

Емкость комбинированной машины под минеральные удобрения устанавливается на раму 1 таким образом, чтобы угол наклона тукопроводов, обеспечивающих подачу удобрений в первый и второй ряд рабочих органов, был одинаковым. Рабочие органы 4, имеющие вид стрелчатой лапы с полый стойкой, обеспечивают подрезание сорняков и локально-ленточное внесение удобрений полосами шириной 6...8 см, с расстоянием между центрами лент 25 см, на глубину 10...15 см. Привод высеваемых аппаратов осуществляется от ходовых колес через фракционную цепную передачу 2. Высевальные аппараты позволяют регулировать дозы внесения минеральных удобрений в пределах от 30 до 250 кг действующего вещества на гектар. Вычесывание сорняков и выравнивание поверхности поля обеспечивает специальное устройство 5. Прикатывание разрыхленного слоя почвы и разруше-

ние крупных почвенных комков осуществляется прутковым катком 6.

Исследованиями установлено, что рабочие органы комбинированной машины обеспечивают внесение удобрений в ленте, ширина которой колеблется от 0,3 см до 1 см. Средняя глубина обработки почвы практически одинакова с серийными культиваторами и равна соответственно 12,37 и 12 см. Однако показатели уничтожения сорняков, гребнистости и глыбистости лучше у комбинированной машины. Так, уничтожение сорняков у нее достигает 100% — на 18% больше по сравнению с серийными культиваторами.

Гребнистость поверхности поля после прохода комбинированного агрегата практически отсутствует (0,185 см), а после культиватора без боронования равна 10...12 см. Глыбистость (наличие комков диаметром 5 см и более) равна 8...9 шт. на 1 кв. м. Качество поверхностной обработки почвы после прохода серийного культиваторного агрегата не отвечает агротехническим требованиям на машины для поверхностной обработки почвы [35].

При внесении минеральных удобрений сеялочными агрегатами (контроль) глубина хода сошников колебалась от 2 до 10 см. При этом средняя глубина внесения удобрений составила 6,35 см. Данные показатели не укладываются в утвержденные агротехнические требования.

По качественным показателям комбинированная машина отвечает агротехническим требованиям.

Проведенные совместно с лабораторией агрохимии исследования в трех зонах Амурской области — южной, центральной и северной — показали, что на лугово-черноземовидных почвах локально-ленточный способ внесения удобрений по сравнению с заделкой их под культивацию значительного преимущества не дает.

Для сравнительной оценки разработанного метода внесения удобрений и предпосевной обработки почвы и методов, выполняемых серийными машинами, была определена эффективность комбинированной машины через показатель качества выполнения технологических операций и коэффициент значимости. С учетом качества выполнения технологических операций и их значимости она составила 0,973, а серийной не превышала 0,626.

С целью обоснования оптимального варианта агрегата были проведены исследования по изучению удельного сопротивления комбинированной машины в зависимости от скорости движения.

Установлено, что для трактора ДТ-75М оптимальная ши-

рина захвата равна 4 м при скорости движения 2...2,5 м/с. Для более мощных тракторов К-701 оптимальная ширина захвата составляет 12 м, то есть с помощью сцепки СП-16 такой трактор может одновременно агрегатировать три комбинированные машины. При этом оптимальная скорость составляет 2,1...2,7 м/с, что соответствует третьему режиму второй и третьей передач.

Исследования эксплуатационных показателей комбинированной машины свидетельствуют, что выработка за час эксплуатационного времени составляет 5,9 га при рабочей скорости 11,23 км/ч и удельном расходе топлива 3,85 кг/га.

Анализ технико-экономических показателей (табл. 3) позволил установить, что степень снижения затрат труда на единицу работы комбинированного агрегата по сравнению с контролем составляет 47,4%, прямых затрат — 47,2%, а приведенных затрат на выполнение годового объема работ — 37,9%.

Т а б л и ц а 3

Технико-экономические показатели комбинированного агрегата

Показатели	Значение показателя		Степень снижения затрат, %
	контроль	комб. агрегат	
Общие затраты труда на ед. выполняемых работ, чел.-ч.	0,965	0,508	47,4
Общие затраты труда на выполнение год. объема работ, чел.-ч.	1144,75	629,4	48
Прямые эксплуатац. затраты на ед. работы, руб.	4,04	2,133	47,2
на год. объем, руб.	4537,3	2642,8	41,7
Капиталовложения на выпол. ед. год. объема работ, руб.	1412,4	1048,2	25,8
Приведенные затраты на выпол. ед. работ, руб.	5,181	2,979	37,9
Год. объем работ, руб.	5950	3691	37,9
Доп. эконом. эффект от изменения качества и количества продукции и расходов основ. и вспомогат. материалов, руб.		37170*	
		47082	
Год. эконом. эффект с учетом изменения количества и качества продукции комб. агрегата		39429	
		49341	
Стоимость трех комб. машин, руб.		3630	
Срок окупаемости		10,9 раза	
		13,6 раза	

* *Примечание.* В числителе указаны цифры, полученные на лугово-черноземовидных почвах, в знаменателе — на бурых лесных глеевых.

Прибавка урожая от применения комбинированного агрегата составила 1,5 ц/га, а экономический эффект в расчете на 1 га равен 20,5 руб.

Дополнительный экономический эффект за счет повышения качества и количества дополнительно произведенной продукции на лугово-черноземовидных почвах составил 37 170 руб., а на бурых лесных глеевых — 47 082 руб.

Годовой экономический эффект от применения комбинированного агрегата с учетом прибавки урожая до 1,5 ц/га на лугово-черноземовидных почвах равен 39 429 руб., а на бурых лесных, где прибавка урожая составила 1,9 ц/га, — 49 341 руб.

Комбинированный агрегат в зависимости от количества дополнительной продукции за один год соответственно окупится 10,9 и 13,6 раза. Срок окупаемости только за счет роста производительности от совмещения операций составляет 1,3 года, а годовой экономический эффект равен 2726 руб.

Применение комбинированной машины позволяет в сжатые сроки, определенные агротехническими правилами, качественно подготавливать почву под посев сои, рационально вносить минеральные удобрения и обеспечивать оптимальные условия для заделки семян.

Применение комбинированной машины дает возможность максимально загрузить энергонасыщенные тракторы, что в свою очередь позволяет выполнять полевые работы в оптимальные агротехнические сроки, при значительно меньшем количестве механизаторов, экономить топливо, сохранять структуру почвы, снизить отрицательные воздействия на окружающую природу, сохранить влагу в почве, крайне необходимую в начальный период роста сои.

По основным качественным показателям комбинированная машина отвечает агротехническим требованиям и обеспечивает увеличение урожайности сои на 1,5...1,7 ц/га. В настоящее время она выпускается промышленностью и поставляется в хозяйства Дальнего Востока.

5.2. Посев

Посев сои — ряд взаимосвязанных технологических операций, которые выполняются разными по конструкции рабочими органами. Это прежде всего дозировка высеваемого материала, транспортировка его к заделывающим рабочим органам, размещение семян в зоне рядка, закрытие их слоем почвы и прикатывание верхнего слоя для создания лучшего контакта семян с почвой. Основными показателями техноло-

гического процесса являются:

- дробление семян высевальными аппаратами;
- равномерность потока высеваемого материала;
- равномерность распределения семян по длине рядка;
- равномерность распределения их по глубине заделки;
- расположение семян и туков по глубине относительно друг друга;

плотность почвы в зоне расположения семян.

Такие показатели, как равномерность потока высеваемого материала и равномерность распределения семян по длине рядка в значительной степени взаимосвязаны, хотя и выполняются разными рабочими органами.

Установлено [55, 52, 44], что показатели технологического процесса в различной степени влияют на урожайность. Так, равномерное распределение семян по длине рядка способствует увеличению урожайности до 20% общей прибавки. Равномерное распределение их по глубине заделки и расположение семян и туков по глубине относительно друг друга с почвенной прослойкой 2...3 см способствуют увеличению урожайности соответственно до 22 и 40% общей прибавки. Прикатывание позволяет повысить урожайность до 14%, а снижение величины дробления семян высевальными аппаратами — на 1 и 4%.

Таким образом, основными показателями, способствующими повышению урожайности, являются равномерное распределение семян по длине рядка и глубине, а также почвенная прослойка между семенами и туками. Выполняются эти операции за счет высевающих аппаратов и сошников. Поэтому вопрос разработки и обоснования их параметров — один из главных при создании сеялки.

Для выбора оптимального типа сошника были проведены экспериментальные исследования дисковых, полозовидных и комбинированных сошников. Установлено, что наиболее работоспособным на всех типах почв, в том числе тяжелых и засоренных, является двухдисковый сошник.

Чтобы обеспечить равномерное распределение семян вдоль рядка, на основании проведенных теоретических исследований была разработана специальная конструкция семянораздатчика сошника, которая обеспечивала укладку семян с равномерностью выше, чем серийные. Это достигалось за счет уменьшения разности между скоростью движения семян в момент выхода из семянораздатчика и скоростью сеялки.

В качестве рабочего органа для припосевного внесения удобрений был использован дисковый сошник, установленный впереди основного (рис. 8).

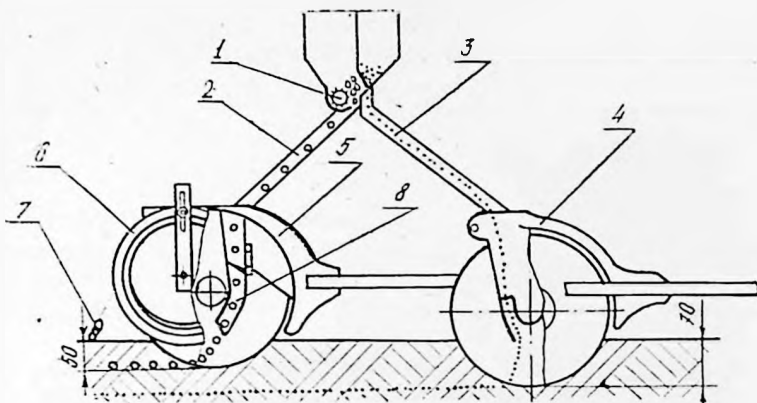


Рис. 8. Технологическая схема работы сошниковой группы:
 1 — высевной аппарат; 2 — семяпровод; 3 — тукопровод;
 4 — сошник для внесения удобрений; 5 — сошник для высева
 семян; 6 — опорное колесо; 7 — шлейф; 8 — семянаправитель.

Технологический процесс работы сеялки при посеве сои заключается в следующем. Семена из бункера при помощи высевного аппарата по семяпроводу 2 поступают в специальный семянаправитель 8, спрофилированный по дуге окружности и установленный впереди оси вращения дисков. Удобрения по тукопроводу 3 подаются в сошник 4 и заделываются изолированно от семян. Глубина заделки семян обеспечивается за счет установки специальных опорных колес 6.

Для обоснования типа и основных технологических параметров были проведены экспериментальные исследования катушечного, внутриреберного, вертикально-дискового высевных аппаратов и приспособления СТЯ-31.000 для высева семян сои к свекловичной сеялке 2СТСН-6. Исследования проводились с семенами сои сорта Янтарная. В качестве оценочных показателей работы высевных аппаратов были приняты дробление, распределение семян вдоль рядка, производительность и устойчивость высева.

Установлено, что величина дробления семян в значительной степени зависит от частоты вращения катушки и высевных дисков. С увеличением частоты вращения дробление семян возрастает у всех типов высевных аппаратов (рис. 9).

Агротехнические требования по дроблению семян высевными аппаратами выполняются при частоте вращения у

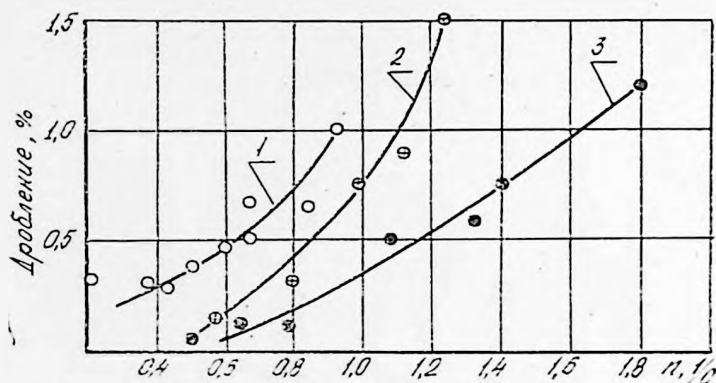


Рис. 9. Влияние частоты вращения высевающих аппаратов на величину дробления:
1 — внутриреберный; 2 — СПС-12; 3 — СТЯ-31.000.

внутриреберных — $0,97\ c^{-1}$, СПС-12 — $1,08\ c^{-1}$, СТЯ-31.000 — $1,53\ c^{-1}$.

Для установки нормы высева $120\ кг/га$ при скорости движения сеялки $2,5\ м/с$ частота вращения составляет для внутриреберного $0,51\ c^{-1}$, СПС-12 — $0,44\ c^{-1}$ и СТЯ-31.000 — $0,74\ c^{-1}$. Следовательно, для заданной нормы высева скорости посева дробление семян сои высевающими аппаратами не превышает агротехнических требований.

Исследования влияния частоты вращения высевающих аппаратов на производительность (рис. 10) позволили установить, что в пределах исследуемых частот производительность катушечного и внутриреберного аппарата изменяется по прямолинейной зависимости. Производительность за один оборот остается постоянной при различной частоте вращения. Так, за один оборот при частоте вращения $0,37\ c^{-1}$ внутриреберным аппаратом высеивается $24,52\ г$ семян, при $0,93\ c^{-1}$ — $24,5\ г$. Производительность аппаратов СПС-12 и СТЯ-31.000 в зависимости от скорости изменяется по параболической зависимости и уменьшается за один оборот катушки с увеличением частоты вращения. Так, при частоте вращения $0,33\ c^{-1}$ высев сои за один оборот составляет $29,4\ г$, при $0,5\ c^{-1}$ — $28,5\ г$, а при частоте $0,67\ c^{-1}$ — $26,5\ г$.

Вертикально-дисковые высевающие аппараты сеялки СПС-12 и приспособленные для высева сои к свекловичным сеялкам с увеличением частоты вращения диска сначала увеличивают производительность, а затем, достигнув миниму-

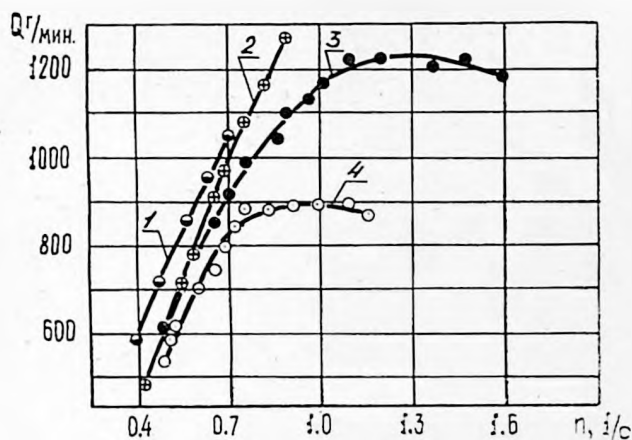


Рис. 10. Зависимость производительности высева аппаратов от частоты вращения:

1 — катушечный; 2 — внутриреберный; 3 — СПС-12; 4 — СТЯ-31 000.

