

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Кафедра «Технологии и оборудование переработки продукции АПК»

# Технологии производства переработки и хранения продукции АПК

Учебно-методический практикум для студентов заочной формы обучения по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» программа «Проектирование, эксплуатация и сертификация высокотехнологичной сельскохозяйственной техники»

Ростов-на-Дону

1

2024

**Методические указания к выполнению практических работы**

Порядок самостоятельной работы студента над теоретическими вопросами и практическими заданиями:

1. Выполнению практической работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы и других источников информации, обозначенных в списке. По ходу изучения делаются выписки цитат, составляются иллюстрации и таблицы.

2. Ответы на теоретические вопросы должны отражать необходимую и достаточную компетенцию магистранта, содержать краткие и четкие формулировки, убедительную аргументацию, доказательность и обоснованность выводов, быть логически выстроены.

Практические работы должна быть представлена на кафедру не позднее чем за 5 дней до начала экзаменационной сессии. Практические работы, выполненная без соблюдения требований или не полностью, не зачитывается и возвращается на доработку. Если контрольная работа выполнена не по своему варианту, то она возвращается студенту для ее выполнения в соответствии с вариантом, указанным в таблице.

Оценка «зачтено» является допуском к экзамену по соответствующей учебной дисциплине. Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Оформление работ выполняется строго в соответствии с приказом 242 от 16 декабря 2020 года «Правила оформления работ обучающихся для технических направлений». Вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки (если в группе цифры совпадают обратитесь к преподавателю для перераспределения).

СОДЕРЖАНИЕ

2

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_TOC_250013)

1. [ЛЕКЦИИ](#_TOC_250012)
   1. Система машин для растениеводства, тенденции и направления развития механизации растениеводства 5
   2. [Направления развития сельскохозяйственной техники](#_TOC_250011)

[для возделывания сельскохозяйственных культур 20](#_TOC_250010)

* 1. [Направления развития сельскохозяйственной техники](#_TOC_250009)

[для уборки сельскохозяйственных культур 51](#_TOC_250008)

* 1. Направления развития сельскохозяйственной техники для послеуборочной обработки сельскохозяйственных

культур 88

1. [ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ](#_TOC_250007)
   1. Определение траектории перемещения пласта почвы

при вспашке в зависимости от параметров корпуса плуга

и предплужника 114

* 1. [Определение уравнения движения ножа при обработке почвы фрезой в зависимости](#_TOC_250006)

[от ее конструктивно-кинематических параметров 118](#_TOC_250005)

* 1. Определение траектории абсолютного движения

точки зажима рассады держателем посадочного диска 125

* 1. Определение уравнения движения гранулы в зависимости от конструктивно-кинематических параметров

дискового центробежного разбрасывателя 128

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 133](#_TOC_250000)

# ВВЕДЕНИЕ

Высокий уровень механизации работ в растениеводстве – основа современного агропромышленного производства. Механизированное качественное проведение всех необходимых технологических опе- раций в растениеводстве является базой высоких урожаев и эффек- тивности производства растениеводческой продукции.

Высококвалифицированные аграрные инженеры должны в совер- шенстве владеть основами производства, быть готовыми к осуще- ствлению инновационной деятельности в агропромышленном ком- плексе (АПК), иметь необходимые знания о сельскохозяйственных машинах, чтобы выбирать на рынке экономически эффективные образцы техники, составлять из них комплексы для реализации запланированных технологий и организовывать эффективное их использование.

В ходе изучения учебной дисциплины «Инновационные направ- ления развития сельскохозяйственной техники» магистрант должен: овладеть методами обоснования конструктивно-кинематических параметров рабочих органов инновационной сельскохозяйственной техники для различных условий эксплуатации; освоить методики анализа условий использования сельскохозяйственных машин, проектирования и исследования рабочих органов и настройки их на заданные режимы работы в зависимости от условий эксплуатации; научиться прогнозировать направления инновационного совершен- ствования сельскохозяйственных машин и их рабочих органов.

Необходимая информация по перечисленным вопросам изложена в данном пособии. Магистранты выполняют индивидуальные задания практических работ под руководством преподавателя. После проведе- ния практического занятия магистрантом оформляется отчет о выпол- ненной работе.

# ЛЕКЦИИ

## Система машин для растениеводства, тенденции и направления развития

**механизации растениеводства**

Проведение модернизации сельскохозяйственного производства на основе внедрения современной техники и передовых аграрных технологий является одной из важнейших задач государственной агропродовольственной политики на ближайшие годы. Решение этой задачи напрямую влияет на повышение конкурентоспособности белорусской сельскохозяйственной продукции и сельскохозяйственных товаропроизводителей, обеспечение высокого качества продоволь- ственных товаров, рост производительности труда и доходности предприятий отрасли, создание новых рабочих мест, улучшение труда сельских работников. Важнейшей составляющей устойчивого экономического роста сельскохозяйственного производства является переход от инерционной модели хозяйствования к инновационной. Крупномасштабные инновации осуществляются при поддержке государства путем концентрации различного рода ресурсов на при- оритетных направлениях развития науки и технологий.

В современных условиях инновационный путь развития сельского хозяйства имеет три взаимосвязанных и взаимообусловленных направления:

* инновации в человеческий фактор, что возможно лишь при приоритетном развитии образования, фундаментальных и при- кладных научно-исследовательских организаций, разрабатывающих нововведения, при создании банка данных по инновациям, а также информационно-консультационной системы, обслуживающей товаро- производителей;
* инновации в биологический фактор, связанные с разработкой и освоением нововведений, обеспечивающих повышение плодоро- дия почвы, урожайности сельскохозяйственных культур и продук- тивности сельскохозяйственных животных. Особая роль данных инноваций является отличительный чертой современного пути разви- тия сельского хозяйства по сравнению с другими секторами экономики;
* инновации технологического характера, обеспечивающие совер- шенствование технико-технологического потенциала сельского хозяй- ства на основе применения энерго- и ресурсосберегающей техники

и наукоемких технологий. В области технологической и техниче- ской модернизации производственного потенциала сельского хозяйства особое значение имеет развитие отраслей экономики, обеспечи- вающих его средствами производства.

Чтобы инновационная деятельность в сельском хозяйстве была активной и эффективной, необходимо задействовать четыре группы факторов: экономико-технологические, организационно-правовые, управленческие и социально-психологические. Однако невозможно задействовать группу факторов без эффективного организационно- экономического механизма освоения научных достижений в сель- ском хозяйстве.

Формирование инновационной модели непрерывного профес- сионального образования позволила бы человеку на протяжении всей своей жизни осваивать новые квалификации. Непрерывное образование – это экономический фактор, ключевой фактор конку- рентоспособности. Государственный сектор экономики должен быть превращен в активный источник создания и потребления ин- новационной продукции. Ученые НАН Беларуси, аграрных вузов создают соответствующую базу развития инновационной деятель- ности. Создаются новые сорта и гибриды, новые селекционные формы животных, птиц, разрабатываются новые технологии, про- изводятся новые машины, приборы и оборудование, большое коли- чество диагностических средств, препаратов, новые продукты питания повышенной пищевой и биологической ценности. Однако остается актуальной проблема освоения научных разработок. Один из сдерживающих факторов технологической модернизации АПК – его недостаточный технический уровень. Отсутствие высококонку- рентоспособного отечественного сельскохозяйственного машино- строения привело к тому, что рынок частично заполняется импортной техникой. Сложилась огромная разномарочность заку- паемой техники, что создает серьезные трудности в организации сервисного обслуживания и обеспечения запасными частями.