ма, снижают ее. Так, приспособление к свекловичной сеялке обеспечивает максимальный высев 907 г/мин при частоте вращения диска $1,08 \text{ с}^{-1}$, а сеялка СПС-12 — при частоте $1,27 \text{ с}^{-1}$ высевает 1244,8 г/мин. Снижение высева семян происходит за счет того, что с увеличением частоты вращения соя не успевает заполнять ячейки высевающего диска.

Таким образом, приспособление к свекловичной сеялке не обеспечивает высева норм семян сои, заданных агротехническими требованиями. Максимальный высев семян этими аппаратами составляет 120 кг/га при скорости посева не выше 2,5 м/с.

Анализ устойчивости высева различными типами высевающих аппаратов показывает, что при исследуемых частотах вращения высевающих дисков и катушек она находится в пределах агротехнических требований. Так, у сеялки СПС-12 при изменении частоты вращения от $0,33$ до $1,12 \text{ с}^{-1}$ колебание высева составляет $0,44 \dots 1,16$, у приспособления для высева семян сои к свекловичной сеялке при частоте $0,4 \dots 1,15 \text{ с}^{-1}$ неустойчивость высева $0,67 \dots 1,74\%$, у внутриреберного высевающего аппарата при частоте $0,36 \dots 0,94 \text{ с}^{-1}$ — $0,63 \dots 1,58\%$, у катушечного при частоте вращения $0,33 \text{ с}^{-1}$ — $0,67\%$ и $1,1 \text{ с}^{-1}$ — $1,69\%$.

Исследования равномерности распределения семян вдоль ряда показывают, что агротехническим требованиям по равномерному высеву семян с коэффициентом вариации 38% (меньше 40%) удовлетворяет только аппарат приспособления для высева семян сои к свекловичной сеялке с нормой

высева семян 100 кг/га и максимальной скоростью движения 2 м/с. При больших нормах высева и режимах работы этот аппарат, как и все остальные, не обеспечивает равномерного высева. Вторым по равномерности распределения семян является аппарат сеялки СПС-12, у которого наименьший коэффициент составляет 52,5. С увеличением нормы от 100 до 140 кг/га неравномерность усиливается как у приспособления, (коэффициент вариации 72,1), так и у высевающего аппарата сеялки СПС-12 (коэффициент вариации 91,9).

Анализ работы внутриреберного высевающего аппарата показывает, что при всех нормах и режимах работы он не обеспечивает равномерного высева семян сои, так как коэффициент вариации составляет 70,74...102,2%.

Таким образом, результаты исследований равномерности распределения семян вдоль рядка свидетельствуют, что все высевающие аппараты (за исключением приспособления к свекловичной сеялке) не обеспечивают равномерности высева семян сои.

Приспособление к свекловичной сеялке, как отмечалось, позволяет производить качественную работу только при небольших нормах и на малых скоростях посева. При увеличении же норм высева сверх 100 кг/га и скорости более 2 м/с данный аппарат также не обеспечивает равномерного высева семян. Объясняется это возрастанием частоты вращения высевающего диска.

Качественные показатели, характеризующие равномерность распределения семян вдоль рядка, катушечного высевающего аппарата при стандартных нормах высева незначительно отличаются от аппаратов точного высева.

Анализ влияния зазора между плоскостями клапанов и нижними ребрами муфт на производительность высевающих аппаратов показывает, что с увеличением этого зазора производительность повышается. Причем при зазорах от 2 до 8 мм повышение идет по прямой, а при более чем 8 мм возрастает резко. Так, при длине рабочей части катушки 26 мм и скорости 3,5 м/с производительность при изменении зазора от 2 до 4 мм увеличилась на 5,6%, а при изменении зазора от 10 до 12 мм — на 10,2%.

Причиной резкого увеличения производительности при больших зазорах является то, что с открытием клапана более 8 мм катушка перестает играть роль дозатора и работает как ворошилка. В связи с этим высев семян сои становится неуправляемым. Значительно большее влияние на неравномерность высева оказывает работа аппарата с большими зазорами в полевых условиях, так как на высев семян зна-

чительно воздействуют колебания сеялки при переезде неровностей поля. Следовательно, оптимальный зазор между клапанами и муфтой должен быть не более 8 мм.

Исследования влияния длины рабочей части катушки на производительность высевающего аппарата показывают, что с увеличением вылета производительность растет пропорционально длине рабочей поверхности катушки. Так, при зазоре между клапаном и муфтой 8 мм и скорости движения 2,5 м/с производительность при вылете катушки 10 мм составляет 198 г/мин, 14 мм — 299,3 г/мин, 18 мм — 418 г/мин и т.д. Производительность аппарата повышается с увеличением рабочего объема катушки.

Анализ влияния скорости сеялки на производительность высевающих аппаратов показывает, что с увеличением скорости производительность растет за счет большей частоты вращения катушки. Причем с увеличением длины вылета рабочей части катушки прирост скорости на одну и ту же величину вызывает большее приращение производительности. Так, при зазоре между клапаном и нижними краями муфт 10 мм, при вылете катушки 10 мм и изменении скорости от 2 до 2,5 м/с производительность увеличивается на 42,4 г/мин, а при вылете 34 мм — на 142,8 г/мин.

Рассматривая дробление семян высевающим аппаратом, установили, что с увеличением зазора между клапаном и муфтой оно уменьшается. Так, при скорости движения сеялки 2 м/с, длине рабочей части катушки 10 мм и зазоре 2 мм дробление составило 2,8%, а при зазоре 14 мм — 0,1%.

С ростом вылета катушки дробление семян также снижается. Так, при скорости 2 м/с, зазоре между клапаном и муфтой 4 мм и вылете 10 мм дробление семян составило 0,7%, а при вылете 30 мм — 0,36%.

Анализ работы высевающего аппарата в зависимости от режимов работы и технологических регулировок показывает, что неустойчивость высева не превышает 3% и находится в пределах агротехнических требований.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Дробление семян сои серийными высевающими аппаратами при нормах высева от 120 до 180 кг/га не превышает агротехнических требований и находится в пределах не более 1%.

Вертикально-дисковые аппараты точного высева с увеличением частоты вращения дисков свыше 1 с⁻¹ уменьшают производительность за счет того, что семена не успевают заполнять ячейки высевающего диска. Максимальная произ-

водительность вертикально-дисковых и внутриреберных аппаратов составляет 120 кг/га при скорости посева не выше 2,5 м/с и не удовлетворяет агротехническим требованиям.

Неустойчивость высева исследуемых высевальных аппаратов находится в пределах агротехнических требований и не превышает 2%. Эти аппараты не обеспечивают выполнения агротехнических требований на равномерный высева семян при рекомендуемых нормах и скоростях движения сеялок.

Из всех исследуемых высевальных аппаратов наиболее работоспособным при высева семян сон оказался катушечный. В связи с тем, что он в меньшей степени зависит от скорости движения сеялки, более прост в эксплуатации, на нем легче устанавливать различные нормы высева, целесообразно рекомендовать его для использования при разработке специальной соевой сеялки.

При оценке качества работы сошниковой группы определялось качество заделки семян и удобрений по глубине и величине прослойки почвы между туками и семенами. Для контроля был взят сошник сеялки СЗСШ-3,6. Исследования показали, что качество работы сошниковой группы экспериментальной сеялки по равномерности глубины заделки семян выше, чем сеялки СЗСШ-3,6. Среднее квадратическое отклонение у первой составляет $\pm 3,28$ мм, коэффициент вариации 7%, у второй — соответственно $\pm 7,2$ мм и 13,8%.

Среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации у экспериментальной сеялки ниже при всех исследуемых скоростях движения: так, при 1,76 м/с среднее квадратическое отклонение глубины заделки семян составляет $\pm 4,62$ мм, коэффициент вариации 9,2%. У сеялки СЗСШ-3,6 при скорости движения 1,73 м/с эти показатели равны соответственно $\pm 18,7$ мм и 43,08%. При скорости движения 3,35 м/с у экспериментальной сеялки среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации составляют $\pm 7,66$ и 16,27, а у сеялки СЗСШ при скорости 3,12 м/с — 3,6.

Требование раздельной заделки семян и удобрений с почвенной прослойкой между ними выдерживается у экспериментального сошника. Удобрения заделываются глубже семян, средняя прослойка между семенами и туками — 20 мм. Комбинированный сошник сеялки СЗСШ-3,6 этим требованиям не удовлетворяет. При анализе распределения семян и удобрений сеялки с экспериментальным сошником (рис. 8) видно, что полигон распределения удобрений сдвинут правее, чем у семян, то есть в сторону большей глубины заделки, а следовательно, удобрения заделываются ниже семян, с почвенной прослойкой в среднем 20 мм. У сеялки СЗСШ-3,6

удобрения заделываются ниже семян, с почвенной прослойкой в среднем 10...15 см.

В условиях более высокой влажности и плотности почвы в слое фактической глубины заделки семян почвенная прослойка между туками и семенами, высеянными экспериментальной сеялкой, составила 10...15 мм, тогда как у сеялки СЗСШ-3,6 она практически отсутствует. Это объясняется тем, что при повышенной влажности и плотности почвы удобрения не успевали закрываться за счет самоосыпания почвы со стенок бороздки и семена высевались поверх удобрений.

Полученные данные свидетельствуют, что разница в глубине заделки семян и удобрений у экспериментальной сеялки почти не меняется в зависимости от скорости движения. Так, при скорости 1,78 м/с разница между средними глубинами заделки семян и удобрений составляет 12,3 мм, при 2,64 м/с — 13,4 мм, а при 3,35 м/с — 9,7 мм. У СЗСШ-3,6 разница при скорости 1,73 м/с составляет 2 мм, при 2,22 м/с — 1,5 мм, а при 3,12 м/с средняя глубина заделки семян и удобрений равны.

Таким образом, качество работы сошниковой группы экспериментальной сеялки по всем показателям выше, чем комбинированных сошников СЗСШ-3,6.

5.3. Междурядная обработка

Важное место в системе ухода за посевами сои занимает междурядная обработка. Борьба с сорняками в междурядьях и защитных зонах рядков ведется односторонними бритвами, стрельчатыми лапами и прополочными боронками, установленными на пропашных культиваторах КРН-4,2. Применение этих рабочих органов не исключает химических приемов борьбы с сорняками.

Поставляемые в комплекте с культиваторами КРН-4,2 рабочие органы не обеспечивают удовлетворительного рыхления почвы и уничтожения сорняков. В связи с этим были проведены исследования по разработке рабочих органов с учетом биологических особенностей развития корневой системы сои, направленные на то, чтобы повысить эффективность рыхления почвы и борьбу с сорной растительностью как в междурядьях, так и в защитной зоне рядка.

В лабораторных условиях отработывались технологические схемы обработки почвы рыхлительными катками различного диаметра, стрельчатыми лапами с дифференцированной глубиной обработки и дренами.

Рыхлительные катки диаметром 250 мм в среднем обра-

батывают почву на глубину 2,7 см. Катки диаметром 340 мм рыхлят ее на глубину 4,3 см. Гребнистость поверхности после прохода рыхлительных катков равна соответственно 0,13 и 0,78 см. Наибольшая гребнистость отмечена в вариантах, где экспериментальная стрельчатая и серийные лапы работали в сочетании с дреном — соответственно 4,68 и 4,7 см; наименьшая (0,22 и 0,6 см) — в вариантах, где дреном работал в сочетании с рыхлительными катками диаметром 220 и 340 мм.

Экспериментальные исследования рабочих органов в полевых условиях проводились при установке их на пропашной культиватор КРН-4,2 в агрегате с трактором Т-54.

Варианты расстановки рабочих органов для различных междурядных обработок приведены в табл. 4.

Таблица 4

Варианты расстановки рабочих органов
при междурядной обработке

Варианты	Расстановка рабочих органов
<i>Первая культивация</i>	
К	Односторонние бритвы, пропашные боронки (КРН-36)
1	Катки диаметром 220 мм
2	Катки диаметром 340 мм
3	Односторонние бритвы, катки диаметром 220 мм
4	Экспериментальные стрельчатые лапы
5	Односторонние бритвы, катки диаметром 340 мм
6	Экспериментальные стрельчатые лапы, катки диаметром 340 мм
7	Односторонние бритвы, катки серийные диаметром 440 мм.
<i>Вторая культивация</i>	
К	Стрельчатые лапы
1	Экспериментальные стрельчатые лапы, дреном
2	Экспериментальные стрельчатые лапы второго варианта
3	Дреном, катки серийные диаметром 440 мм
4	Дреном
5	Экспериментальные стрельчатые лапы второго варианта, катки серийные диаметром 440 мм

По качественным показателям наилучший результат дал седьмой вариант расстановки рабочих органов — односторонние серийные бритвы в сочетании с рыхлительными катками диаметром 440 мм. Гребнистость поверхности после прохода рабочих органов равна 0,3 см, повреждения культурных растений — 1,2% (табл. 5).

Таблица 5

**Качественные показатели рабочих органов
при междурядной обработке**

Показатели качества	Варианты							
	К	1	2	3	4	5	6	7
<i>Первая культивация</i>								
Глубина обработки, см	4,3	4	4,6	4,7	4,5	4,8	4,9	5
Гребнистость поверхности, см	0,8	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3
Степень уничтожения сорняков, %	77	77	79	71	82	81	79	76
Степень повреждения культурных растений, %	5	4,3	4,4	3,8	4,7	5,9	5,7	1,2
<i>Вторая культивация</i>								
Глубина обработки, см	9,8	7,2	9,8	9,9	10,1	9,8	—	—
Гребнистость поверхности, см	7,6	7,7	7,5	4,4	7,9	4	—	—
Степень уничтожения сорняков, %	11,5	15	5	9,6	22,3	26	—	—
Степень повреждения культурных растений, %	1,2	4,9	1,1	3	0,2	1,6	—	—

Результаты исследований показывают, что все варианты расстановки рабочих органов по глубине обеспечивают качество работы в пределах агротехнического требования, за исключением первого (экспериментальная стрельчатая лапа из двух спаренных односторонних бритв в сочетании с дреном), который имеет отклонение от заданной глубины 2...7,5%. Наименьшая гребнистость поверхности почвы в третьем и пятом вариантах, она равна соответственно 4,43 и 4,04 см.

Высокую степень уничтожения сорняков (81%) показала экспериментальная стрельчатая лапа, обеспечивающая дифференцированную обработку по глубине в сочетании с рыхлительным катком диаметром 440 мм.

Степень повреждения культурных растений при обработке дреном составила 0,2%, спаренными односторонними бритвами с дреном — 4,9%. От 1,1% до 1,6% — рабочими

органами в других вариантах.

На первой междурядной обработке посевов сои наилучший вариант расстановки рабочих органов — односторонние серийные бритвы в сочетании с рыхлительными катками диаметром 440 мм (секции с БИГ-3), при второй культивации — экспериментальная стрельчатая лапа с углом подъема 10° в сочетании с рыхлительным катком из серийных секций БИГ-3 диаметром 440 мм.

Для эффективной борьбы с сорняками и качественного рыхления поверхности почвы целесообразно использовать рыхлительные катки из серийных секций игольчатых дисков борон БИГ-3 диаметром 440 мм.

5.4. Уборка

Наиболее эффективно сокращению потерь зерна в процессе уборки способствуют понижение конструктивной высоты среза, уменьшение продольных колебаний жатки и оптимизация режима работы мотовила.

Теоретические исследования существующего механизма копирования жатки позволили установить, что его конструкция не обеспечивает постоянства высоты среза. Этот недостаток конструкции можно уменьшить за счет введения автоматического устройства, следящего за положением жатки относительно почвы, а также изменения конструкции опорной части жатки. Для этих целей были разработаны механизм стабилизации высоты среза, обеспечивающий автоматическое копирование рельефа поля жаткой комбайна, и приспособление для снижения конструктивной высоты среза.

Механизм стабилизации состоит из трехходового золотника, установленного на корпус наклонной камеры с помощью специального кронштейна, тяги с демпфером, соединяющей золотник с кронштейном, приваренным к проушинам присоединения жатки к наклонной камере, крана включения механизма стабилизации и системы трубопроводов. Кран и золотник включаются в гидросистему комбайна последовательно к крану управления и крану-распределителю.

Работа механизма стабилизации высоты среза заключается в следующем. При изменении положения жатки относительно почвы, а следовательно, и наклонной камеры золотник переключает поток масла на слив из гидроцилиндра, которые восстанавливают первоначальное положение жатки, то есть удерживают в таком положении, когда она опирается на почву всей поверхностью опорного листа, поддерживая при этом постоянную высоту среза.

Исследования работы жаток с различной схемой переоборудования показали, что в интервале от 0,2 м/с до 0,97 м/с величина потерь урожая и высота среза у жатки с конструктивной высотой среза 2,5 см значительно меньше, чем у других. При скорости движения комбайна 0,9 м/с высота среза жатки, имеющей конструктивную высоту среза 6 см, равнялась 10,5 см, величина потерь — 21,3% урожая на корню, жатки с механизмом стабилизации высоты среза — соответственно 7,4 см и 9,2%, а жатки с конструктивной высотой среза 2,5 см — соответственно 6,8 см и 8,5%. Лучшие показатели у жатки с конструктивной высотой среза 2,5 см были получены за счет того, что режущий аппарат обеспечивал более низкий срез растений. Однако на переувлажненных почвах, особенно с увеличением скорости движения комбайна, происходит частое забивание режущего аппарата почвой, и жатка становится практически неработоспособной. Забивается режущий аппарат через 30...40 м. Кроме того, в молотилку комбайна поступает большое количество земли, что приводит к забиванию очистки и заклиниванию зернового шнекера и элеватора.

Увеличение конструктивной высоты среза до 4 см позволяет полностью устранить данный недостаток и обеспечивает сравнительно низкое подрезание растений.

Высота среза жатки с механизмом стабилизации незначительно отличается от жатки низкого среза. Это объясняется тем, что механизм стабилизации удерживает жатку в таком положении, при котором она касается почвы всей поверхностью опорного листа, поддерживая заданную высоту среза.

Исследование влияния скорости движения комбайна на высоту среза и величину потерь урожая за жаткой показывает, что с увеличением скорости эти показатели возрастают. Наиболее интенсивно возрастают потери урожая и высота среза за серийной жаткой с конструктивной высотой среза 6 см. При увеличении скорости от 0,34 до 0,9 м/с высота среза увеличивается с 7,4 до 10,5 см, потери урожая — с 8,8 до 21,3%.

Высота среза и потери за жаткой, оборудованной механизмом стабилизации, с увеличением скорости комбайна увеличиваются незначительно. Так, при скорости 0,3 м/с высота среза равна 6,7 см, потери — 7,8%, а при скорости 0,97 м/с — соответственно 7,3 см и 9,2%. Таким образом, жатка, оборудованная механизмом стабилизации высоты среза, имеет более высокие качественные показатели при уборке сои.

Исследования зависимости высоты среза и величины потерь от направления движения комбайна показывают, что при движении вдоль рядков потери урожая и высота среза оказываются большими, чем при движении поперек. При движении вдоль рядков высота среза у жатки низкого среза при скорости 1,94 м/с равнялась 14,3 см, а поперек — 9 см, потери урожая соответственно — 23,9% и 15,3%. Аналогичные результаты получены и при других скоростях.

Меньшая высота среза при движении поперек рядков объясняется тем, что гребни, образовавшиеся при междурядной обработке сои, легко разрушаются и жатка опускается копирующим листом ниже. Кроме того, при движении поперек гребней она периодически соприкасается с почвой, создавая условия для лучшей очистки опорного листа от земли и растительных остатков.

При движении вдоль рядков, особенно при переувлажнении, происходит постоянное соприкосновение опорного листа с почвой, что приводит к залипанию и забиванию режущего аппарата, увеличению высоты среза и потерь урожая. Поэтому при уборке сои разбивку полей необходимо проводить так, чтобы длинная сторона гона была направлена поперек рядков.

При изучении состава потерь урожая при уборке сои установлено, что потери включают несрезанные и опавшие бобы и свободное зерно. Основную часть потерь составляют опавшие бобы (52,3...59,6%). На долю несрезанных приходится от 5,6 до 26,7%, свободного зерна — 7,1...17,9%.

Исследования работы жаток с различной схемой переоборудования на низкий срез показали, что оптимальной конструктивной высотой среза является 4 см. При такой высоте среза значительно сокращаются потери и уменьшается вероятность забивания режущего аппарата почвой.

Исследование влияния установки механизма стабилизации высоты среза на качественные результаты работы жатки свидетельствует, что при одинаковой скорости движения комбайна высота среза ниже, чем без механизма стабилизации. При скорости движения 2,5 м/с высота среза жатки без механизма стабилизации равняется 12,4 см, а с ним — 9,8 см. Сходные результаты получены и при других скоростях движения комбайна. С увеличением скорости движения от 0,8 до 2,4 м/с высота среза серийной жатки возрастает от 6,8 до 12,4 см, то есть почти вдвое. При тех же условиях высота среза жатки, оборудованной механизмом стабилизации, возрастает с 6,3 до 9,8 см.

При увеличении скорости комбайна общие потери урожая

за жаткой, как и потери от несреза, возрастают. С увеличением скорости от 0,6 до 1,4 м/с потери практически не изменяются, а при дальнейшем увеличении ее — возрастают. Общие потери урожая за жаткой с механизмом стабилизации высот среза увеличиваются до 9,5%, а без механизма стабилизации — до 14,8%.

Общее увеличение потерь за жатками можно объяснить повышением высоты среза в результате отгиба стеблей, а также усилением продольных колебаний комбайна и жатки.

Сравнительные исследования качественных показателей работы жаток показывают, что при скорости 1,12 м/с жатка с механизмом стабилизации теряет 4,63% урожая, а без механизма — 8,7%, то есть в 1,8 раза больше. Кроме того, механизм стабилизации позволяет улучшить условия труда комбайнера. Ему не надо пользоваться краном-распределителем для поддержания оптимальной высоты среза во время движения уборочного агрегата по пересеченной поверхности поля, он может больше внимания уделять управлению комбайном.

Экспериментальными исследованиями установлено, что при преодолении комбайном наиболее характерных неровностей почвы со скоростью 1,11 м/с скорость изменения высоты расположения режущего аппарата подчиняется закону нормального распределения и изменяется от 0 до 0,096 м/с при увеличении высоты среза, от 0 до 0,98 м/с — при уменьшении. Среднее квадратическое отклонение скорости изменения положения режущего аппарата по высоте относительно почвы равно $\pm 0,9434$ м/с.

Максимальная скорость перемещения штока гидроцилиндра при работе механизма стабилизации высоты среза равна 0,1 м/с. Следовательно, при движении комбайна со скоростью 1,11 м/с механизм стабилизации обеспечивает поддержание оптимальной высоты среза приблизительно в 89% случаев изменения высоты расположения режущего аппарата.

Увеличить скорость срабатывания системы можно за счет установки на комбайне гидронасоса большей производительности, а также путем увеличения давления в гидросистеме и замены имеющихся гидроцилиндров на гидроцилиндры с меньшим диаметром штока.

Исследования работы мотовила на уборке сои показали, что при различной поступательной скорости комбайна оптимальная величина отношения окружной скорости мотовила к поступательной скорости комбайна различна. При скорости 0,86 м/с оптимальное отношение находится в пределах 1,6...

1,8, при дальнейшем увеличении до 1,94 м/с значение оптимального отношения уменьшается до 1,4.

Уменьшение или увеличение отношения окружной скорости мотвила к поступательной скорости комбайна приводит к значительным потерям урожая. Так, при определении качественных показателей работы мотвила в лабораторных условиях при скорости 1,38 м/с потери урожая при отношении, равном 1,4, составили 10,8%, при его уменьшении до 1 и увеличении до 1,77 потери урожая возросли соответственно до 23,9% и 13,8%. Аналогичные результаты получены и при других скоростях движения комбайна (рис. 11).

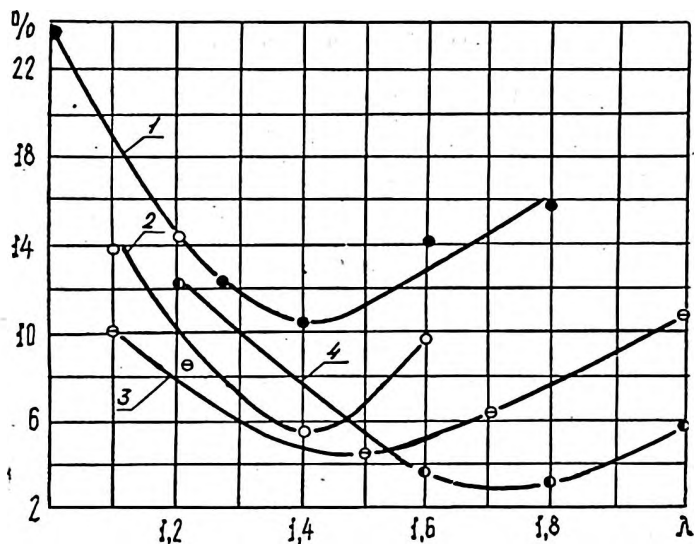


Рис. 11. Влияние величины отношения окружной скорости мотвила к поступательной скорости комбайна на величину потерь урожая при различных скоростях движения (м/с):
1 — 1,39; 2 — 1,94; 3 — 0,83; 4 — 1,39.

Характер изменения потерь урожая в зависимости от изменения этого отношения в полевых условиях имеет также форму параболы (см. рис. 11). С увеличением отношения от 1,1 до 1,5 потери снижаются до 4,11%, а при увеличении до 1,95 снова повышаются и доходят до 7,35%.

Большие потери урожая при малом отношении окружной скорости мотвила к поступательной скорости комбайна можно объяснить тем, что часть стеблей срезается без воздействия мотвила. Это подтверждается скоростной киносъемкой,

за жаткой, как и потери от несреза, возрастают. С увеличением скорости от 0,6 до 1,4 м/с потери практически не изменяются, а при дальнейшем увеличении ее — возрастают. Общие потери урожая за жаткой с механизмом стабилизации высот среза увеличиваются до 9,5%, а без механизма стабилизации — до 14,8%.

Общее увеличение потерь за жатками можно объяснить повышением высоты среза в результате отгиба стеблей, а также усилением продольных колебаний комбайна и жатки.

Сравнительные исследования качественных показателей работы жаток показывают, что при скорости 1,12 м/с жатка с механизмом стабилизации теряет 4,63% урожая, а без механизма — 8,7%, то есть в 1,8 раза больше. Кроме того, механизм стабилизации позволяет улучшить условия труда комбайнера. Ему не надо пользоваться краном-распределителем для поддержания оптимальной высоты среза во время движения уборочного агрегата по пересеченной поверхности поля, он может больше внимания уделять управлению комбайном.

Экспериментальными исследованиями установлено, что при преодолении комбайном наиболее характерных неровностей почвы со скоростью 1,11 м/с скорость изменения высоты расположения режущего аппарата подчиняется закону нормального распределения и изменяется от 0 до 0,096 м/с при увеличении высоты среза, от 0 до 0,98 м/с — при уменьшении. Среднее квадратическое отклонение скорости изменения положения режущего аппарата по высоте относительно почвы равно $\pm 0,9434$ м/с.

Максимальная скорость перемещения штока гидроцилиндра при работе механизма стабилизации высоты среза равна 0,1 м/с. Следовательно, при движении комбайна со скоростью 1,11 м/с механизм стабилизации обеспечивает поддержание оптимальной высоты среза приблизительно в 89% случаев изменения высоты расположения режущего аппарата.

Увеличить скорость срабатывания системы можно за счет установки на комбайне гидронасоса большей производительности, а также путем увеличения давления в гидросистеме и замены имеющихся гидроцилиндров на гидроцилиндры с меньшим диаметром штока.

Исследования работы мотопила на уборке сои показали, что при различной поступательной скорости комбайна оптимальная величина отношения окружной скорости мотопила к поступательной скорости комбайна различна. При скорости 0,86 м/с оптимальное отношение находится в пределах 1,6...

1,8, при дальнейшем увеличении до 1,94 м/с значение оптимального отношения уменьшается до 1,4.

Уменьшение или увеличение отношения окружной скорости мотвила к поступательной скорости комбайна приводит к значительным потерям урожая. Так, при определении качественных показателей работы мотвила в лабораторных условиях при скорости 1,38 м/с потери урожая при отношении, равном 1,4, составили 10,8%, при его уменьшении до 1 и увеличении до 1,77 потери урожая возросли соответственно до 23,9% и 13,8%. Аналогичные результаты получены и при других скоростях движения комбайна (рис. 11).

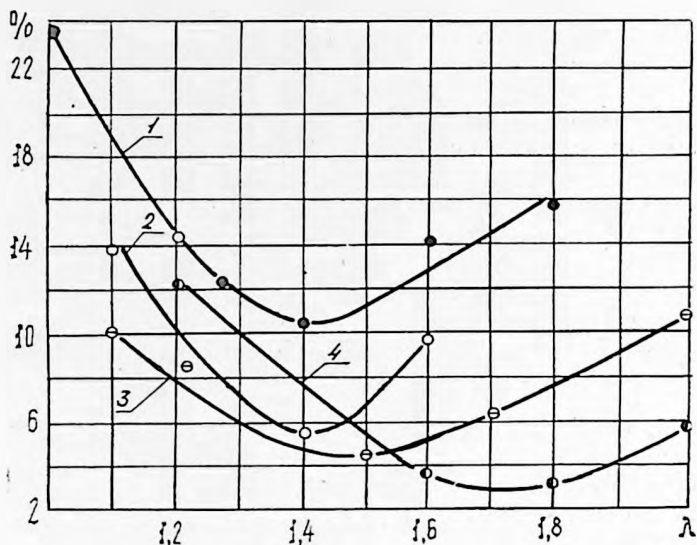


Рис. 11. Влияние величины отношения окружной скорости мотвила к поступательной скорости комбайна на величину потерь урожая при различных скоростях движения (м/с):
1 — 1,39; 2 — 1,94; 3 — 0,83; 4 — 1,39.

Характер изменения потерь урожая в зависимости от изменения этого отношения в полевых условиях имеет также форму параболы (см. рис. 11). С увеличением отношения от 1,1 до 1,5 потери снижаются до 4,11%, а при увеличении до 1,95 снова повышаются и доходят до 7,35%.

Большие потери урожая при малом отношении окружной скорости мотвила к поступательной скорости комбайна можно объяснить тем, что часть стеблей срезается без воздействия мотвила. Это подтверждается скоростной киносъемкой,

которая позволяет установить, что при попадании планки мотовила в рядок происходит очесывание растений и пригибание их к почве, при этом часть растений остается несрезанной. С увеличением отношения окружной скорости мотовила к поступательной скорости комбайна происходит очесывание стеблей планками мотовила, в результате потери резко возрастают.

Оптимальные условия для среза и очистки режущего аппарата создаются при отношении окружной скорости мотовила к поступательной скорости комбайна, равном 1,4. В этом случае шаг мотовила приближается к шагу междурядья. Планки, попадая в междурядья, поддерживают растения во время среза и затем укладывают их на поддон жатки.