Важной составляющей развития является подготовка кадров. Магистратура – это не просто образовательная программа, в нее обязательно вводятся научные семинары, интерактивные формы обучения, производится постоянное обновление учебных материалов на основе новейших статей из ведущих мировых научных журналов. Стратегия развития страны должна опираться на реализацию чело- веческого потенциала, наиболее эффективное применение знаний

и умений людей для постоянного улучшения технологий, экономи- ческих результатов, жизни общества в целом. Дисциплина «Инно- вационные направления развития сельскохозяйственной техники» относится к базовой части профессионального цикла подготовки магистров направления 1-74 80 05 «Технологии и средства механи- зации сельского хозяйства» и обеспечивает взаимосвязь дисциплин профессионального цикла бакалавриата и общенаучного цикла магистратуры с научно-исследовательской работой и написанием магистерской диссертации.

*Целью дисциплины* является формирование представления о при- оритетных направлениях развития науки и техники в агроинженерии, современных технологиях производства, критических технологиях АПК. Дисциплина предполагает обсуждение мировых научных дос- тижений за последние 3–4 года.

*Задачами дисциплины* является предоставление знаний по совре- менным направлениям и инновационной сущности развития науки и производства агроинженерии; стратегии машинно-технологической модернизации и обеспечения развития производства и животно- водства; стратегии энергосбережения АПК; концепции развития научного обеспечения АПК.

В результате изучения данной дисциплины магистрант должен:

1. знать прогрессивные технологии и технические средства для производства, хранения и переработки продукции растениеводства и животноводства на предприятиях различных организационно- правовых форм, проблемы создания технических средств для сель- ского хозяйства, энерго- и ресурсосбережения, эффективной эксплуа- тации машин и оборудования, применения электронных средств и информационных технологий;
2. владеть методами проектирования технологических процес- сов, рабочих органов, технических средств и систем в соответствии с профилем подготовки;
3. обладать следующими компетенциями:
   * способностью анализировать современные проблемы науки и производства в агроинженерии и вести поиск их решений;
   * способностью и готовностью организовать на крупных пред- приятиях АПК высокопроизводительное использование и надежную работу сельскохозяйственной техники и технологического обору- дования для производства, хранения, транспортировки и первичной переработки продукции животноводства и растениеводства;
   * умением вести поиск инновационных решений в инженерно- технической сфере АПК;
   * способностью к проектной деятельности на основе системного подхода, умения строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качест- венный и количественный анализ.

В основу овладения дисциплиной «Инновационные направления развития сельскохозяйственной техники» положено изучение Сис- темы машин на базе комплексов технических средств, взаимоувя- занных технологически (по ширине захвата, рядности, рабочей скорости), технически (по способу агрегатирования и привода рабочих органов) и организационно для получения различных видов сельскохозяйственной продукции.

Система машин на 2011–2016 гг. и на период до 2020 г. для реа- лизации научно обоснованных технологий производства продукции основных сельскохозяйственных культур разработана и утверждена рядом министерств и ведомств. Сформированная Система машин базируется на следующих концептуальных *принципах*:

* + системном подходе к разработке и производству техники, возмож- ности полнокомплектной поставки ее для интенсивных технологий;
  + сбалансированности создания и освоения производства машин и оборудования исходя из финансовых возможностей хозяйств, потенциала научно-исследовательских и конструкторских органи- заций, организаций-изготовителей;
  + максимальной эффективности техники в сфере производства и использования;
  + рационального ограничения номенклатуры технических средств, сокращения металло- и энергоемкости путем создания оптимальных типоразмерных рядов, агрегатной унификации и универсализации;
  + автоматизации и компьютеризации технологических процессов производства продукции, в первую очередь стационарных.

Важнейшими целями Системы машин являются: минимизация капиталовложений, эксплуатационных затрат и ресурсопотребления, сокращение количества типоразмеров машин, ликвидация паралле- лизма и дублирования при их создании и производстве. Система машин предусматривает использование при производстве продукции растениеводства 395 наименований технических средств, в т. ч. 155 машин общего назначения, 21 – для уборки зерновых, зерно- бобовых, кукурузы и рапса на зерно, 41 – для послеуборочной обра-

ботки, хранения зерна и семян, консервирования влажного плющеного зерна, 45 – для заготовки кормов из трав и силосных культур, 33 – для культуртехнических и агромелиоративных работ, 12 – для воз- делывания и уборки льна, 53 – для возделывания и уборки пропаш- ных культур и 35 – для возделывания и уборки плодов и ягод.

Наиболее эффективным инструментом, позволяющим определить тенденции развития сельскохозяйственных технологий, техники, оценить инновации и направления технологической и технической модернизации аграрного производства, являются международные выставки и агросеминары. В последние годы авторитетом у сельско- хозяйственных товаропроизводителей и машиностроителей, науч- ного сообщества, бизнеса и политиков пользуются международные выставки «Золотая осень», «Агросалон» (Россия), SIMA (Франция), Agritechnica (Германия). На основе анализа и оценки представленных на данных выставках инновационных решений можно сформули- ровать следующие стратегические цели и тенденции инновацион- ного развития агротехнологий и техники:

1. *Увеличение производства сельскохозяйственной продукции, повышение продуктивности полей и ферм.*

Опыт многих стран мира показывает, что современные интен- сивные высокоточные (прецизионные) технологии позволяют по- лучать высокие урожаи и продуктивность. В результате велики объемы производства сельскохозяйственной продукции. Например, в США ежегодное производство зерна достигает 400 млн т, мяса – более 40 млн т.

1. *Повышение производительности труда с меньшими затратами*

за счет:

* + внедрения интенсивных и высоких технологий;
  + широкого внедрения многофункциональных машин (выпол-

няющих одновременно до 9 операций);

* + увеличения ширины захвата машин и орудий (плуги – до 17 кор- пусов, опрыскиватели – до 45 м, машины для внесения минеральных удобрений – до 36–50 м, жатки зерновые – до 12 м, свеклоуборочные комбайны – 9 рядков);
  + повышения грузоподъемности (машины для внесения органики до 24 т, прицепы – 30 т и более);
  + увеличения вместимости бункеров (у свеклоуборочных ком- байнов – до 40 м3, у зерноуборочных – до 12 м3 и др.);
  + роста рабочих и транспортных скоростей (до 50–60 км/ч);
    - применения новых рабочих органов (использование специаль- ных конструкционных материалов, способов упрочнения, ориги- нальное конструктивное исполнение рабочих органов и др.);
    - широкого применения электроники;
    - роста мощностей двигателей: у тракторов – до 441 кВт (600 л. с.), у зерноуборочных комбайнов – 431 кВт (586 л. с.), у кормоубороч- ных – до 735 кВт (1000 л. с.).

1. *Внедрение высокоточных технологий*.

Такие технологии позволяют значительно увеличить продуктив- ность и ресурсосбережение полей и ферм. Средняя урожайность зерновых, ц/га: мир – 33,5; Великобритания – 68; Германия – 70; Франция – 70; Канада – 30; Россия – 24; Беларусь – 28. Урожай- ность сахарной свеклы (фабричной), ц/га: мир – 468; Бельгия – 694; Великобритания – 532; Германия – 643; Франция – 822; Канада – 522; Россия – 325; Беларусь – 430. Урожайность картофеля, ц/га: Бель- гия – 422; Великобритания – 405; Франция – 432; Канада – 315; Россия – 130; Беларусь – 260. Среднесуточный прирост свиней на откорме, гол.: высокоразвитые страны – 750–850; Россия – 340; Беларусь – 550. Удой молока на одну корову в год, кг: Великобри- тания – 7200; Германия – 6925; Франция – 6239; Канада – 7961; Россия – 4000; Беларусь – 5000. Высокоточное земледелие дает возможность обеспечить более тщательную обработку почвы, соз- дать оптимальные условия для целенаправленного регулирования биохимических процессов в почве, провести точный сев, внедрить ультрамалообъемный распыл пестицидов, оптимизировать рабочий процесс при уборке урожая, сократить затраты труда и количество вносимых удобрений и пестицидов, а также используемой воды, топлива и других материальных ресурсов. Для этого создаются машины, снабженные системами управления и контроля, которые позволяют учесть качество продукции и здоровье потребителя, эко- номическую эффективность производства и защиту окружающей среды. Применение прогрессивных технологий увеличивает про- дуктивность в растениеводстве и животноводстве в 1,8–2,0 раза, повышает производительность в 4–5 раз и более за счет более производительного использования МТП, его высокой работоспо- собности, широкого применения многофункциональных машин, увеличения ширины захвата машин и орудий, повышения рабочих и транспортных скоростей и роста энергонасыщенности МТА.