Исследования и кино съемка показали, что серийные граблины не обеспечивают качественной работы мотовила. Для снижения потерь урожая была разработана пространственная граблина с удлиненными пальцами, расположенными в трех параллельных плоскостях в шахматном порядке.

Конструкция экспериментальной граблины обеспечивает входение пальцев в стеблестой без очесывания и травмирования растений. Однако прямолинейная форма пальцев недостаточно эффективно очищает режущий аппарат. Чтобы устранить этот недостаток, пальцам была придана волнообразная форма. Граблины с волнообразной формой позволяют на 4,7% снизить потери урожая по сравнению с серийными.

Минимальные потери получены при оборудовании мотовила граблинами, пальцы которых расположены в двух параллельных плоскостях. Сокращение потерь урожая происходит за счет снижения воздействия пальцев при входении в стеблестой.

Таким образом, исследования по изучению влияния основных факторов на величину потерь в процессе уборки урожая позволяют сделать следующие выводы.

Основными источниками потерь зерна сои во время уборки являются большая конструктивная высота среза жатки, колебания жатки и самого комбайна во время движения, неудовлетворительная работа механизма копирования, а также очесывание бобов и боковых побегов при взаимодействии планок мотовила с растениями.

В зависимости от условий уборки общие потери урожая за жаткой достигают 5...18%, из них 50...60% в виде опавших бобов и бобов на повторно перерезанных стеблях, 20...40% — несрезанных бобов и 10...20% — в виде свободного зерна.

Потери зерна в процессе уборки могут быть снижены за счет:

- уменьшения конструктивной высоты среза до 40 мм вместо 100 мм у серийной жатки;

- улучшения работы механизма копирования посредством установки механизма стабилизации высоты среза;

- замены планок мотовила специальными граблинами;

- оптимальных режимов работы (скорость движения комбайна не более 1,11...1,25 м/с, оптимальная величина отношения окружной скорости мотовила к поступательной скорости комбайна — в пределах 1,4...1,5);

- правильного выбора направления движения (минимальные потери при движении поперек рядков);

- использования разработанных рекомендаций по совершенствованию и оптимизации конструктивных, технологических и кинетических параметров, что позволяет снизить потери зерна во время уборки сои в 1,4...1,8 раза, увеличить производительность труда на 5...7% и улучшить условия работы комбайнеров.

Одним из основных источников механического повреждения зерна сои является молотильно-сепарирующее устройство. Установлено, что в отдельные годы в процессе обмолота величина механических повреждений достигает 15...20%. Один из путей сокращения механических повреждений — снижение силового взаимодействия зерна с рабочими элементами молотильно-сепарирующего устройства. Решить данный вопрос можно за счет снижения частоты вращения барабана, установки специальных амортизирующих устройств, а также за счет использования максимальных прочностных свойств самого зерна, которые определяются оптимальной влажностью.

В качестве амортизирующих устройств, обеспечивающих снижение динамических нагрузок, могут быть использованы неметаллические или обрезиненные детали молотильного барабана, а также подвижные системы соединения элементов, в которых возникают максимальные усилия. В нашем случае — между барабаном и подбарабаньем.

Экспериментальные исследования показали, что использование разных вариантов обрезиненных рабочих органов приводит к достаточно резким изменениям показателей работы молотильного аппарата. Особенно заметно это при различных режимах работы барабана. Заменяя металлические рабочие органы на неметаллические, мы тем самым добиваемся снижения ударных воздействий на зерно со стороны бичей. Однако при этом увеличиваются силы трения между

бичом и зерном.

Если учесть особенности строения зерна сои, состоящего из двух семядолей, связанных между собой тонкой оболочкой, а также характер движения массы между барабаном и неподвижным подбарабаньем, то можно предположить, что при обрезаивании бичей и подбарабанья зерно сои благодаря возросшим силам трения будет получать вращательные движения в процессе перемещения в сжатом слое. При этом будет происходить деформация и разрушение оболочки, в результате зерно распадется на две плоские семядоли, которые еще больше подвержены разрушению.

Правильность принятых предположений подтвердилась результатами экспериментальных исследований.

Дробление зерна молотильным аппаратом с обрезаиваемыми бичами и подбарабаньем по сравнению с серийным вариантом, когда были обрезаиваемы только бичи, значительно выше при малых оборотах вращения барабана (рис. 12).

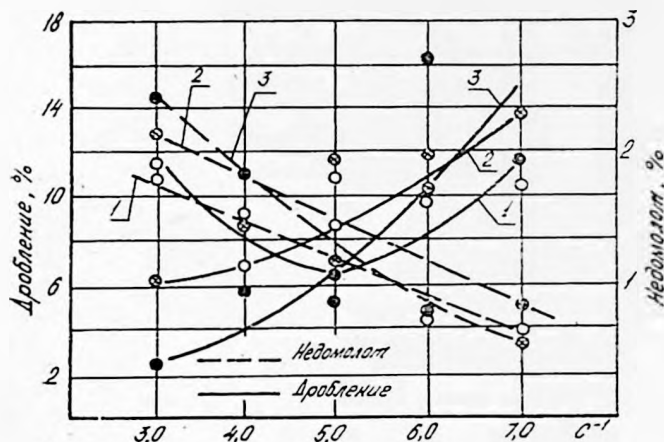


Рис. 12. Зависимость дробления и недомолота зерна от способа переоборудования и частоты вращения барабана:

1 — бичи и подбарабанье обрезаиваемые; 2 — бичи и подбарабанье металлические; 3 — бичи обрезаиваемые, подбарабанье металлическое.

Максимальная разница по дроблению получится при минимальной частоте вращения барабана $3c^{-1}$. При этом у аппарата с обрезаиваемыми бичами и подбарабаньем величина дробления составляет 11,8%, серийного — 6%, а с обрезаиваемыми бичами — 2,2%.

Высокий процент дробления зерна сои при использовании молотильного аппарата с обрезиненными бичами и подбарабаньем можно объяснить тем, что при малых оборотах за счет снижения протаскивающей способности барабана и снижения просеиваемости подбарабана резко увеличиваются силы, возникающие в результате деформации слоя, это приводит к более интенсивному вращению зерна и его разрушению. Кроме того, снижение сепарирующей способности из-за уменьшения площади живого сечения вызывает резкое сокращение выхода зерна через решетку подбарабана, и оно в большей степени подвергается ударным воздействиям.

Анализ характера разрушения зерна показал, что при оптимальной частоте вращения 5 с^{-1} количество дробленных вдоль семядолей семян для первого вида переоборудования составляет 33,2...39,2%, для третьего — 34...34,5%, для серийного — 18,7...19%. Количество семян, дробленных поперек (что явно свидетельствует об ударных разрушениях) при этом значительно ниже — соответственно 20%, 10,1% и 8,8%.

Данные анализа еще раз подтверждают правильность соображений о механизме разрушения зерна сои при обмолоте. С ростом частоты вращения барабана происходит увеличение механических повреждений для всех видов переоборудования, при частоте вращения 7 с^{-1} величина дробления составляет 11...15%.

Оптимальная частота вращения должна выбираться из условия минимального дробления и минимального недомолота зерна. По данным экспериментальных исследований, оптимальной частотой вращения молотильного аппарата при обмолоте сои является 5 с^{-1} (рис. 12). Минимальные механические повреждения для такой частоты вращения получают при обмолоте молотильным барабаном и обрезиненными бичами, величина которых находится в пределах 5...6%.

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что наиболее опасны разрушения, которые происходят в результате перетираания зерна при его деформации и вращательном движении. Для снижения этих воздействий было предложено заменить жесткую систему соединения подбарабана с молотильным барабаном на подвижную.

Экспериментальные исследования показали преимущество подвижной системы соединения по сравнению с жесткой. При первой величина механических повреждений в меньшей степени зависит от частоты вращения молотильного барабана и остается значительно ниже, чем при других видах переоборудования. Величина дробления при оптимальной частоте

те вращения 5 с^{-1} находится в пределах 2,5%, что вдвое меньше по сравнению с молотильным барабаном с обрезиненными бичами.

Чтобы получать высококачественный семенной материал, предлагается зерно, вымолоченное первым барабаном, собирать отдельно. Более полноценные зерна значительно легче обмолачиваются, а первый барабан, работая в более мягком режиме, в меньшей степени повреждает семена, чем второй.

Получение качественных семян при этом в значительной степени зависит от частоты вращения первого и второго барабанов. Как свидетельствуют экспериментальные исследования, изменение частоты вращения барабана существенно влияет на качественные показатели работы комбайна — недомолот и травмирование. При снижении частоты вращения первого и второго барабанов с $7,14/10,5 \text{ с}^{-1}$ до $4/8 \text{ с}^{-1}$ (в числителе частота вращения первого, в знаменателе — второго) происходит сначала снижение дробления, а затем увеличение.

Уменьшение частоты вращения до $4,66/8 \text{ с}^{-1}$ снижает дробление и микроповреждения семян сои у серийного комбайна соответственно с 19,6 до 12,6%, то есть на 7%, и с 8,98 до 5,97%, то есть на 3%, а у опытного — соответственно на 7,8% и 1,05% у семенной фракции и на 5,3% и 1,48% — у товарной фракции.

Дальнейшее снижение частоты вращения до $4,1/8 \text{ с}^{-1}$ приводит к ухудшению качественных показателей. Дробле-

Влияние частоты вращения барабанов на качественные показатели

Показатели зерна сои	Комбайн	Фракции
Дробление, %	серийный опытный	семенная товарная
Микроповреждения, %	серийный опытный	семенная товарная
Содержание незрелого, моро- зобойного зерна, %	серийный опытный	семенная товарная
Вес 1000 семян, г	серийный опытный	семенная товарная
Недомолот, %	серийный опытный	

ние возрастает на 6,4% у серийного и на 7,5% — у опытного комбайна. На 2...3% увеличиваются и микроповреждения зерна.

Таким образом, предлагаемая схема обмолота позволяет выделить в семенную фракцию менее травмированное зерно сои. Вес 1000 семян при этом на 5...9 г выше, чем семян, полученных при обычной схеме. Кроме того, данная фракция на 2...3% содержит меньше недозревших и морозобойных семян (табл. 6).

Оптимальная частота вращения первого барабана составляет 5 с^{-1} . Частота вращения второго барабана при этом должна находиться в пределах $8...8,5 \text{ с}^{-1}$.

При исследовании влияния влажности зерна на качественные показатели работы комбайна скорость движения принималась 1,25...1,31 м/с для опытного и 1,58...1,73 м/с — для серийного. Нагрузка на молотилку при этом составляла 1,37...2,24 кг/с и 1,30...1,93 кг/с.

Проведенные исследования позволили установить, что влажность зерна сои существенно влияет на качественные показатели работы комбайнов. Так, при снижении ее с 20,2 до 16,6% дробление уменьшается с 10,12 до 8,61% у серийного и с 13,2 до 10,6% — товарной фракции у опытного (рис. 13). При дальнейшем снижении влажности до 8,35% происходит увеличение дробления зерна до 20,15% у серийного комбайна, до 15,6% семенной и до 24,9% товарной фракции — у опытного.

Таблица 6

работы серийного и опытного комбайнов при влажности семян 14,8%

Частота вращения барабана, с^{-1}				
4/8	4,6/8	5,5/8,8	6,3/9,6	7,1/10
19	12,61	15,67	16,19	19,63
15,08	7,52	10,61	13,31	15,3
20,2	17,39	20,39	20,49	22,61
8,26	5,97	6,14	7,03	8,98
3,59	4,47	4,14	4,86	5,52
9,17	5,73	5,81	6,25	7,21
6,77	6,07	6,78	6,93	7,51
3,79	4,38	5,26	4,97	4,89
9,2	14,56	10,05	6,25	10,69
148,76	149,07	147,6	148,72	150,66
152,8	159,07	157,93	152,13	152,85
146,5	145,26	145,4	142,93	144,75
0,155	0,099	—	—	—
0,336	0,242	0,168	—	—

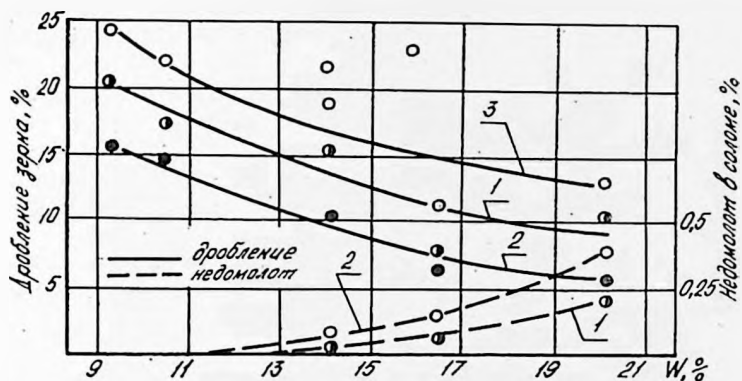


Рис. 13. Влияние влажности семян на качественные показатели работы молотильного аппарата:
1 — серийный комбайн; 2 — семенная фракция опытного комбайна; 3 — товарная фракция опытного комбайна.

Полученные данные наглядно свидетельствуют, что наименьший уровень повреждения зерна имеет семенная фракция, а наибольший — товарная фракция зерна опытного комбайна. Серийный комбайн по данному показателю занимает среднее положение. Необходимо отметить, что при обмолоте сои влажностью 20,2% в серийном комбайне и в товарной фракции опытного комбайна наблюдались мятые семена — в основном недозревшие и продолговатые. Это и привело к повышенному дроблению сои с высокой влажностью.

Оценка эффективности методов снижения потерь и механических повреждений зерна через комплексный показатель, характеризующий степень их соответствия агротехническим требованиям и учитывающий значимость в сохранности урожая, показала значительное преимущество разработанных методов перед существующими. Разница в их эффективности составила 0,35.

Исследования по влиянию влажности зерна на качественные показатели свидетельствуют, что уборку нужно начинать, когда влажность составляет 15...17%. Повреждения зерна при этом минимальные, а недомолот превышает 0,26% за опытным и 0,14% — за серийным комбайном, при допустимом уровне потерь данного вида 0,5%.

Таким образом, для существующей конструкции молотильно-сепарирующего устройства наиболее эффективными методами снижения дробления сои являются:

снижение частоты вращения молотильного барабана;

применение подвижной системы соединения подбарабання; использование схемы обмолота, при которой вымолоченное зерно из-под первого барабана отводится отдельно; обмолот при оптимальной влажности.

Оптимальная частота вращения первого барабана в зависимости от условий работы находится в пределах $4,5...5,5 \text{ с}^{-1}$, второго — $8...8,8 \text{ с}^{-1}$. Оптимальная влажность зерна, при которой рекомендуется проводить уборку, составляет $15...17\%$.

Широкая хозяйственная проверка показала, что разработанные рекомендации по модернизации жатки дают возможность снизить потери урожая вдвое, на $5...7\%$ увеличить производительность труда и улучшить условия работы комбайнера. Сокращение потерь позволяет получить дополнительную прибыль от 510 до 1800 руб. на 100 га убираемой площади.

При использовании технологии раздельного обмолота сои получают наиболее полноценные и менее травмированные семена. В зависимости от условий полевая всхожесть их на $8...19\%$ выше, в 1,5 раза выше продуктивность одного растения. Прибавка урожая при использовании таких семян составляет 2,2 ц/га.

При изучении качественных показателей работы молотильного барабана установлено, что частота вращения первого барабана должна быть снижена до 280, второго — до 480 об/мин. Дробление зерна при этом уменьшается на $5...8\%$, а микроповреждения — на 3% .

5.5. Послеуборочная обработка семян

В системе агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожайности сои, важное значение имеет обеспечение хозяйств высококачественными семенами лучших районированных сортов.

Из всех культур, выращиваемых на Дальнем Востоке и поступающих на очистку, соя — одна из самых засоренных. Кроме отходов основной культуры и живого сорта, в ворохе ее содержится большое количество мертвого сора минерального происхождения. Объясняется это тем, что во время уборки режущий аппарат, располагаясь близко к земле, захватывает почвенные комочки вместе с потоком срезанных растений.

Ворох сои, поступающий на очистку, содержит около 17 компонентов (табл. 7).

Исследования состава вороха по основным компонентам в

Таблица 7

Состав вороха сои

Компоненты	Содержание, %
Полноценные семена сои	68 ... 74
Морозобойные семена	2 ... 10
Невымолоченные бобки	0,25... 1,33
Семена с лопнувшей оболочкой	0,16... 0,31
Щуплые и недоразвитые	0,25... 1,66
Раздавленные и треснувшие	0,55... 1,15
Битые вдоль	0,55... 4
Битые поперек	0,36... 3,7
Четвертинки	0,34... 7,7
Семена загнившие и выеденные вредителями	0,57... 1,95
Крупные части стеблей (20...60 мм)	0,12... 0,66
Створки бобиков	0,07... 0,79
Семена дурнишника	1,03... 4,16
Полова и мелкая органическая примесь	0,12... 1,2
Пыль и мелкие семена трав	2,90... 5,30
Комочки земли	0,22... 1,15
Культурные примеси	0,07... 0,36

зависимости от времени уборки показали, что по мере передвижения срока уборки с 4 по 27 октября содержание целых семян в ворохе увеличивается на 4...10%. Повышается и содержание семян загнивших и выеденных вредителями — с 0,57 до 1,95%. Количество же щуплых и недоразвитых семян постепенно уменьшается с 16 до 0,5%. Содержание мелких семян сорняков снижается с 5,3 до 2,5%. Наблюдается также некоторое увеличение содержания дробленых семян.

Таким образом, состав вороха сои не остается постоянным, а изменяется в зависимости от времени уборки. Причем по мере увеличения срока уборки чистота семян повышается. Если в начале она составляла 68%, то к концу — 74...80%. Объясняется это тем, что к концу уборки основная масса семян сорняков успевает созреть и осыпаться.

Большая засоренность вороха и далеко несовершенная технология приводят к низкому качеству очистки, высоким механическим повреждениям и большим потерям зерна в отходы.

Установлено, что посев некачественными семенами, даже при соблюдении оптимальной нормы, ведет к резкому снижению густоты стояния растений и урожайности. По данным ВНИИ сои, снижение лабораторной всхожести семян сои на 12% вызывает снижение урожайности на 3 ц/га.

Главными причинами снижения качества семян сои в ус-

ловиях Дальнего Востока являются значительные колебания влажности зерна в момент уборки, механическое повреждение зародыша и высокая степень засоренности вороха трудноотделимыми примесями.

Послеуборочная обработка, как правило, проходит при низкой влажности зерна — до 8...9%. В результате семенной материал подвергается значительному механическому повреждению. К необратимому снижению всхожести семян и ослаблению их жизнеспособности приводят повреждения зародыша и микротравмы в области зародыша. Количество таких семян составляет 15...20%. Они и являются главной причиной снижения всхожести.

Не менее важная проблема в условиях Дальнего Востока — очистка семян от трудноотделимых примесей, выделение зерновой примеси основной культуры, куда входят разрушенные, морозобойные и поврежденные вредителями семена. Учитывая, что эти фракции являются ценным кормом, технология послеуборочной очистки сои должна предусматривать их очистку от сора и сбор в отдельную емкость.

Исследованиями А. И. Громовой [14] установлено, что крупные семена способствуют повышению урожая сои. Так, при посеве крупными фракциями урожай может быть повышен на 10% по сравнению с несортowymi и на 33% — по сравнению с мелкими семенами. При посеве крупными семенами не только увеличивается урожай в первом поколении, но и улучшается их качество в последующих. Поэтому сортирование по крупности семян должно быть одним из необходимых требований послеуборочной обработки сои.

Таким образом, технология получения высококачественных семян сои должна предусматривать:

- очистку основной фракции семян от зерновой, органической и минеральной примесей;

- очистку от трудноотделимых примесей (семена, битые поперек, с внутренними микротрещинами, загнившие, выведенные вредителями, больные, морозобойные и семена дурнишника);

- сортировку очищенных семян и сбор их в отдельную емкость;

- выделение, очистку и сбор в отдельную емкость примесей основной культуры;

- транспортировку семян с минимальным механическим повреждением.

Чтобы соответствовать требованиям, поточная технология должна включать:

- отделение первичной очистки, обеспечивающее выделе-

ние органической и минеральной примесей, а также примесей основной культуры;

отделение вторичной очистки для выделения трудноотделимых примесей и сортирования семян;

отделение бункеров;

систему транспортирующих рабочих органов, обеспечивающих минимальное повреждение зерна.

Выход зерна семенной и товарной фракций по такой технологии в значительной степени зависит от структурной характеристики вороха.

Многолетняя практика эксплуатации серийных машин, агрегатов и комплексов показала, что существующая технология недостаточно эффективна на очистке семян сои, так как ворох ее по физико-механическим свойствам значительно отличается от вороха зерновых культур.

Низкое качество очистки сои на типовых линиях объясняется прежде всего несовершенством технологии, низкой эффективностью работы сепарирующих рабочих органов и высокой степенью механического повреждения зерна транспортирующими рабочими органами. Одной из причин низкого качества очистки является отсутствие или недостаточный набор решет, необходимых для разделения соевого вороха по размерным признакам.

Анализ размерных характеристик семян сои и примесей, а также опыт эксплуатации машин и комплексов показывает, что путем подбора решет можно выделить большую часть (до 70...90%) дробленых вдоль и поперек, морозобойных, мелких и шуплых семян сои при незначительных потерях в отходы полноценного зерна (в основном мелкого).

Выделение этих компонентов требует очень тщательной подборки рабочих размеров отверстий в зависимости от сорта, особенностей года, вида засоренности и других отличий по партиям семян.

Изучение размерных характеристик семян сои показало, что между длиной и шириной нет большой зависимости. Однако между толщиной и шириной наблюдается довольно тесная связь. Толщина наиболее полно отражает биологические свойства семян, по толщине они выполнены более однородно, чем по длине и ширине. Это подтверждают показатели вариацонной статистики при детальном изучении размеров семян сои.

При сравнении размерных характеристик семян сои сортов амурской селекции, полученных в условиях одного года, установлено, что средние показатели между сортами наиболее однообразны по толщине. Разница между крайними зна-

чениями у сортов МК-1 и ВНИИС-1 составляет 0,548 мм, или 9,7%. По ширине семян наибольшее отклонение средних показателей между сортами Юбилейная и ВНИИС-1 составило 0,887 мм, или 13,2%, по длине разница между сортами Смелка и МК-1 составляет 0,89 мм, или 12%.

Колебания средних показателей размерных характеристик по длине, ширине и толщине менее заметны внутри одного сорта, выращенного в разные годы. У сорта МК-1 разница между средними показателями семян урожаев 1975 и 1977 гг. была наибольшей и составила по толщине 0,455 мм (7,4%), по ширине — 0,461 мм (6,6%), по длине — 0,321 мм (4,2%). Погодные условия в большей степени отразились на толщине и ширине семян, в меньшей — на длине. Поэтому при определении критерия на мелкие семена в пределах одного сорта необходимо брать в качестве основного признака толщину семян. Минимальные же размеры семян сои по ширине изменяются от 4 до 4,6 мм и по толщине — от 3,2 до 4,4 мм. Однако сильные колебания размерных характеристик в зависимости от условий произрастания и сортовой принадлежности затрудняют точность определения критерия на мелкие и щуплые семена и требуют дополнительных исследований, связанных с изучением биологии развития и роста растений, полученных из семян, различающихся по своим размерным характеристикам.

Основываясь на данных о минимальных размерах, к мелким и щуплым можно отнести семена, имеющие толщину менее 4,5 мм.

Особенностью подбора верхних решет (делительных и зерновых) является необходимость обеспечить при полном проходе зерна сои минимальный проход семян дурнишника и крупных примесей органического и минерального происхождения. При очистке семян сои нужны делительные и зерновые решета с круглыми отверстиями. Анализ вариационных кривых изменений размеров семян сои по многолетним данным для различных сортов показывает, что максимальные размеры семян по ширине изменяются до 6,8 мм.

При подборе решет следует иметь в виду, что в зависимости от количества обрабатываемой массы условия прохождения семян через решета затрудняются, поэтому рабочие размеры отверстий должны быть несколько большими, чем максимальная ширина зерен. Правильность подбора решет уточняется при работе очистительных машин на оптимальной нагрузке.

Анализ вариационных кривых показывает, что для эффективного разделения компонентов вороха по ширине необ-

ходимо иметь комплект решет с рабочими размерами отверстий диаметром 6,5; 7; 7,3; 7,5; 7,8; 8; 8,3; 8,5; 9; 9,5; 10 мм. Наличие таких решет позволит путем тщательного их подбора выделить до 75...85% семян дурнишника.

Отделение мелкодробленного, дробленного вдоль и поперек зерна сои должно производиться на решетках с продолговатыми отверстиями шириной от 3,5 до 5 мм, с классом деления 0,2...0,3 мм. С учетом ГОСТ-214-70 рабочие размеры продолговатых отверстий должны быть: 3,5; 4; 4,2; 4,5; 4,8; 5 мм.

Лучшим признаком делности для морозобойных семян является ширина зерна. Поэтому их выделение (в отдельные неблагоприятные годы количество таких семян достигает 10...20%) должно осуществляться на решетках с круглыми отверстиями. При правильном подборе решет можно выделить до 80% морозобойных семян, теряя в отходы не более 5...8% мелкого зерна сои. Лучшие результаты получены на решетках с круглыми отверстиями диаметром 5,5; 5,8 и 6 мм.

Труднее всего выделить из семенного материала семена, дробленные поперек: вариационные кривые размерных характеристик их накладываются на вариационные кривые целых семян.

Способ выделения дробленных поперек семян был предложен и испытан на Амурской опытной станции В. Н. Моисеенко. Для этого использовались решета с треугольными отверстиями. Форма их в наибольшей степени соответствует особенностям размерных характеристик дробленного поперек зерна. Однако широкой хозяйственной проверки данный способ не получил из-за отсутствия решет с треугольными отверстиями необходимых размеров. Чтобы выделить дробленные поперек семена сои, требуются решета с треугольными отверстиями размером 8; 8,5; 9; 9,2; 9,5; 10 мм. Рабочим размером треугольного отверстия является сторона равностороннего треугольника.

Таким образом, для качественной очистки и сортирования сои очистительные машины должны быть укомплектованы решетками со следующими рабочими размерами отверстий (в мм): круглые отверстия—5,5; 5,8; 6; 6,5; 7; 7,3; 7,5; 7,8; 8; 8,3; 8,5; 9; 9,5; 10; продолговатые — 3,5; 4; 4,2; 4,5; 4,8; 5; треугольные — 8; 8,5; 9; 9,2; 9,5; 10.

Аспирационные каналы зерноочистительных машин, рассчитанные на сепарацию зерновых культур, как показали исследования, недостаточно эффективно очищают более тяжелые семена сои, хотя по физико-механическим свойствам при более высоких скоростях воздушного потока соя может эф-

фективно очищаться и сортироваться.

Анализ вариационных кривых критических скоростей компонентов вороха сои показывает значительную разницу в критических скоростях целого зерна и других фракций вороха.

У соломы, половы, части створок, мелкодробленого зерна сои этот показатель равен 5...10 м/с, в то время как у целого зерна большинства сортов — 12...18 м/с. Наиболее качественной очистка данных примесей оказывается при скоростях воздушного потока в сепарирующих камерах свыше 10 м/с.

Вариационные кривые критических скоростей семян дурнишника и сои, битой вдоль и поперек, семян загнивших, щуплых, морозобойных, поврежденных вредителями и с микротравмами, перекрываются вариационными кривыми целого зерна. Поэтому выделить эти примеси без потерь целого зерна в отходы невозможно. Если допустить в отход 2...2,5% мелкой сои, то битые вдоль и щуплые семена сои, а также семена дурнишника можно выделить полностью. Скорость воздушного потока в сепарирующих камерах должна быть при этом 12...16 м/с. Загнившие и битые поперек семена сои полностью выделить воздушным потоком нельзя. Однако их количество можно значительно сократить, допустив небольшие потери мелкого зерна в отходы. При потерях до 9% можно выделить 90% загнивших, выеденных вредителями, морозобойных и битых поперек семян сои.

Таким образом, исходя из изложенного, качественная очистка и сортирование зерна сои по аэродинамическим свойствам возможны лишь в случае, если скорость воздушного потока в аспирационном канале будет не меньше 16 м/с.

Зерноочистительные машины отечественного и зарубежного производства, как правило, снабжены устройством для очистки семян воздушным потоком. При этом воздушный поток рассчитан на сепарирование зерновых культур — пшеницы, ржи, ячменя и семян трав. Большой интерес представляет вопрос, в какой степени существующие режимы воздушного потока удовлетворяют очистке семян сои.

Для исследований была изготовлена экспериментальная установка, позволяющая получать как всасывающий, так и нагнетающий поток со скоростью 5...25 м/с. Рабочая площадь сечения аспирационного сечения составляла 0,08 м².

Сравнительно высокая сепарирующая способность воздушного потока наблюдалась при низкой подаче — 500...1000 кг/ч. Объясняется это тем, что при подаче до 1000 кг/ч концентрация семян в воздушном канале незначительна.

Полноценные семена не мешают выносу более легких примесей. Другим, не менее важным фактором, объясняющим высокую полноту выделения, является малая скорость перемещения семян поперек воздушного канала. В результате легкие семена подвергаются большему воздействию воздушного потока и имеют большую вероятность выделиться.

При увеличении подачи с 1000 до 5000 кг/ч качество сепарации резко снижается. Полнота выделения морозобойных семян, например, уменьшается с 65 до 12%. То же происходит с семенами, имеющими механическое повреждение.

С увеличением скорости воздушного потока качество сепарации повышается. Так, при подаче 1000 кг/ч и увеличении скорости воздушного потока с 7 до 15 м/с полнота выделения семян с механическим повреждением увеличивается на 25%. Наиболее характерно это проявляется при 500...800 кг/ч. При подаче свыше 3000 кг/ч увеличение скорости воздушного потока не оказывает существенного влияния на качество сепарации.

Таким образом, качество разделения семян повышается по мере увеличения скорости вертикального воздушного потока. Для вертикального нагнетающего канала с размерами 0,2×0,4 м наилучшие условия для сепарации создаются при подаче до 2000 кг/ч. Скорость воздушного потока при этом должна быть не менее 15 м/с. Полнота выделения морозобойных семян и семян с механическим повреждением составляет 50%.

Потери полноценных семян сои с увеличением подачи резко снижаются, хотя при малых подачах с увеличением скорости воздушного потока они доходят до 20%. При скорости 15 м/с и подаче 2000 кг/ч потери семян сои составляют 12%.