1. *Ресурсосбережение* (сокращение затрат на топливо, посевной материал, удобрения, пестициды).

Ресурсосбережение позволяет уменьшить расход семян в 1,5–2,0 раза, пестицидов – в 2,0, топлива – до 2,5 раз. При этом обеспечи- вается сохранение биомассы, потерь зерна при уборке до 1 %, минеральных удобрений на 30 %–40 %, затрат на ремонт техники в 2,0 раза. Например, в России по сравнению с передовыми странами расход на единицу продукции больше: топлива – в 2,0–2,5 раза; семян – в 1,5–2,0 раза; пестицидов – в 2,0 раза.

1. *Увеличение энергонасыщенности и энергообеспечения*, л. с. (на 1 га до 4,5–6,0 л. с.): EC – 4–5; США – 8,5; Россия – 1,48; Бела- русь – 3,5.
2. *Повышение технического уровня, качества и надежности техники*.

Внедрение новых технологий в производство сельскохозяйст- венной техники позволяет значительно повысить технический уровень и качество выпускаемых машин. За последние годы в сельско- хозяйственном машиностроении более широкое применение полу- чили: гибкие производственные системы и роботизированные технологические комплексы; новые технологии обработки и сварки; лазерные, плазменные, электрофизические, электролучевые методы изготовления точных заготовок; прогрессивные процессы упрочне- ния деталей и новые методы сварки, окраски и другие технологи- ческие процессы. Внедряются вычислительная техника, системы автоматизированного проектирования и управления технологиче- скими процессами и производством, а также системы управления качеством в соответствии с требованиями международных стандар- тов ИСО серии 9000-2001, определяющих комплекс мероприятий, которые должны быть осуществлены для выпуска качественной продукции. Это повысило надежность и долговечность машин и снизило трудоемкость технического обслуживания. Ресурс работы двигателей достиг 10–15 тыс. мото-ч, наработка на отказ у трак- торов – более 1000 мото-ч, у зерноуборочных комбайнов – более 100–150 мото-ч (иногда и весь сезон).

1. *Обеспечение экологической безопасности* (защита почв и окру- жающей среды).

Заметно расширены работы по защите окружающей среды и почв от неблагоприятного воздействия машин, снижению их удельного

давления на грунт, улучшению машинных технологий, более широ- кому внедрению почвозащитных технологий (щадящих, энергосбе- регающих), «зеленых» двигателей, резиноармированных гусениц.

1. *Создание комфортных и безопасных условий труда*.

Совершенствуются кабины, органы управления и контроля режимов работы, улучшаются тепло- и шумоизоляция, обзорность, уменьшается вибрация в зоне оператора, соблюдаются требования эргономики. Современные самоходные машины отличаются широ- ким остеклением кабин, хорошим обзором, наличием вентиляции, кондиционеров, регулируемых сидений, подрессоренных передних мостов. Активно ведутся работы по совершенствованию эстетиче- ского вида тракторов, комбайнов и других машин. Рабочее место оператора продолжает оставаться объектом внедрения новых разно- образных разработок и усовершенствований. Продолжается работа по оптимизации эргономических характеристик органов управления. Широко применяются прогрессивные материалы (композиты, кера- мика, пластмассы, полиамидные уплотнения). Внедряются новые технологии при изготовлении, отделке и окраске машин и агрегатов. Фирмы-продуценты широко используют достижения научно-техни- ческого прогресса, высокую степень международного разделения труда и глубокую специализацию производства комплектующих изделий, стремятся наиболее полно удовлетворять требования потребителей.

1. *Широкое применение агроинформатики, электроники, интел- лектуальных, автоматизированных и роботизированных систем*.

Электроника не только выполняет чисто информационные функции, но и является средством управления работой узлов и систем машины и всего машинно-тракторного агрегата.

1. *Применение альтернативных источников энергии*.

Истощение углеводородных энергоресурсов и вызванные их использованием глобальное изменение климата и экологический ущерб привели к широкой интеграции в области возобновляемых источников энергии. Все большее распространение получают ветро- энергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика.

1. *Использование новых технологий техобслуживания и ремонта техники и оборудования.*

В конструкциях современных сельскохозяйственных машин предусматриваются высокая расчленяемость и блочность, снижение трудоемкости технического обслуживания. В машинах обеспечива-

ется беспрепятственный доступ ко всем точкам ежедневного тех- обслуживания. Интервалы регулярного техобслуживания увеличи- ваются для экономии времени и снижения эксплуатационных затрат. Суммарная удельная трудоемкость техобслуживания тракторов зару- бежных фирм вдвое меньше, чем отечественных. Широко применяется электронная система диагностирования и технического обслуживания техники, которая за счет своевременного выявления неисправностей обеспечивает повышение работоспособности на 25 %–30 %.

1. *Повышение профессионализма кадров*.

Широкое применение в современной технике интеллектуальных, автоматизированных и роботизированных систем требует более высокого уровня подготовки кадров. Основными направлениями деятельности по коренному и динамичному увеличению валового сельскохозяйственного продукта и повышению производительности труда являются проведение аграрной политики в два этапа: на пер- вом – реализация первоочередных ближнесрочных мер, которые могут быть причислены к количественным преобразованиям (напри- мер, вовлечение в оборот неиспользуемых ресурсов); на втором – качественные преобразования на базе инновационных процессов в отрасли. Для ускорения процесса интенсификации аграрной отрасли необходимо параллельно использовать оба направления развития. Расширится применение энерго- и ресурсосберегающих технологий, основанных на минимальных и нулевых принципах обработки почвы в сочетании с другими способами обработки (вспашка, чизелевание и др.). Прецизионное воздействие на урожай обеспечивается исполь- зованием геоинформационных систем (ГИС), в которых управление продукционным процессом осуществляется на базе космомонито- ринга или путем сканирования посевов в режиме on-line.

*Техническое перевооружение сельскохозяйственного производства*. Интегрированной основой технологизации является переоснащение отрасли техникой и оборудованием нового поколения, обеспечи- вающими наряду с прецизионным выполнением операций сущест- венное сокращение трудовых издержек и других ресурсов. Основа новой техники – удвоение энерговооруженности, доведение мощ- ностей двигателей в среднем до 180 л. с. в расчете на механизатора и 200 л. с. – на трактор. Внедрение интенсивных и высоких техно- логий в процесс управления агрегатами обеспечивается компьютер- ными информационными системами. Машинно-технологическая реконструкция сельского хозяйства позволяет поднять производи-

тельность труда на селе в четыре и более раз. Такой уровень дости- гается при доведении технологической нагрузки на механизатора в растениеводстве не менее чем до 300–350 га площади севооборота. Ориентация на использование качественного труда на высокопро- изводительной и, соответственно, более дорогой технике позволит существенно (в 1,5–2,0 раза) сократить потребность в машинистах (операторах) растениеводства и животноводства.