С увеличением подачи значительно снижается полнота выделения морозобойных семян и семян с механическими повреждениями вертикальным воздушным потоком всасывающего типа. Увеличение подачи с 500 до 2400 кг/ч снижает полноту выделения до 40%. Качество работы всасывающего потока несколько выше нагнетающего. Так, при нагрузке 2000 кг/ч полнота выделения семян с механическими повреждениями всасывающим потоком на 10% выше, чем нагнетающим. В связи с этим при проектировании зерноочистительных машин для очистки сои целесообразно использовать воздушный поток всасывающего типа. Предельно допустимой нагрузкой для него при скорости 12,5 м/с и полноте выделения 40...50% является 2000 кг/ч. Потери семян при этом составляют 6...7%.

Исследования работы решет и триеров показали, что ос-

новой процент морозобойных семян выделяется при помощи триера: при нагрузке 3500 кг/ч — до 47%. Причем полнота их выделения находится в сложной зависимости от подачи. С увеличением нагрузки качество работы триера улучшается, доходит до определенного значения, после чего полнота выделения морозобойных семян снова снижается. Для триеров, имеющих ячейку диаметром 8,5 мм, оптимальная нагрузка на барабан 1200...1300 кг/ч. Потери семян при обработке на триере значительно выше, чем воздушным потоком и решетами, и находятся в пределах 15%.

Полнота выделения морозобойных семян зерновыми решетами машины первичной очистки растет с увеличением подачи. Это объясняется тем, что значительная часть мелких морозобойных семян при увеличении толщины слоя не успевает пройти в отверстия и сходит с зернового решета. При этом до 5% полноценных семян идет в потери. Воздушным потоком машин первичной и вторичной очистки выделяется около 1,5...4% морозобойных семян при подаче 3500 кг/ч.

Полнота выделения значительно уменьшается при увеличении подачи с 1000 до 3500 кг/ч. Закономерность изменения качества работы зернового решета машины вторичной очистки в зависимости от подачи аналогична решетам машины первичной очистки. Степень выделения морозобойных семян подсевными и сортировальными решетами несколько снижается с увеличением нагрузки и находится в пределах 0,5...1%.

Основная масса семян с механическими повреждениями выделяется решетами зерноочистительной машины первичной очистки ОВП-20. Причем независимо от подачи, в пределах от 1000 до 5000 кг/ч, полнота их выделения остается постоянной и составляет 57...65%.

Качество работы воздушного потока в значительной степени зависит от подачи. При малой ее величине, когда семена перемещаются в аспирационном канале разрозненно, на значительном расстоянии друг от друга, выделяется до 50% поврежденных семян. С увеличением подачи до 3000 кг/ч материал начинает двигаться более плотным слоем, увлекая за собой травмированные семена. При этом полнота их выделения уменьшается в 4 раза.

Зерновой материал, поступающий на вторичную очистку, содержит незначительное количество дробленых семян. Поэтому полнота их выделения посевными и сортировальными решетами значительно ниже, чем решетам ОВП-20, и находится в пределах 5...17%. С увеличением подачи до 1000 кг/ч полнота выделения подсевным решетоу уменьшается вдвое.

сортiroвальный решетом — на 2...4%. Это позволяет сделать вывод, что подсевные решета при очистке семян сои более чувствительны к перегрузкам, чем сортiroвальные и зерновые.

От дурнишника семена сои очищаются в основном решетами ОВП-20 и воздушным потоком. Наиболее трудноотделимы семена дурнишника, имеющие линейные размеры, близкие к размерам семян сои.

Наибольший процент дурнишника (до 40...45%) выделяется зерновым решетом ОВП-20. Воздушным потоком выделяется около 10...25% их. Следует отметить, что с увеличением производительности с 1000 до 3000 кг/ч выделение семян дурнишника воздушным потоком уменьшается на 10%. Это объясняется в основном малой скоростью воздушного потока в канале. В современных зерноочистительных машинах данный показатель недостаточен для качественной очистки семян сои от легких примесей. Об этом свидетельствует сравнительно низкий процент потерь семян сои (0,2...1%) при максимальной открытой заслонке. Скорость воздушного потока, как показали исследования, при очистке семян сои должна быть увеличена до 15 м/с.

Исследования работы поточной линии «Пектус» показали, что пропускная способность основной зерноочистительной машины «Пектус-Гигант» при очистке сои, содержащей большой процент морозобойных семян, довольно низкая — в пределах 400...500 кг/ч. Производительность поточной линии в основном определяется триерами. При увеличении подачи на одну машину «Пектус-Гигант» свыше 400 кг/ч снижается полнота выделения морозобойных и дробленых семян. Отсутствие подпорного кольца у триера приводит к большим потерям: полноценные семена не успевают вычерпываться ячейками триера и идут сходом с цилиндра вместе с отходами. При нагрузке 400 кг/ч на цилиндр в отходы идет до 30% семян сои.

Низкое качество работы триера «Пектус-Гигант» с увеличением производительности по сравнению с триером отечественной зерноочистительной машины объясняется, кроме того, малым диаметром цилиндра. Приемная кромка лотка при этом располагается значительно ниже и позволяет морозобойным семенам, которые должны идти сходом, попадать в лоток вместе с полноценными семенами. Поднятие рабочей кромки лотка, с целью снизить вычерпываемость морозобойных семян, приводит к значительным потерям семян в отходы.

Полнота выделения морозобойных и травмированных се-

мян воздушным потоком «Пектус-Гигант» несколько выше, чем решетам. При нагрузке 400 кг/ч полнота выделения морозобойных семян воздушным потоком составляет 20%, решетам — 15%. С увеличением подачи качество работы воздушного потока и решет снижается, при 700 кг/ч оно находится в пределах 10...14% для морозобойных и 30...40% — для дробленых семян. Потери в отходы при этом равны 5...8%.

Повысить эффективность процесса сепарации семян сои можно за счет увеличения площади живого сечения, увеличения относительной скорости перемещения семян по сепарирующей поверхности и скорости воздушного потока в аспирационных каналах, а также за счет применения более эффективных методов разделения.

Необходимым связующим звеном при этом должен быть принцип минимального механического повреждения семян в процессе их перемещения. Чтобы решить данную проблему, были разработаны принципиально новый высокоэффективный рабочий орган — струнное решето, пневмовибрационный метод очистки и пневматический сепаратор для очистки трудноотделимых примесей.

Сепарирующая поверхность струнного решета, выполненная в виде параллельно натянутых стальных тросиков диаметром 0,84 мм, обеспечивает более эффективную очистку за счет улучшения условий ориентации проходowych семян относительно отверстия и повышения скорости перемещения по решету. Этому способствуют круглые перемычки и практически неограниченная длина отверстия.

Качество работы струнного решета в значительной степени зависит от режима работы. Исследования показали, что при уменьшении или увеличении ускорения относительно оптимального значения оно снижается.

Снижение коэффициента качества работы решета при малых ускорениях объясняется тем, что резко уменьшается скорость движения семян по решету, при этом увеличивается толщина слоя, в результате проходовые семена не успевают попасть в отверстие и идут сходом. При чрезмерном увеличении скорости семени, ударяясь об упругую поверхность решета, большую часть времени находятся в отрыве, что резко снижает вероятность их прохождения в отверстия. Эти предположения подтверждены скоростной киносъемкой.

Сравнительные исследования показали, что полнота разделения и коэффициент качества работы струнного решета в меньшей степени зависят от удельной нагрузки, чем серий-

ного пробивного решета. На пробивном решете, чтобы коэффициент качества работы не снижался ниже 0,8, можно работать с нагрузкой до 50 кг/ч дм, а на струнном — до 120 кг/ч дм.

Оптимальный режим работы струнного решета при увеличении подачи с 30 до 150 кг/ч дм изменяется в диапазоне 710...1300 об/мин. Наиболее качественная работа — при нагрузке до 100 кг/ч дм. Дальнейшее ее увеличение ухудшает качественные показатели незначительно.

Таким образом, струнные решета позволяют при достаточно высоком качестве сепарации повысить производительность очистки по сравнению с серийными пробивными решетами в 2,4 раза. Применение струнных решет с дифференцированным размером рабочего отверстия (решет с расходящимися струнами) позволяет решить проблему сортирования семян по толщине — признаку, наиболее тесно связанному с урожайностью.

Зерновые смеси при сообщении им вибрации становятся более податливыми. Вибрирование снижает коэффициент внутреннего трения сыпучих материалов. Принципиальная основа процесса вибросепарации — использование явления перераспределения частиц сыпучей среды при колебательном движении рабочего органа машин. Перераспределение частиц тем интенсивнее, чем больше разница в их размерах и удельном весе. Процесс может быть значительно ускорен, если слой продувать воздушным потоком.

Семена сои, имея обтекаемую форму и значительно больший удельный вес, легче преодолевают перемещения в слое при пневмовибрационном методе очистки.

Для повышения эффективности предварительной очистки сои был разработан пневмовибрационный способ с применением струнной сепарирующей поверхности. Принципиальная схема данной очистки представлена на рис. 14.

Принцип работы пневмовибрационной очистки заключается в следующем. Зерновой материал поступает на струнное решето 2 грохота 3, где за счет вибрации и воздушного потока, создаваемого вентилятором 1, происходит перераспределение частиц. Семена сои опускаются вниз, а более легкие примеси (семена дурнишника, створки, бобикки, солома) всплывают на поверхность и при помощи аспирационного канала 4 удаляются в конце грохота.

Основная теоретическая предпосылка при выборе данного способа разделения — создание за счет инерционных сил грохота и воздушного потока таких условий, при которых семена сои имели бы возможность все время перемещаться

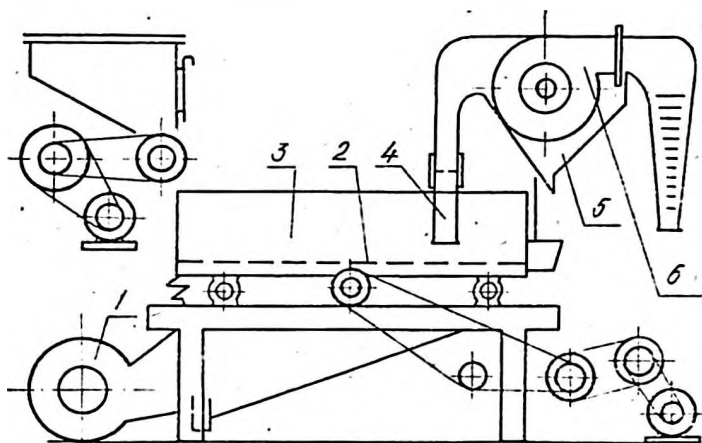


Рис. 14. Схема пневмовибрационного способа очистки сои:
1 — вентилятор; 2 — струнное решето; 3 — грохот; 4 — аспирационный канал; 5 — осадочная камера; 6 — вентилятор.

в слое сверху вниз, а для остальных примесей эта возможность была бы ограничена. При таких условиях будет происходить непрерывное перераспределение вороха, в результате все легкие примеси будут всплывать на поверхность слоя.

Сам процесс перераспределения в этом случае основывается в первую очередь на различии в аэродинамических свойствах компонентов вороха.

Исследования состава вороха сои, поступающего на очистку, и его аэродинамических свойств показали, что целые семена имеют критическую скорость значительно выше по сравнению с соломой, семенами дурнишника, створками, загнившими и дробленными семенами сои. Критическая скорость целых семян находится в пределах 12...16 м/с, а для всех остальных примесей она равна 4...12 м/с. Кроме того, полноценные семена имеют значительно более высокий, чем остальные компоненты, удельный вес. Все это способствует активному перераспределению, в результате которого семена перемещаются в нижний слой.

Процесс перераспределения в слое можно характеризовать скоростью перемещения частиц. Она зависит от многих факторов, непосредственно или косвенно влияющих на процесс. Основными силами, препятствующими перераспределению семян, являются те, которые возникают в результате связанности слоя. Причем чем больше в ворохе примесей и

ного пробивного решета. На пробивном решете, чтобы коэффициент качества работы не снижался ниже 0,8, можно работать с нагрузкой до 50 кг/ч дм, а на струнном — до 120 кг/ч дм.

Оптимальный режим работы струнного решета при увеличении подачи с 30 до 150 кг/ч дм изменяется в диапазоне 710...1300 об/мин. Наиболее качественная работа — при нагрузке до 100 кг/ч дм. Дальнейшее ее увеличение ухудшает качественные показатели незначительно.

Таким образом, струнные решета позволяют при достаточно высоком качестве сепарации повысить производительность очистки по сравнению с серийными пробивными решетами в 2,4 раза. Применение струнных решет с дифференцированным размером рабочего отверстия (решет с расходящимися струнами) позволяет решить проблему сортирования семян по толщине — признаку, наиболее тесно связанному с урожайностью.

Зерновые смеси при сообщении им вибрации становятся более податливыми. Вибрирование снижает коэффициент внутреннего трения сыпучих материалов. Принципиальная основа процесса вибросепарации — использование явления перераспределения частиц сыпучей среды при колебательном движении рабочего органа машин. Перераспределение частиц тем интенсивнее, чем больше разница в их размерах и удельном весе. Процесс может быть значительно ускорен, если слой продувать воздушным потоком.

Семена сои, имея обтекаемую форму и значительно больший удельный вес, легче преодолевают перемещения в слое при пневмовибрационном методе очистки.

Для повышения эффективности предварительной очистки сои был разработан пневмовибрационный способ с применением струнной сепарирующей поверхности. Принципиальная схема данной очистки представлена на рис. 14.

Принцип работы пневмовибрационной очистки заключается в следующем. Зерновой материал поступает на струнное решето 2 грохота 3, где за счет вибрации и воздушного потока, создаваемого вентилятором 1, происходит перераспределение частиц. Семена сои опускаются вниз, а более легкие примеси (семена дурнишника, створки, бобки, солома) всплывают на поверхность и при помощи аспирационного канала 4 удаляются в конце грохота.

Основная теоретическая предпосылка при выборе данного способа разделения — создание за счет инерционных сил грохота и воздушного потока таких условий, при которых семена сои имели бы возможность все время перемещаться

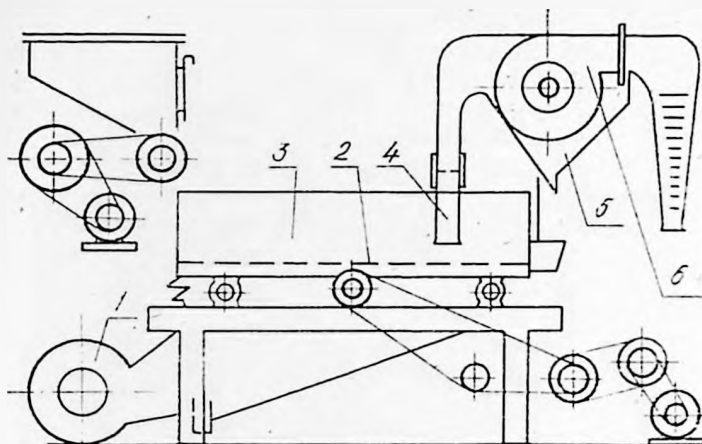


Рис. 14. Схема пневмовибрационного способа очистки сои:
1 — вентилятор; 2 — струнное решето; 3 — грохот; 4 — аспирационный канал; 5 — осадочная камера; 6 — вентилятор.

в слое сверху вниз, а для остальных примесей эта возможность была бы ограничена. При таких условиях будет происходить непрерывное перераспределение вороха, в результате все легкие примеси будут всплывать на поверхность слоя.

Сам процесс перераспределения в этом случае основывается в первую очередь на различии в аэродинамических свойствах компонентов вороха.

Исследования состава вороха сои, поступающего на очистку, и его аэродинамических свойств показали, что целые семена имеют критическую скорость значительно выше по сравнению с соломой, семенами дурнишника, створками, загнившими и дроблеными семенами сои. Критическая скорость целых семян находится в пределах 12...16 м/с, а для всех остальных примесей она равна 4...12 м/с. Кроме того, полноценные семена имеют значительно более высокий, чем остальные компоненты, удельный вес. Все это способствует активному перераспределению, в результате которого семена перемещаются в нижний слой.

Процесс перераспределения в слое можно характеризовать скоростью перемещения частиц. Она зависит от многих факторов, непосредственно или косвенно влияющих на процесс. Основными силами, препятствующими перераспределению семян, являются те, которые возникают в результате связанности слоя. Причем чем больше в ворохе примесей и

чем влажнее ворох, тем значительнее эти силы.

Разрушением связанности слоя создаются условия для перераспределения семян. Если предположить, что в момент разрыва, когда нарушаются связи между отдельными компонентами вороха, происходит перераспределение по классам парусности, то данный принцип можно положить в основу сепарации семян. В этом случае речь пойдет не о перераспределении семян по принципу сортировального стола, когда слой практически не разрывается, а о варианте, когда семена и примеси находятся на расстоянии, позволяющем им свободно перемещаться относительно друг друга.

Данные условия могут быть получены за счет вибрации и активного продувания слоя. Но существующие пробивные решета нельзя использовать в качестве основания грохота из-за высокого сопротивления воздушному потоку. Решение данного вопроса стало возможным в результате применения струнной сепарирующей поверхности. Струнное решето обладает высокой площадью живого сечения и оказывает незначительное сопротивление воздушному потоку при продувании слоя.

Экспериментальные исследования по изучению влияния режима работы грохота и скорости воздушного потока на процесс перераспределения семян в слое подтверждают правильность этих предложений.

Основным показателем, определяющим процесс перераспределения компонентов, является величина степени всплываний. Она в значительной степени зависит от частоты и амплитуды колебания грохота и скорости воздушного потока.

Максимальное всплывание семян дурнишника происходит при определенной частоте колебаний. Величина оптимальной частоты колебания имеет различное значение и зависит от амплитуды (рис. 15). Причем с увеличением амплитуды оптимальная частота колебания уменьшается.

Лучшие условия для всплывания дурнишника, соломы, створок и бобиков при амплитуде 3,8 мм наблюдаются при частоте 1500—1600 об/мин. При уменьшении частоты колебания величина всплывания резко снижается. Для амплитуды колебаний 4,9...6 мм нарушение процесса происходит, наоборот, при увеличении частоты свыше 1150...1300 об/мин.

Исследования показали, что частота колебания в меньшей степени влияет на выделение створок. Процесс их выделения определяется в основном скоростью воздушного потока, который удерживает их над слоем. Наиболее чувствительно к изменению режима работы грохота перераспределение невымолоченных бобов и семян дурнишника.

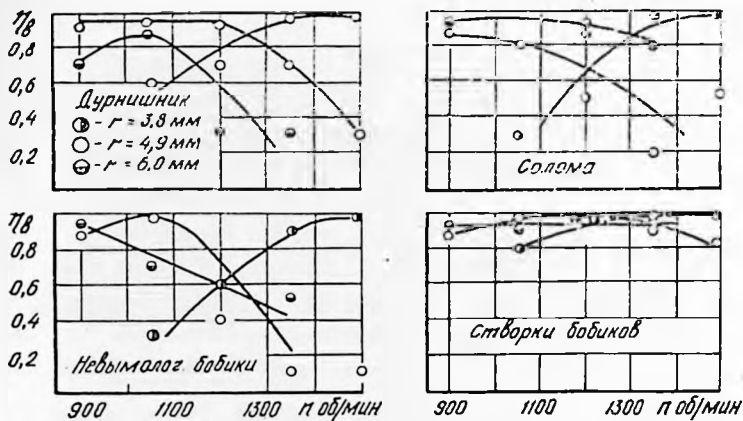


Рис. 15. Степень всплытия компонентов вороха сои при различных режимах работы грохота.

С точки зрения стабильности процесса целесообразно устанавливать амплитуду в пределах 4,9...5,1 мм, а частоту колебания — 1150...1200 об/мин. В этом случае толщина слоя по всей длине грохота постоянна и не наблюдается нарушения стабильности процесса.

Существенное влияние на перераспределение оказывает скорость воздушного потока, проходящего через слой. Для выделения семян дурнишника требуется более мощный воздушный поток, нижний предел которого равен 9...10 м/с. Полное всплытие всех примесей при нагрузке 460 кг/ч дм происходит при скорости воздушного потока 10 м/с. Оптимальная скорость воздушного потока в аспирационном канале для удаления примесей составляет 16...18 м/с.

При перемещении слоя по грохоту происходит постепенное перераспределение семян. Исследования показали, что в начале решета оно незначительно. Пройдя путь 500...600 мм, слой вороха начинает интенсивно перераспределяться. При нагрузке 400 кг/ч дм, амплитуде 5,1 мм и частоте 1150 об/мин для полного разделения вороха сои длина грохота должна быть не менее 1000 мм.

Пневмовибрационный принцип целесообразно использовать в процессе предварительной очистки. Применение его для повышения качества сепарации рабочих органов серийных машин на предварительной очистке также показало высокую эффективность. Для проверки была разработана технология предварительной очистки вороха сои на пробивных решетах с круглыми отверстиями с наложением поля воздуш-

ного потока на машине ЗД-10000. Очистка при этом осуществляется следующим образом.

Через аспирационный канал, где происходит выделение мелких лёгких примесей, ворох поступает на пробивное решето с круглыми отверстиями диаметром 8...9 мм. Для продувания решета воздушным потоком устанавливается специальный вентилятор. Оптимальная скорость воздушного потока под решетом — 5,6 м/с.

При движении вороха по решету более гладкие и тяжелые семена сои перемещаются вниз и просеиваются, а более легкие примеси и семена дурнишника, оставаясь сверху, сходом удаляются с решета. Размеры отверстий решета подбираются так, чтобы через них могли свободно проходить все семена сои.

Воздушный поток, которым решето продувается снизу, препятствует просеиванию семян дурнишника, имеющих размеры меньше размера отверстий.

Испытания опытного образца установки проводились в колхозе «Приамурье» Тамбовского района Амурской области. В качестве исходного материала был взят ворох сои сорта ВНИИС-1 после комбайновой уборки. Влажность семян составляла 13,5...13,7%. Качество работы оценивалось полнотой выделения примесей и потерями зерна в отходы.

Установлено, что применение воздушного потока позволяет значительно повысить качество предварительной очистки вороха сои при достаточно высокой производительности (табл. 8). Полнота выделения легких примесей по сравнению с серийной машиной ЗД-10000 увеличилась на 13% и составила 97%.

Предлагаемая технология предварительной очистки значительно увеличивает полноту выделения семян дурнишника. Если на серийной машине ЗД-10000 она составила в среднем 27%, то у опытной — 96%, при производительности от 13 до 27 т/ч. Потери зерна в отходы при этом отмечают при производительности свыше 20 т/ч.

Применение воздушного потока в сочетании с пробивными решетами позволяет вдвое повысить удельную производительность на предварительной очистке вороха сои, на 69% увеличить полноту выделения семян дурнишника и на 13% — легких органических примесей, без потерь сои в отходы.

Анализ различных методов очистки сои показывает, что наиболее трудноотделимыми примесями являются семена сои, битые поперек, морозобойные, загнившие, поврежденные вредителями, а также семена дурнишника. Исследования физико-механических свойств позволяют выбрать наибо-

Таблица 8:

**Результаты сравнительных испытаний машин
для предварительной очистки вороха сои**

Пронзв-сть, т/ч	Исход. материал			Очищенный материал			Полн. выдел. дурниш., %	Полн. выдел. орг. при- месей, %	Потери зерна в отходы, %
	семена осн. куль- туры, %	легкие приме- си, %	семена дурниш., шт/кг	семена осн. куль- туры, %	легкие приме- си, %	семена дурниш., шт/кг			
10,46	86,45	0,35	180	86,9	—	—	100	100	—
11,14	82,99	1,15	150	92,1	0,1	—	100	91	—
12,10	89,95	0,45	110	88,3	—	—	100	100	—
13,12	88,5	1,65	210	91,7	0,01	5	97	99	—
15,13	87,25	0,35	170	91,2	—	5	97	100	—
15,83	83,0	2,2	140	91,6	0,05	10	92	97	—
18,19	88,45	0,35	130	91,9	0,01	—	100	97	—
20,57	81,10	0,70	545	90,3	—	10	98	100	—
22,88	83,85	1,10	455	91,1	—	—	100	100	4,1
25,43	88,20	0,70	300	87,4	0,05	5	98	92	23,9
27,02	84,65	0,95	410	86,0	—	10	97	100	34,0

Опытная машина

ЗД-10000

8,59	83,15	0,8	190	84,4	0,2	240	—	75	—
9,20	77,05	1,8	475	86,2	0,4	345	21	77	0,25
10,88	87,70	0,5	165	88,1	—	135	18	100	0,1
13,90	96,15	0,75	415	90,1	0,05	125	69	93	—
14,86	77,90	4,0	690	83,6	0,5	315	54	87	—
16,72	80,45	3,0	360	83,7	0,8	400	—	73	—

лее эффективный способ выделения этих примесей. Таким способом является разделение в воздушном потоке по разности критических скоростей.

Вариационные кривые критических скоростей семян дурнишника, семян сои, битых поперек, загнивших, шуплых, морозобойных и поврежденных вредителями, незначительно перекрываются кривыми целых семян. Если допустить в отходы 2...2,5% мелких семян сои, то битые вдоль и шуплые семена сои, а также семена дурнишника можно выделить полностью. Скорость воздушного потока в сепарирующих камерах должна быть при этом 12...14 м/с. Загнившие и битые поперек семена полностью выделить воздушным потоком нельзя. Однако их количество можно значительно сократить, допустив небольшие потери в отходы зерна сои, в основном мелкого. При потерях до 9% зерна в отходы можно выделить

до 90% загнивших, выеденных вредителями, морозобойных и битых поперек семян сои.

Для очистки семян от трудноотделимых примесей при помощи воздушного потока был разработан пневматический сепаратор. Он предназначен для очистки и сортирования сои, зерновых и других культур, предварительно обработанных на воздушно-решетных и триерных машинах, может быть использован как в поточных линиях, так и в качестве самостоятельной машины.

В процессе работы сепаратора зерно загружается в приемный бункер, из которого поступает через окно на сетку воздушного канала. Величина открытия окна, а следовательно и производительность машины регулируется шиберной заслонкой. Под действием воздушного потока, нагнетаемого вентилятором, зерно, поступающее на сетку с отверстиями размерами 5×5 мм, разделяется. Целые (тяжелые) семена скатываются по сетке, а легкие примеси уносятся воздушным потоком вверх. В осадочной камере скорость воздушного потока уменьшается, битые, щуплые, загнившие, морозобойные зерна сои и семена дурнишника оседают и выходят через специальный патрубок. Более легкие примеси уносятся воздушным потоком и оседают в осадочной камере. Воздух выходит через сетчатую поверхность камеры.

Следует отметить, что конструкция осадочной камеры принята из расчета минимального снижения скорости воздушного потока, так как применяемые вентиляторы не обеспечивают достаточной скорости воздушного потока в воздушной камере при постановке на сепараторы серийных пылеуловителей.

Качество работы пневматического сепаратора с вертикальным воздушным потоком в значительной степени зависит от скорости воздушного потока и величины подачи материала. Полнота выделения примесей с увеличением воздушного потока свыше 10 м/с растет и приобретает максимальное значение при скорости 15...18 м/с.

Наиболее легкие примеси выделяются при скорости воздушного потока 15 м/с. Но для выделения семян дурнишника, загнивших и больных семян, морозобойных и семян, битых поперек, скорость воздушного потока в рабочем канале пневматического сепаратора должна быть не менее 16 м/с. Полнота выделения при этом остается достаточно высокой — 0,9...1.

С увеличением скорости воздушного потока свыше 17 м/с полнота выделения наиболее трудноотделимых примесей (битых поперек и морозобойных зерен сои) практически не по-

вышается, а потери полноценных семян увеличиваются.

Оптимальной скоростью воздушного потока пневмосепаратора для удельной нагрузки 830 кг/ч дм является 16 м/с. При этом происходит максимальное выделение всех примесей, а потери не превышают 3%.

Исследования показали, что удельная нагрузка в значительной степени влияет на качественные показатели пневмосепаратора.

С увеличением нагрузки до 800 кг/ч полнота выделения снижается незначительно, однако дальнейшее ее увеличение приводит к заметному снижению качества работы пневмосепаратора (рис. 16). Кроме того, значительны потери полноценных семян в отходы.

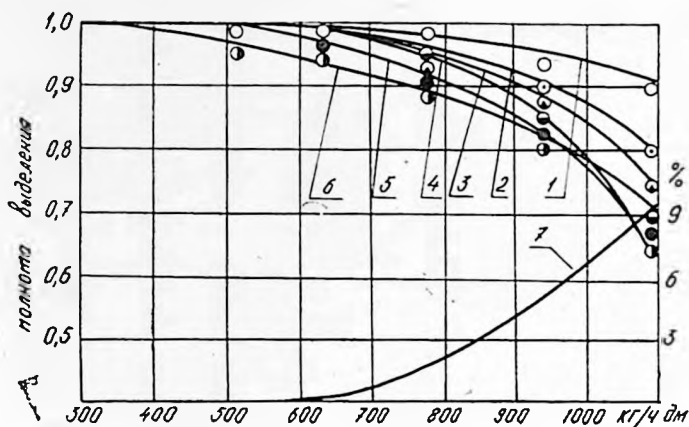


Рис. 16. Зависимость качественных показателей пневмосепаратора от нагрузки:

1 — легкая примесь; 2 — дурнопахнущий; 3 — семена, выделенные вредителями; 4 — загнившие, больные; 5 — битые поперек; 6 — морозобоины; 7 — потери.

Одним из связующих звеньев технологии очистки сои являются транспортирующие рабочие органы. Большие механические повреждения зерна сои при транспортировании серийными норями свидетельствуют, что их конструкция и режим работы не соответствуют физико-механическим особенностям данной культуры.

Для снижения травмирования семенного и продовольственного зерна сои при транспортировке его в процессе послеуборочной обработки была разработана тихоходная нория с грузовыми ковшами большой емкости. Принцип работы ти-

хоходной норин основан на перемещении зерна большими порциями с малой скоростью.

В процессе движения ковши, имеющие емкость до 14 л, зачерпывают зерно в нижней накопительной головке и поднимают вертикально вверх. Разгрузка ковшей гравитационная и осуществляется в результате их поворота в верхней головке.

Исследования показали, что тихоходная нория практически исключает механические повреждения семян сои.

С увеличением скорости движения ковшей до 0,5 м/с величина дробления зерна не повышается, однако несколько снижается коэффициент их разгрузки.

Для ковшей емкостью 14 л с шагом расстановки 608 мм оптимальная скорость движения тяговой цепи тихоходной норин составляет 0,3...0,4 м/с. Производительность ее при этом равна 27 т/ч.