Главными тенденциями развития мирового сельскохозяйствен- ного производства и основными направлениями инновационного совершенствования машинно-технологической модернизации сель- ского хозяйства на перспективу до 2025 г. являются:

1. Увеличение производства сельскохозяйственной продукции, повышение продуктивности полей и ферм; рост производительности труда с меньшими затратами; внедрение высокоточных технологий; ресурсосбережение; увеличение энергонасыщенности и энерго- обеспечения; повышение технического уровня, качества и надеж- ности техники; обеспечение экологической безопасности; создание комфортных и безопасных условий труда; широкое применение агроинформатики, электроники, интеллектуальных, автоматизиро- ванных и роботизированных систем; применение альтернативных источников энергии; использование новых технологий техобслу- живания и ремонта; повышение профессионализма кадров.
2. *Развитие тракторной техники и энергетики*: выпуск тракторов мощностью от 30 до 600 л. с., насыщение рынка новыми моделями, в т. ч. гусеничными. Внедрение инноваций в двигателях тракторов направлено на снижение токсичности выхлопных газов, повышение крутящего момента, уменьшение расхода топлива и повышение долговечности. К таким инновациям относятся системы регули- руемого турбонаддува, охлаждение наддувочного воздуха, частичная рециркуляция выхлопных газов, четырехклапанная система газо- распределения, электронные устройства управления мощностью, система впрыска высокого давления c электронным управлением. Такие системы предлагаются большинством зарубежных фирм: Fendt, John Deere, New Holland и др. Их использование обусловлено ужесточающимися экологическими требованиями к выхлопным газам двигателей тракторов. Все шире применяются автоматиче- ские бесступенчатые трансмиссии, даже на моделях с низким диа- пазоном мощности (81 кВт – трактор 312 Vario фирмы Fendt).

Внедрены электронные системы управления подачей топлива, поло- жением колес тракторов с независимой подвеской, гашением коле- баний сидений, выравниванием кабины на склоне, переключением передач под нагрузкой, скоростными и нагрузочными режимами бесступенчатой трансмиссии, регулированием навесной системы. В новых разработках зарубежных фирм в этой области различные управляющие функции (заглубление и выглубление плуга, включение механизма блокировки дифференциала, последовательность пере- дач переднего и заднего хода и др.) могут быть запрограммированы и выполнены путем нажатия на кнопку. Связанные со спутником системы автоматического вождения тракторов облегчают работу при агрегатировании с трактором широкозахватных орудий (фирмы John Deere, Claas, AGCO и др.). На тракторах все чаще применяются передние ведущие мосты с независимой подвеской, амортизация кабин и сидений с электронным контролем и управлением.

1. *Использование основных тенденций развития конструкций машин для основной обработки почвы*: увеличение ширины захвата за счет расширения количества корпусов; создание плугов с регу- лируемой шириной захвата; увеличение числа типоразмеров плуж- ных корпусов; широкое применение оборотных или поворотных плугов, в т. ч. модульного типа, большой гаммы комбинированных многофункциональных орудий, выполняющих за один проход не- сколько технологических операций. Сеялки и посевные агрегаты оснащаются компьютерным оборудованием, загрузочными устрой- ствами, вместительными бункерами (в некоторых случаях двумя – основным и резервным). Увеличение рабочей ширины захвата и вме- стимости бункеров для посевного материала привели к созданию более совершенных сцепных и навесных устройств, позволяющих составлять различные комбинации из сеялок и почвообрабатываю- щих машин и орудий.
2. *Машины для внесения удобрений и химических средств защиты растений*. Центробежные разбрасыватели твердых минеральных удобрений достигают ширины захвата 42 м, оснащаются современ- ными электронными системами регулирования норм внесения удобрений и управления с возможностью использования спутниковых навигационных систем, а также Интернет-доступа к базам данных отдельных фирм (например, Amazonen-Werke S.A) для необходимой настройки разбрасывателей в полевых условиях.
3. *Машины для внесения органических удобрений в жидком виде* развиваются в направлении повышения грузовместимости, качества внесения, в т. ч. внутрипочвенного, при снижении экологической нагрузки на окружающую среду, расширяется использование авто- матических средств управления технологическим процессом. Наме- тилась тенденция более широкого использования универсальных шасси (например, Cargo-Lift фирмы Joskin) co сменными емкостями, позволяющими вносить удобрения и перевозить различные грузы. Увеличивается доля самоходных машин для внесения химических средств защиты растений, повышается их производительность, вместимость рабочих баков, ширина захвата, качественные показа- тели работы за счет современных систем электронного контроля внесения нормы расхода рабочей жидкости и ряда других функций (управление работой штанги и отдельными распылителями, систе- мой промывки, поддержание заданной концентрации рабочего рас- твора). Расширяется оснащение опрыскивателей компьютерными системами, работающими на базе стандарта Isobus c шинной орга- низацией связи, позволяющей использовать машины в системе точного земледелия по сигналам спутниковой связи.
4. *В роторных косилках для скашивания растительной массы* используются более совершенные режущие и плющильные аппараты и различные системы их защиты от поломок, устройства для сдваи- вания, страивания или широкого расстила валков, более точного копирования почвы. Увеличение ширины захвата и производитель- ности в основном достигается путем использования комбинации из трех косилочных аппаратов. Сохраняется тенденция более широ- кого использования ворошилок и валкообразователей с увеличенной шириной захвата, образующих мощный валок, что обеспечивает оптимальную загрузку пресс-подборщиков и кормоуборочных комбайнов. Развитие конструкций пресс-подборщиков идет в на- правлении повышения их производительности (в основном за счет уменьшения времени формирования и обвязки тюков и рулонов), плотности (путем совершенствования рабочих органов и использова- ния измельчающего механизма), сохранности готовых тюков и руло- нов (за счет быстрой упаковки в пленку, в т. ч. непосредственно в пресс-подборщике).

В конструкциях кормоуборочных комбайнов наряду с увеличе- нием энергонасыщенности и производительности, оптимизацией

работы двигателей, созданием комфортных условий для оператора, широким оснащением электронными системами управления появи- лась тенденция обеспечения непрерывности технологического про- цесса за счет использования в комбайнах накопительной емкости (например, комбайн Big X Carrgo фирмы Krone c бункером 60 м3).

1. *В конструкциях зерноуборочных комбайнов* сохраняются тен- денции постоянного роста производительности и мощности двига- телей, сокращения до минимума потерь и повреждений зерна, обеспечения устойчивости протекания технологического процесса уборки при различных агротехнических и климатических условиях, повышения комфорта оператора и безопасности эксплуатации, снижения отрицательного воздействия на почву путем уменьшения удельного давления колес машин на почву, а также внедрения при- вода на все колеса, широкого применения современных систем управления и контроля технологических процессов на базе элек- тронных вычислительных устройств, вплоть до спутниковых систем определения координат машины для подсчета убранных площадей и средней урожайности отдельных участков полей. Отвечая запро- сам потребителей, фирмы-изготовители расширяют гамму комбайнов, отличающихся по ширине захвата, производительности, мощности двигателей и оснащенности сменными приспособлениями для уборки различных культур. Классическая схема обмолота и сепарации сохра- няется на комбайнах с мощностью двигателей до 185 кВт, на более мощных увеличивается число барабанов в молотильном устройстве, совершенствуется их конструкция, вместо клавишного соломотряса на некоторых моделях (260–365 кВт) применяются роторные сепа- рирующие устройства тангенциального или аксиального типов. Комбайны с аксиально расположенным ротором предлагают фирмы Case IH, John Deere, New Holland, Massey Ferguson и Challenger. Дальнейшим шагом на пути автоматизации уборочного процесса является использование систем автоматического вождения и регу- ляторов загрузки молотилки, что позволяет достичь высоких зна- чений наработки за счет равномерной загрузки.
2. *Зерноочистительные машины* построены по блочно-модульному принципу, что улучшает условия труда и обслуживания. Наблюда- ется использование машин как с цилиндрическими, так и с плоскими решетами, применение передвижных комплексов на платформе, включающих в себя зерноочистительную машину, протравливатель,

погрузочные и разгрузочные устройства. Появились передвижные шахтные сушилки зерна производительностью до 26 т/ч.