Подготовка семенного и продовольственного зерна сои производится на типовых зерноочистительных агрегатах и комплексах, на поточных линиях и на отдельных зерноочистительных машинах, предназначенных в основном для обработки зерновых культур. Между тем, большая засоренность вороха со значительным включением частиц минерального происхождения, что связано со спецификой уборки сои на пониженном срезе, отличие семян сои по физико-механическим свойствам от семян зерновых, необходимость выделить дробленые, морозобойные, пораженные вредителями и другие неполноценные семена — все это снижает эффективность используемых комплексов на подготовке как семенного, так и продовольственного зерна сои.

Низкое качество очистки сои на существующих комплексах объясняется прежде всего несовершенством применяемой технологии, низкой эффективностью работы сепарирующих рабочих органов и высокой степенью повреждения зерна транспортирующими рабочими органами.

Подготовка семенного материала на типовых зерноочистительных агрегатах не позволяет получать классных по чистоте семян сои. При этом содержание травмированных семян по сравнению с наличием их в исходном ворохе повышается в 2,5...3 раза, а потери в отходы полноценных семян — до 12...15%.

Травмирование — одна из главных причин несоответствия семян сои требованиям посевного стандарта из-за низкой всхожести. Использование при подготовке семенного материала семяочистительных приставок не нашло распространения из-за дополнительного травмирования семян транс-

портирующими органами, а также малой производительности и неудовлетворительной работы сортировальных пневматических столов.

Проведенные исследования позволили разработать более совершенную технологию поточной линии для очистки и сортирования сои. Эта линия предназначена также для механизированной очистки зерновых культур. За один пропуск исходного материала она обеспечивает получение семян сои не ниже второго класса посевного стандарта по ГОСТ 9669-75 или доведение до базисных кондиций продовольственного зерна. Производительность поточной линии на подготовке семенного материала составляет 15 т/ч, продовольственного — 20 т/ч. При очистке семян зерновых (пшеница, ячмень) линия обеспечивает за один пропуск исходного материала получение семян не ниже второго класса при производительности 15 т/ч.

Предназначенный для очистки ворох из завальной ямы емкостью 20...25 м³ двухпоточной норией производительностью 20 т/ч подается в машину предварительной очистки, а затем в машину первичной очистки ЗВС-20. Выходы легковесных примесей (полова, дурнишник, створки бобов, сход с верхних решет и подсев) норией транспортируются в бункер отходов. Очищенный материал от машины ЗВС-20 двумя нориями НПЗ-10 подается в машины вторичной очистки (сортировки).

Вторичная очистка скомплектована из установленных ступенчато, каскадом вниз, 4 ветро-решетных универсальных семяочистителей СВУ-5, 4 триерных блоков БТ-5 и 4 экспериментальных пневматических сепараторов.

Очищенный материал после машины первичной очистки ЗВС-20 при помощи двух норий делится на 4 параллельных потока и подается на каскад вторичной очистки в машины СВУ-5, расположенные сверху каскада. При помощи аспирационных каналов и решет на СВУ-5 выделяются мелкие и шуплые, крупные семена, а также семена дурнишника, не выделенные на ЗВС-20.

Из СВУ-5 очищенный материал самотеком поступает в 4 блока овсюжных триеров, работающих параллельно, где происходит выделение морозобойных семян (при очистке сои) или семян овсюга (при очистке зерновых).

Основной поток семян из триерных блоков поступает на окончательную очистку в 4 пневмосепаратора. Мощный вертикальный воздушный поток позволяет выделить здесь наиболее трудноотделимые примеси — загнившие и морозобойные семена, семена с меньшим удельным весом.

Очищенное на машинах вторичной очистки семенное зерно при помощи тихоходной норин, позволяющей избежать травмирования, подается в бункер чистого зерна.

Эффективность разработанной технологии послеуборочной обработки зерна сои составляет 0,93.

Повышение качества очистки и сортирования, значительное снижение травмирования и увеличение производительности на очистке и сортировании как семенного, так и продовольственного зерна сои достигаются за счет использования новых машин с интенсивным воздушным потоком, принципиально новой компоновки и применения новых транспортирующих органов, позволяющих значительно уменьшить травмирование семян сои.

Комплексная оценка показала, что реализация разработанных методов и средств позволяет повысить эффективность механизированной технологии производства сои на 30—40% по сравнению с существующей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П.* О квалитметрии. — М.: Изд. стандартов, 1972. — 172 с.
2. *Богомолов М. И., Гортинский В. В.* Влияние удара просеваемых частиц о кромку отверстия сита на эффективность сепарирования. — Тр. /ВНИИЗ, 1963, вып. 46.
3. Борьба с сорняками на Дальнем Востоке (В. А. Корчагина, В. М. Пенчуков, Н. А. Морозов и др.) — Хабаровск, 1972. — 159 с.
4. *Волков А. Т.* Вопросы возделывания сои в Амурской области. — Тр. /Амурская с.-х. опытная станция. — Благовещенск, 1968, т. 2, вып. 3, с. 86.
5. *Гершевич М. Г., Сергеев М. П., Штарберг И. Г.* О совершенствовании обработки посевов сои. — Тр. /Амурская с.-х. опытная станция. — Благовещенск, 1968, Т. 2. С. 91—98.
6. *Грицун А. Т.* Рядковое внесение удобрений под сою. — Владивосток: Дальневосточное кн. изд., 1976. — 64 с.
7. *Голубев В. В.* Прикатывание в системе осенней и весенней обработки лугово-черноземовидных почв при возделывании пшеницы и сои. /Информ. листок — Хабаровский ЦНТИ, 1975, № 212.
8. *Голубев В. В.* Обработка почвы в Приамурье. — Благовещенск, 1978. — 62 с.
9. *Горлячкин В. П.* Собр. соч. Т. 5. — М.: Сельхозгиз, 1940.
10. *Горлячкин В. П.* Собр. соч. Т. 4. — М.: Сельхозгиз, 1940.
11. *Горлячкин В. П.* Предельная скорость удара при разрушении материалов. — В кн.: Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. — М.-Л., 1935. Т. 1.
12. *Голубев В. В.* Основные вопросы обработки почвы под сою. — В кн.: Тр. /Амурская с.-х. опытная станция. — Благовещенск, 1968. Т. 2, вып. 1. С. 109...118.
13. *Горминский В. В.* Послойное движение продуктов измельчения зерна при сепарации на плоских ситах. — Тр. /ВНИИ зернового хозяйства. М., 1963. Вып. 42.
14. *Громова А. И.* Разнокачественность семян у сои — В кн.: Всесоюзное совещание по вопросам биологии и возделывания сои в Советском Союзе, 1967. — Благовещенск—Владивосток, 1967. С. 81...84.
15. *Жарких А. А.* Влияние влажности почвы и минеральных удобрений на физиологическое состояние сои и ее продуктивность. — В кн.: Некоторые вопросы селекции и биологии сои. — Благовещенск, 1975. С. 99...103.
16. *Жарких А. А.* Жизнь растительного организма и вода. — Благовещенск: Хабаровское кн. изд., 1976. — 141 с.
17. *Зенин А. С., Любимов Ф. С.* Глубокое рыхление междурядий комбинированным рабочим органом. — Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства, 1976, № 6, С. 55...56.

18. Использование агрометеорологических данных в сельскохозяйственном производстве Амурской области. — Благовещенск, 1971. — 31 с.
19. Индустриальная технология возделывания сои. /Рекомендации. — Благовещенск, 1980.
20. Камчадалов Е. П., Русакова Г. А. Исследование уплотнения почвы в колее тракторов. — В кн.: Механизация возделывания с.-х. культур на Дальнем Востоке. — Благовещенск, 1976. Вып. 5. С. 46...49.
21. Кузин В. Ф., Шелевой Г. К., Терентьев Ю. В. и др. Зональная система земледелия Амурской области. — Благовещенск, 1982.—227 с.
22. Кашпура Б. И. Научный подход к разработке зональной системы машин. — В кн.: Механизация возделывания с.-х. культур на Дальнем Востоке. — Благовещенск, 1976. Вып. 5. С. 3...14.
23. Коломийцев Ф. Б. Гербициды. — С.-х. производство Сибири и Дальнего Востока, 1963, № 4. С. 27...32.
24. Кубышев В. А. Технологические основы интенсификации процесса сепарации зерна. — Дис. на соиск. учен. степени доктора техн. наук.— 1969.
25. Калихинский А. А. Эффективность локально-ленточного внесения основного минерального удобрения на дерново-подзолистых почвах Белоруссии. — Бюлл. /ВИУА, 1974, № 18. С. 80...89.
26. Кузин В. Ф. Возделывание сои на Дальнем Востоке. — Благовещенск: Хабаровское кн. изд., 1976. — 248 с.
27. Летошнев Н. И. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Т. 3. — М.: Сельхозгиз, 1936.
28. Макаров В. Н. Плотность почвы и продуктивность фотосинтеза сои.— В кн.: Некоторые вопросы растениеводства в Приамурье. — Благовещенск, 1973. С. 244...246.
29. Макаров В. Н. Влияние обработки на водно-физические свойства лугово-черноземовидных почв и урожайность сои. — В кн.: Некоторые вопросы селекции и биологии сои. — Благовещенск, 1975. С. 107...109.
30. Назаренко В. В. Исследование механической повреждаемости зерна сои при обмолоте и пути ее снижения. — Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. — Благовещенск, 1974. — 175 с.
31. Операционная технология (правила производства) возделывания и уборки сои в условиях Дальнего Востока. — М. — Благовещенск, 1974. — 271 с.
32. Операционная технология производства сои (в условиях Дальнего Востока) /В. Ф. Кузин, Ю. В. Терентьев, Б. Х. Федченко и др. — М.: Россельхозиздат, 1980. — 220 с.
33. Основные приемы возделывания сои и пути их совершенствования /В. Ф. Кузин, В. А. Тильба, Н. А. Морозов, М. С. Кузьмин. — В кн.: Соя в Приамурье. Благовещенск, 1974. С. 21...38.
34. О химической прополке сои /А. М. Головань, Ю. В. Щеглов, М. С. Соколов и др. — В кн.: Биология и возделывание сои. Владивосток, 1971. С. 61...63.
35. ОСТ 7042—74. Испытание сельскохозяйственной техники. Машинны для поверхностной обработки почвы. Программа и методы испытаний.
36. Присяжная С. П. Исследование процесса механического повреждения зерна сои транспортирующими рабочими органами. — Дис. на соиск. учен. степени канд. тех. наук. — Благовещенск, 1980. — 198 с.
37. Присяжная С. П. Силовое взаимодействие зерна сои с рабочей поверх-

- ностью транспортирующих устройств. — Научно-техн. бюл. /ВНИИ сои. 1979. Вып. 18. С. 38...46.
38. *Пенчуков Н. А., Величко А. А.* Влияние уплотнения лугово-черноземной почвы на условия роста зерновых и сои. — В кн.: Вопросы растениеводства в Приамурье. — Благовещенск, 1973. С. 127...131.
 39. *Присяжная С. П.* Посевные качества и продуктивность травмированных семян сои. — В кн.: Вопросы возделывания основных с.-х. культур в Амурской области. Новосибирск, 1976. С. 109...112.
 40. Разработать технологию и определить комплекс машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки сои: Отчет /ВНИИ сои; руководитель работы Ю. В. Терентьев; инв. № 738. — Благовещенск, 1970. — 148 с.
 41. Разработка технологии и определение комплекса машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки сои: Отчет /ВНИИ сои; руководитель работы Ю. В. Терентьев, инв. № 754. — Благовещенск, 1971. — 169 с.
 42. Разработка технологии и определение комплекса машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки сои: Отчет /ВНИИ сои; руководитель работы Ю. В. Терентьев, инв. № 775. — Благовещенск, 1972. С. 176...215.
 43. Разработать операционную технологию производства сои: Отчет /ВНИИ сои; руководитель работы Ю. В. Терентьев, инв. № 812. — Благовещенск, 1974. — 41 с.
 44. Разработка технологии и определение комплекса машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки сои: Отчет /ВНИИ сои; руководитель Ю. В. Терентьев, инв. № 794. — Благовещенск, 1973. С. 215...271.
 45. Разработать технологию и определить комплекс машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки сои: Отчет /ВНИИ сои; руководитель работы Ю. В. Терентьев, инв. № 799. — Благовещенск, 1973. — 97 с.
 46. Система земледелия ОПХ ВНИИ сои. Метод. рекомендации. — Новосибирск, 1985.
 47. Соя в восточных районах страны. /В. Т. Черноголовин, Г. Т. Казьмин, В. В. Бурлака и др. — Благовещенск, 1971. — 126 с.
 48. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства Дальневосточной зоны, 1976...1980 гг.: Растениеводство. — Хабаровское кн. изд., 1977. — 254 с.
 49. Соя в Приамурье /Под ред. Г. Т. Казьмина. — Благовещенск, 1974. — 189 с.
 50. *Сюмак А. В.* Культиватор КПП-4, переоборудованный для двойной сплошной обработки почвы под сою. /Информ. листок. Амурский ЦНТИ, 1978, № 50.
 51. *Сабликов М. В.* Сельскохозяйственные машины. Ч. 2. — М.: Колос, 1968. — 296 с.
 52. Соя /Г. Т. Лавриненко, А. А. Бабиц, В. Ф. Кузин и др. М.: Россельхозиздат, 1978. — 189 с.
 53. *Терентьев Ю. В.* К вопросу механизации возделывания сои. — В кн.: Проблемы комплексной механизации возделывания сои. — Благовещенск, Хабаровское кн. изд., 1973. С. 3...6.
 54. *Терентьев Ю. В.* Механизация возделывания сои. — М.: Россельхозиздат, 1982. — 128 с.

55. *Тучкова Ю. Г.* О сроках и способах посева и нормах высева сои. — Тр. /Амурская с.-х. опытная станция, 1968. Т. 2, вып. 1. С. 119...124.
56. *Терентьев Ю. В.* О влиянии средней скорости перемещения семян по решетку на процесс разделения. — Тр. //Волгоградский СХИ, 1968. Т. 26. С. 217...222.
57. *Цециновский В. И.* Выбор оптимальных параметров отверстий профилированных сит для калибрования семян кукурузы. — Сообщения и реф. /ВНИИЗ, 1959, вып. 4.
58. *Шауцуков Э. Х.* Механизированная обработка пропашных культур. М.: Россельхозиздат, 1966. — 120 с.
59. *Шалунова Л. П.* Широкоядные посевы сои в Амурской области. — В кн.: Условия произрастания и урожай сои. Новосибирск, 1978. С. 52...57.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Агротехнические способы и пути повышения эффективности механизации производства сон	5
2. Взаимодействие рабочих органов машины с активно-подвижным материалом	29
3. Снижение механических повреждений семян при силовом взаимодействии с рабочими ор- ганами	35
4. Методы снижения потерь зерна в процессе уборки	42
5. Результаты исследований рабочих органов машины для возделывания, уборки и после- уборочной обработки зерна	45
Л и т е р а т у р а	95

Юрий Васильевич Терентьев

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА СОИ

Редактор О. К. Мамонтова

Художественный редактор П. К. Пустовой

Сдано в набор 28.06.88. Подписано к печати 12.08.88. ВЕ01012. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 5,81, усл. кр.-отт. 6,04, уч.-изд. л. 5,93. Тираж 500. Заказ 3369. Цена 35 коп.

Амурское отделение Хабаровского книжного издательства Госкомиздата РСФСР, Благовещенск, ул. Ленина, 181 (заказное).
Благовещенская типография Амурпрполиграфиздата, Благовещенск, ул. Калинина, 10.