1. Производительность *техники для уборки корнеплодов сахарной свеклы, картофеля и овощных культур* повышается за счет увели- чения ширины захвата и рабочей скорости, вместимости накопи- тельных бункеров. Увеличение ширины технологической колеи позволяет значительно уменьшить уплотнение почвы после прохода агрегатов, обеспечивает равномерное распределение нагрузки на ходовую систему с целью повышения проходимости и маневренности машин в сложных почвенно-климатических условиях. Уборочные комбайны оснащаются комфортабельными кабинами с электрической системой контроля, индикаторными устройствами, многофункцио- нальными рычагами управления и цветными терминалами с нагляд- ным отображением технологических процессов.
2. Развитие современных *электронных систем точного земле- делия* осуществляется в следующих направлениях: повышения совмес- тимости бортовых компьютеров различных фирм; расширения номенклатуры и совершенствования средств автоматического управления работой отдельных сельскохозяйственных машин, электронных систем по использованию возможностей спутниковой навигации для управления отдельной машиной, группой машин и всем циклом производства сельскохозяйственной продукции; рас- ширения использования сети Интернет. Наибольшее распространение получили системы спутниковой навигации, регулирующие движение машинно-тракторных агрегатов в полевых условиях, и многофунк- циональные электронные системы управления сельскохозяйствен- ной техникой и сельскохозяйственным производством в целом. Их применение позволяет получать информацию о параметрах пло- дородия почвы и состоянии посевов, необходимую для принятия решений при дифференцированном внесении удобрений.
3. Современный зарубежный уровень развития кибернетических, оптических и сенсорных систем, лазерной и компьютерной техники, спутниковых навигационных систем, датчиков различного назначе- ния и средств беспроводной связи, систем математического анализа и программного обеспечения позволил создать *новое поколение сельскохозяйственных роботов*, которые в настоящее время спо- собны решать самые сложные задачи. Некоторыми зарубежными фирмами созданы макетные образцы тракторов-роботов. Так, спут-

никовыми навигационными системами для точного обозначения координат и беспроводными каналами связи оснащен трактор RoboTrac финской фирмы Valtra для вспашки и обработки почвы, посадки растений, опрыскивания, прополки, полива при работе на виноградниках, кофейных плантациях, в садах и питомниках. Макеты прополочных роботов созданы в США, Швеции (Lukas), Германии (Amaizeing и Maizerati). Bсe они ориентируются в про- странстве с помощью системы GPS, оснащены специальным обо- рудованием и программным обеспечением для распознавания сорняков и адресного внесения гербицидов. Создаваемые уборочные роботы уже обеспечивают выборочную уборку спелой продукции. Для этого они оснащаются специальными датчиками, стереоскопи- ческими видеокамерами, компьютерным оборудованием с соответ- ствующим программным обеспечением. Созданы макетные образцы роботов для сбора початков кукурузы (Massey Ferguson, США), апельсинов, яблок (Vision Robotics Corporation, США), арбузов (США, Израиль), а также многофункциональный агрегат Autonomous rice transplanter (Япония) для уборки риса. Для работы в тепличных комплексах разработаны робототехнические агрегаты по сбору грибов (Великобритания), земляники (Romobility Youto, Япония), помидоров «черри» (США), а также для горшечной рассады – Mr. Incredible (Harvest Automation, США), позволяющие по мере роста растений автоматически пересаживать их в горшки большего объема и осуществлять транспортировку и оптимальную расста- новку растений в горшках.

Оснащение сельскохозяйственного производства Беларуси необ- ходимой техникой в соответствии с Системой машин должно мак- симально осуществляться за счет возможностей отечественного сельскохозяйственного машиностроения с использованием новых технологических процессов, материалов и наукоемких компонентов. Только отдельные образцы или небольшие партии машин с учетом экономической целесообразности могут закупаться за рубежом. Для снижения цены отечественной сельскохозяйственной техники необходимо оптимизировать номенклатуру выпускаемых средств механизации, обеспечив концентрацию и высокую унификацию их производства путем специализации заводов-изготовителей.

## Направления развития сельскохозяйственной техники

## для возделывания сельскохозяйственных культур

Важнейшей тенденцией совершенствования почвообработки, имеющей глобальный характер, является ее минимизация. Мини- мальная обработка и прямой посев в сочетании с рациональным применением систем удобрений и пестицидов, правильных сево- оборотов могут использоваться в различных агроклиматических зонах на всех видах почв. Переход на ресурсосберегающие техно- логии необходимо осуществлять последовательно и планомерно. В этот период происходят положительные изменения биологических, агро- химических, агрофизических и других свойств почвы, начинает повышаться продуктивность культур. Правильно организованные севообороты с научно обоснованным чередованием культур – ключ к успешному внедрению ресурсосберегающих технологий. Обяза- тельным является включение в структуру севооборотов культур, повышающих плодородие почв. При разработке схем севооборотов должны соблюдаться принципы адаптивности и соответствия агрокли- матических условий требованиям возделываемых культур. Природно- климатические зоны освоения сберегающих технологий различа- ются по условиям увлажнения и режимам тепла, поэтому структура севооборота в каждой зоне имеет свои особенности.

Комплексы машин для возделывания сельскохозяйственных культур по ресурсосберегающим технологиям обеспечивают меха- низацию основных технологических операций (подготовка почвы, посев, внесение удобрений, обработка посевов) и являются оптималь- ными для использования на больших площадях [1–3]. Тенденции в развитии техники для обработки почвы по-прежнему определя- ются необходимостью снижения издержек производства. В связи с этим значительно расширился выпуск комбинированных много- функциональных почвообрабатывающих машин, позволяющих за один проход проводить весь комплекс предпосевной обработки почвы. С другой стороны, встает вопрос защиты почвы от переуплотнения и эрозии. Именно поэтому минимальная обработка почвы находится в центре внимания. Изучение техники, представленной на различных выставках, показывает, что мировые производители сельскохозяй- ственной техники предлагают разнообразные почвообрабатывающие

машины для внедрения почвозащитных ресурсосберегающих техно- логий (минимальной и нулевой обработки) вместе с чередованием культур в севообороте и новейшими достижениями в секторе защиты растений. Расширяются масштабы применения в Германии систем органического сельского хозяйства, которые, например, в 2004 г. уже занимали 4,1 %–4,5 % возделываемых площадей. Особенно важен правильный выбор эффективной системы обработки почвы. При больших урожаях сельскохозяйственных культур обостряется проблема запашки растительных и пожнивных остатков. Измель- чение соломы в комбайне должно быть улучшено, больше внима- ния должно уделяться качеству мульчирования стерни и основной обработки почвы. Однако, несмотря на тенденцию минимизации обработки почвы, отвальная вспашка посевных площадей продолжает занимать свое место. Основными тенденциями развития конструк- ций отвально-лемешных плугов, направленными на повышение их производительности и надежности, улучшение качества пахоты, снижение энергетических и трудовых затрат, являются увеличение ширины захвата плуга, создание плугов с регулируемой шириной борозды и переменным захватом, увеличение числа типоразмеров плужных корпусов, широкое применение оборотных или поворотных плугов, их модульная конструкция.

Рабочая скорость, расход топлива и время работы определяют выбор и применение почвообрабатывающих машин [4–6]. Многие изготовители предлагают объемные программы технологий и ма- шин для выполнения этих требований. Разрабатываются специальные орудия для обработки почвы. Известные изготовители (Lemken, Rabe, Kuhn) предлагают всеобъемлющую программу, включающую обработку стерни, поверхностную и основную обработку почвы, часто совмещаемые с посевом. Ширина захвата орудий может дос- тигать 14 м в зависимости от рабочей операции.

Современное состояние развития почвообрабатывающей техники и технологий показывает, что превалирующим способом обработки почвы остается механический с учетом многообразия состояния почв, наличия равнинного, склонового и контурного земледелия, возможности борьбы с ветровой и водной эрозией, осуществления почво-, влаго- и энергосбережения. Внедрение технологий сберегаю- щего земледелия способствует сокращению затрат труда и энерго- носителей, восстановлению структуры, состава и биологического

многообразия почв, сведению к минимуму загрязнения окружающей среды. Анализ почвозащитных систем обработки почв позволяет выделить наиболее распространенные.

*Нулевая обработка* (*no tillage*) предусматривает в течение веге- тационного периода лишь один контакт почвообрабатывающих орудий с почвой – во время посева. Посев производится, как пра- вило, в узкие бороздки шириной 2,5–7,5 см одновременно с одной или несколькими дополнительными операциями. Для борьбы с сорня- ками интенсивно используются гербициды. При нулевой системе обработки экономия топлива может достигать 70 %–80 %.

*Гребневая обработка* (*rige tillage*). В этом случае почва не обра- батывается до посева. Одновременно с посевом третья часть по- верхности почвы обрабатывается стрельчатыми лапами или рабочими органами, формирующими гребни. Посев производится в гребни, обычно на 10–15 см выше рядка. Для борьбы с сорняками применяются гербициды в сочетании с культивацией.

*Полосная обработка* (*strip tillage*). При полосной обработке, как и при гребневой, обрабатывается около 30 % поверхности почвы фрезерными, дисковыми рабочими органами или пассивными рых- лителями. Как правило, эта операция совмещается с посевом. Сор- няки уничтожаются гербицидами в сочетании с культивацией.

*Мульчирующая обработка* (*mulch-tillage*). Перед посевом произ- водится рыхление почвы с одновременным измельчением и сохра- нением на ее поверхности крупностебельных остатков пропашных предшественников. Глубина обработки определяется возделываемой культурой.

### Почвообрабатывающая техника для основной обработки почвы. Особенности конструкций плугов

На европейском рынке почвообрабатывающей техники одной из наиболее ликвидных позиций является отвальный плуг. Отваль- ная вспашка – радикальное средство в борьбе с сорняками, вреди- телями и болезнями, а также основа экологически безопасных технологий, позволяющих существенно сократить использование химических средств защиты растений и минеральных удобрений. В последнее десятилетие доказана эффективность применения глубо- кой вспашки, например в зонах радиоактивного заражения. Ужесточе- ние требований к качеству обработки почвы привело к повсеместному

распространению технологии гладкой вспашки и увеличению про- изводства оборотных плугов. В зарубежной практике они являются основными орудиями для отвальной обработки почвы. Оборотные плуги оснащены двумя комплектами рабочих органов – право- и левооборачивающими. За счет поочередного включения рабочих органов оборотный плуг не только обеспечивает слитную выров- ненную поверхность пашни, но и получает возможность пере- мещаться по полю челночным способом, который увеличивает производительность почвообрабатывающих агрегатов на 10 %–20 %. Плуг оказался убедительной альтернативой свально-развальной технологии вспашки, и концепция оборотного плуга была принята всеми европейскими производителями плугов общего назначения. В общем объеме выпускаемых плугов оборотные составляют около

90 %. Наиболее распространены 3-, 4-, 5-корпусные навесные и 6-, 7-, 8-корпусные полунавесные оборотные плуги. Широкозахват- ные 9–12-корпусные оборотные плуги используются в основном во Франции и Германии, поэтому такие модели производятся пре- имущественно французскими фирмами Kuhn Huard, Gregoire Besson, а также норвежской Kverneland и немецкими Lemken, Rabewerk. Самый крупный оборотный плуг – 14-корпусный двухсекционный – разработан и изготавливается французской фирмой Gregoire Besson (модель SPHRY9). Все эти компании активно работают на белорус- ском рынке, предлагая потребителям различные варианты загонных и оборотных плугов. Применение этой новой техники сопряжено с ее адаптацией к конкретным почвенно-климатическим, технологическим, эксплуатационным условиям. Соответствие тягового усилия трак- тора и тягового сопротивления плуга достигается двумя путями:

1. выбором требуемого количества корпусов плуга (например, модульная конструкция оборотных и загонных плугов позволяет добавлять либо удалять один или два корпуса в зависимости от имею- щегося трактора, его технического состояния, почвенных условий);
2. регулировкой ширины захвата плуга в процессе вспашки за счет изменения расположения корпусов в горизонтальной плоскости. Одновременно с расположением корпусов регулируется положение навески плуга относительно трактора, что позволяет сохранить устой- чивость плуга в горизонтальной плоскости. Системами изменения ширины захвата оснащают сейчас большинство конструкций плугов европейских компаний. Качество и энергоемкость вспашки опреде- ляются правильным выбором рабочих органов, максимально соот-

ветствующим конкретным почвенно-климатическим условиям (тип, состояние почвы, глубина и скорость вспашки). Сегодня на рынке потребителю предлагают широкий ассортимент плужных корпусов и других рабочих органов: лемехов, долот, предплужников, угло- снимов, удлинителей отвалов, дисковых и консольных ножей, почво- углубителей и рыхлителей. Фирмы-производители предлагают несколько типов цилиндроидальных, винтовых и полувинтовых корпусов, которые могут быть установлены на плуге по заказу потребителя. Для использования в тяжелых почвенных условиях многими фирмами (Lemken, Rabewerk, Eberhard, Niemeger, Frost (Германия), Regeut (Австрия), Overum (Швеция)) разработаны пла- стинчатые (полосовые) отвалы плужных корпусов. Крылья отвалов изготавливают из отдельных пластин. При движении пласта по пластинчатому отвалу повышается удельное давление почвы, при- ходящееся на единицу площади поверхности, в результате чего устраняется залипание поверхности отвала почвой. Кроме того, при снижении общей площади отвала уменьшаются силы сопротивле- ния скольжения пласта. Тяговое сопротивление корпуса при этом уменьшается на 10 %–15 %. Актуальным остается использование на рабочих поверхностях плужных корпусов полимерных материалов, которые позволяют снизить тяговое сопротивление рабочих органов на 15 %–20 %. Такие отвалы предлагают преимущественно фирмами Huard (Франция), Kverneland и Overum. Отвалы, изготовленные из полиэтилена низкого давления и имеющие меньшие коэффициенты трения, не залипают даже в тяжелых почвенных условиях, обеспе- чивают лучшее скольжение пласта, однако подвержены повышен- ному износу по сравнению со стальными.

Фирма Kuhn предлагает навесной плуг Multiaster 110, имеющий сравнительно длинный изогнутый корпус LP 66, который в зависи- мости от скорости движения вспахивает почву более «завинченно» (чистая отвальная вспашка) или более «засыпая» (хорошее рыхление почвы), образуя узкие борозды. Несмотря на максимальную рабо- чую ширину (4 · 45 = 180 см) и рабочую глубину (около 25 см), плуг можно отнести к легкоходовому орудию. Фирма Kuhn выпус- кает плуги Multiaster 110 с расстоянием между корпусами 90 и 102 см с маятниковым опорным колесом, установленным после 3-го кор- пуса. Отвалы плуга выполнены из триплекса толщиной 7,1 мм, состоят их трех слоев и покрыты твердым сплавом толщиной 3,3 мм, который увеличивает срок службы на 40 %. На полунавесных плугах

Diamant фирмы Lemken устанавливаются предплужники с регули- ровкой глубины с помощью штыря со стопорным кольцом и растра с отверстиями. Передняя ширина борозды регулируется с помощью ходового винта на боковой раме гидравлически или орудием Furchen-Scout (бороздным «разведчиком», который упрощает вспашку вне борозды оборотным полунавесным плугом). Простым поворотом плуга производится перевод с режима работы «в борозде» в режим

«вспахивание по необработанной почве». На разворотной полосе плуг всегда нужно «втягивать» внутрь путем нажатия на кнопку. Регули- ровка наклона оборотного плуга производится отдельно с обеих сто- рон с помощью упорных болтов. Регулировка глубины вспашки практически у всех полунавесных плугов осуществляется с помощью электрогидравлического устройства трактора и радарного датчика.

Фирма Rabe устанавливает на полунавесных плугах гидравличе- ское устройство поворота рамы. При помощи поворотного цилиндра рамы полунавесного плуга Kormovan регулируется ширина первой борозды и плуг перед разворотом опускается ниже (перед каждым разворотом уменьшается угол установки плуга относительно рамы трактора, чтобы уменьшить боковые нагрузки и опустить ниже центр тяжести).

При проведении вспашки традиционно возникает вопрос, уста- навливать ли предплужники, поскольку их использование увеличи- вает затраты топлива на 15 %–20 %. С другой стороны, благодаря более полному обороту пласта и лучшему рыхлению почвы сокра- щается количество дополнительных поверхностных обработок. За счет этого возможна экономия топлива при подготовке почвы к посеву. Эффективность применения зависит от местных условий работы. Глубина вспашки с предплужником должна составлять не менее 20–22 см, при меньшей глубине она неэффективна, т. к. верхние пласты почвы, подрезанные предплужниками, недостаточно при- крываются основными пластами. Модернизированным способом вспашки с разделением пласта на две части при его обороте является вспашка с углоснимами, они активно используются в конструкции современных плужных корпусов.

Для обеспечения надежной работы плугов необходима эффек- тивная защита их рабочих органов, поэтому все современные плуги оснащаются различного рода предохранителями. Применяются гид- равлические, пневматические, механические, комбинированные типы предохранителей, причем фирмы Lemken, Kuhn Huard, Kverneland,

Rabewerk (Германия), Vogel&Noot (Австрия) отдают предпочтение механическим (пружинным, рессорным) предохранителям как наи- более надежным и эффективным. В конструкциях многих фирм автоматические предохранители (пружинные, гидропневматические) расположены в полых грядилях (система Avant фирмы Rabe). Про- межуточный грядиль прижимается к раме на четырех опорных уча- стках с помощью пружины, расположенной внутри. Это позволяет отклонять его как вверх, так и в сторону. Грядиль имеет четыре опоры на раме плуга и удерживается в рабочем положении аморти- зирующим элементом (например, пружиной или находящимся под давлением масла гидроцилиндром). При соприкосновении корпуса с камнем грядиль поворачивается вокруг двух верхних опор и, пре- одолевая усилие пружины или давления масла, поднимается вверх. На плугах фирмы Dowdeswell (Великобритания) грядиль имеет шесть опор, что обеспечивает более свободную реакцию системы и тем самым лучшую защиту корпуса. После прохождения препят- ствия грядиль с корпусом возвращается в первоначальное положение. В конструкциях фирмы Lemken использована упругая параллело- граммная подвеска корпуса. Кроме того, для изготовления гряди- лей, стоек корпусов фирма применяет особую борлегированную сталь с отличными деформационными и прочностными свойствами, что позволяет корпусам обходить препятствия и возвращаться в исходные позиции. Продолжают использоваться и конструкции со срезным предохранительным болтом. Для углубления пахотного слоя, а также устранения плужной подошвы плуги снабжаются различного типа почвоуглубителями, которые крепятся в нижней части и выполнены в виде стрельчатой лапы, лемешка, рыхлитель- ного зуба или дренера.

Для улучшения качества крошения и выровненности поверхности пахотного слоя почвы в конструкциях плугов большинства фирм предусмотрены приспособления для дополнительной обработки почвы (верхней части обернутых пластов). Наибольшее распро- странение получили различного рода катки: спиральные, планчатые, кольчатые, дисковые. Все они соединяются с плугом посредством навесных или прицепных устройств и имеют ширину захвата несколько большую, чем ширина захвата плуга. В конструкциях широкозахватных многокорпусных плугов применяются индиви- дуальные устройства, закрепляемые за каждым корпусом, или груп-

повые, располагающиеся за тремя-четырьмя корпусами, например у фирмы Kverneland.

Фирма Gregoire Besson (Франция) имеет полунавесные оборотные плуги оригинальной конструкции с различным количеством пар корпусов и возможностью работы в агрегате с другими орудиями. Оборотный плуг RW9 оснащен гидроцилиндрами, системой амор- тизации и упрощенными органами управления. Сдвоенные опорные колеса улучшают устойчивость плуга и обеспечивают оптимальный контроль глубины обработки почвы и ширины захвата. Агрегати- руется с тракторами мощностью около 150 кВт.

Полунавесные плуги модели SP состоят из двух рам (передней и задней), шарнирно соединенных между собой, что позволяет плавно копировать рельеф поля. Заднее опорное колесо имеет меха- ническую или гидравлическую регулировку и прикреплено к раме на шарнире. Предусмотрена возможность автоматического контроля глубины вспашки и тягового сопротивления, а также различные варианты предохранения от поломок (механические, гидравлические). В транспортном положении поворотная рама плуга с корпусами фиксируется в горизонтальном положении. Шарнирный передок плугов обеспечивает поворот на 110°. Зубчато-реечный механизм оборачивания плуга приводится в действие двумя гидроцилинд- рами и обеспечивает работу с постоянным усилием и без рывков в ходе перевода плуга из одного рабочего положения в другое. Плуги могут быть оборудованы различными типами плужных кор- пусов, отвалов и предплужников, адаптированных ко всем типам почв и растительного покрова. Техническая характеристика полу- навесных оборотных плугов серий SPF9 и SPL9 фирмы Gregoire Besson (Франция) приведена в табл. 1.1.

*Таблица 1.1*

Техническая характеристика полунавесных оборотных плугов серии SPF9 фирмы Gregoire Besson (Франция)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Серия | Модель | Ширина захвата, м | Расстояние между  корпусами, см | Соединение задней рамы |
| SPSF9 | SPSF B9 | 3,05–5,00 | 100 | Самоблокирующееся на роликах |
| SPSF S9 |
| SPSF P9 | 3,55–5,60 | 114 |
| SPSF Y9 |
| SPSF Z9 |

*Окончание таблицы 1.1*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Серия | Модель | Ширина захвата, м | Расстояние  между корпусами, см | Соединение задней рамы |
| SPHF9 | SPHF B9 | 3,05–5,00 | 100 | Гидравлическое |
| SPHF S9 |
| SPHF P9 |
| SPHF Y9 | 3,55–5,60 | 114 |
| SPHF Z9 |
| SPEF9 | SPEF B9 | 3,05–5,00 | 100 | Гидравлическое  с электронным управ- лением маневрами |
| SPEF S9 |
| SPEF P9 |
| SPEF Y9 | 3,55–5,60 | 114 |
| SPEF Z9 |

Фирма Kverneland (Норвегия) производит также навесные, полу- навесные и прицепные оборотные плуги для гладкой вспашки с различным количеством корпусов (до 14 пар) и серию плугов для загонной вспашки с числом корпусов от 2 до 12. Как правило, плуги оборудуются приспособлениями (катки, боронки и т. п.) для до- полнительного крошения почвы и выравнивания поверхности поля. На всех моделях плугов, выпускаемых этой фирмой, корпуса снаб- жены предохранительными устройствами (чаще пружинными воз- вратного действия), что позволяет использовать их на полях, засоренных камнями. Все плуги могут изменять ширину захвата (ширина захвата одного корпуса может варьироваться от 35 до 50 см).

Навесные оборотные плуги с количеством корпусов от 2 до 6 и полунавесные с количеством плугов до 12 предлагает фирма Kuhn. На них используются как классические плужные корпуса, так и ори- гинальные ромбовидные. На корпусах установлены оборотные полевые доски, обеспечивающие длительный срок службы.

Для повышения долговечности плужные корпуса изготавливают составными со сменными быстроизнашивающимися частями, а от- валы – из трехслойной стали с мягкой сердцевиной и твердыми наружными слоями. Плуг модели Vari Master 112, предназначен- ный для работы на легких почвах, отмечен на ряде выставок как получивший высокую оценку у фермеров. Техническая характери- стика навесных плугов серии Master приведена в табл. 1.2.

*Таблица 1.2*

29

Техническая характеристика навесных плугов серии Master (фирма Kuhn)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | 100 Master | 110 Multi Master | 121 Multi Master  Vari Master | 151 Multi Master  Vari Master | 180 Multi Master  Vari Master |
| Потребная мощность  на корпус, кВт | 19 | | 24 | 27 | 32 |
| Число корпусов | 2–5 | 3–5 | 3–6 | | 5–7 |
| Ширина захвата корпуса, см:   * переставляемая; * ступенчато регулируемая; * плавно регулируемая | 35; 40 –  – | –  35; 40; 45 – | –  35; 40; 45  35–40 | | 35; 40; 45; 50 –  30–48 |
| Расстояние между корпусами, см | 90 | 90; 102 | 90; 102 | | 96 |

Фирма Bonnel (Франция) выпускает навесные и полунавесные оборотные плуги в вариантах от 4 до 12 корпусов, оборудованных предплужниками. Многокорпусные плуги имеют шарнирную раму, управляемую посредством гидравлики. Плуги оборудованы раз- личными (механическими или гидравлическими) системами защиты от повреждений. Плуги с регулируемой шириной захвата корпусов от 30 до 45 см предлагает фирма Demblon. Они могут оснащаться как механическими, так и гидравлическими предохранителями. Для увеличения долговечности отвалы и ножи плуга центрированы.

Для обработки легких почв на глубину 8–25 см фирма Goizin

предлагает оборотные плуги с шириной захвата корпуса от 30 до 50 см.

Различные модификации оборотных плугов с числом корпусов от 2 до 12 производит фирма Lemken (Германия). Корпуса могут жестко крепиться на раме или снабжаться различными предохра- нительными устройствами. Рабочая ширина захвата плугов регули- руется. Плужные корпуса могут иметь отвалы с различной рабочей поверхностью. Для дополнительной разделки почвенных комков плуги снабжаются прикатывающими катками различной конструкции. Австрийская фирма Vogel&Noot для изготовления наиболее нагру- женных и ответственных деталей плуга применяет специальную сталь Permanit, благодаря чему обеспечиваются максимальная износо- стойкость передней плоскости отвала и высокая вязкость и ударо- прочность задней.

### Машины для поверхностной обработки почвы

По мере повышения культуры сельскохозяйственного производ- ства, роста квалификации исполнителей, внедрения интегрированной системы защиты растений, увеличения парка современных энерго- насыщенных тракторов нового поколения все большее распростра- нение получают энергосберегающие системы земледелия [7]. В по- следнее время наибольшее распространение во всем мире получила мульчирующая система обработки почвы. Сущность ее заключа- ется в регулярном насыщении верхнего слоя (на глубину не более 12–15 см) органическими удобрениями, пожнивными остатками, зеленой массой сидеральных культур. В ходе многочисленных исследований установлено, что по мере насыщения верхнего слоя органическим материалом в несколько раз повышается биологиче- ская активность почвы, сглаживается отрицательное воздействие

на возделываемые культуры неблагоприятных погодных явлений (в периоды повышенного увлажнения органическое вещество впи- тывает избыточную влагу, а в засушливый период удерживает в почве, не допуская высыхания корнеобитаемого слоя почвы). Кроме того, наличие мульчи из органического материала в верхнем слое удерживает от сноса мелкие почвенные элементы, наиболее ценные с агрономической точки зрения, что препятствует развитию эрозионных процессов. Для насыщения верхнего слоя органиче- ским веществом в почвосберегающих системах земледелия пре- имущественно используются различные стерневые культиваторы. После уборки предшествующих культур и измельчения раститель- ных остатков производится лущение стерни с заделкой органиче- ского материала на глубину 12–15 см стерневыми культиваторами.

Для измельчения соломы в валках, а также травянистой расти- тельности и мелкого кустарника на залежных землях перед их ос- воением предлагается использовать прицепные измельчители про- изводства фирмы Maschio (Италия). Эти машины за счет высокой частоты вращения ротора производят тщательное измельчение соломы, травы и мелкого кустарника (длина резки – 1,0–2,5 см) и равномерно распределяют измельченную массу на ширину 5–6 м. Тщательное измельчение растительной массы и заделка в почву обеспечивают быстрое ее разложение за счет деятельности аэробных почвенных бактерий, перерабатывающих целлюлозу. Опыт много- летнего использования измельчителей показал, что своевременное проведение зяблевой обработки почвы, тщательное измельчение растительных остатков и их заделка позволяют обеспечить практи- чески полное разложение соломы к началу проведения весенне- полевых работ.

Фирма Maschio выпускает широкий модельный ряд измельчите- лей, способных выполнять работу высококачественно в самых раз- нообразных условиях. Ширина захвата машин – 1,2–4,7 м, они могут агрегатироваться с тракторами мощностью 40–240 л. с. Измель- чители возможно использовать для улучшения сенокосов и пастбищ, в садах и парках, при освоении залежных земель, измельчении соломы и растительных остатков. В зависимости от вида работ они могут быть оснащены сменными ножами различных типов.

При традиционной системе обработки после измельчения соломы необходимо выполнить лущение стерни. Затем через две-три недели

после прорастания сорняков и падалицы предшествующей культуры выполняют вспашку почвы отвальными плугами. Для лущения стерни предлагается использовать стерневые культиваторы. Основ- ная их задача – заделка растительных остатков, удобрений и сиде- ратов в верхний слой почвы. Наилучшие результаты при лущении стерни показывает сочетание разных видов рабочих органов. В со- став большинства современных стерневых культиваторов в раз- личной комбинации входят рабочие органы рыхлительного типа, заделывающие рабочие органы и прикатывающие катки. Рыхли- тельные лапы комбинированных агрегатов выполняют крошение верхнего слоя почвы на глубину 10–15 см и обеспечивают наиболее благоприятные условия для заделки растительных остатков, пада- лицы. Заделывающие рабочие органы (полусферические или вы- резные диски, полувинтовые наральники рыхлительных лап, небольшие отвалы) выполняют качественное перемешивание по- жнивных остатков, падалицы, удобрений с верхним слоем почвы. Прикатывающие рабочие органы, входящие в состав комбиниро- ванных агрегатов, обеспечивают хороший контакт заделанных рас- тительных остатков с почвой, дополнительное крошение комков, а также выравнивание поверхности поля. На некоторых видах стер- невых культиваторов вместо прикатывающих катков дополнительно устанавливается тандемная дисковая батарея, которая не только уплотняет обработанный слой, но и дополнительно измельчает пожнивные остатки и интенсивно перемешивает их с почвой. Для высококачественного лущения стерни рекомендуется использовать культиваторы Smaragd фирмы Lemken (Германия), Kombi Sistem Titan, Delta professional и Vibro Flex фирмы Kongskilde (Дания). Культиваторы Vibro Flex могут применяться для разделки пласта многолетних трав за счет использования специальных наконечников рыхлительных лап. Стерневые культиваторы выпускаются в раз- личных модификациях (навесные и полунавесные, для каменистых почв) с шириной захвата 2–7 м для тракторов мощностью 60–300 л. с.

При использовании систем почвозащитной обработки необхо- димо учитывать, что на различных операциях используются тради- ционные, модифицированные и специальные почвообрабатывающие орудия. Характер их работы имеет особенности, обусловленные наличием пожнивных остатков, неровностей почвы, различной влажностью и плотностью. Перед посевом при мульчирующей

обработке производится рыхление почвы с одновременным измель- чением и сохранением на поверхности крупностебельных остатков пропашных предшественников. Глубина обработки почвы при этом способе определяется типом возделываемой культуры. Плуг Express Evolution фирмы Perrein (Франция) в агрегате с ротационной при- ставкой обеспечивает качественную предпосевную подготовку почвы, уменьшая при этом количество проходов по полю.

Современные чизельные плуги производятся в основном навес- ными с одним или двумя рядами рабочих органов с междуследием 30–50 см. Часто применяются в комбинации с дисками или дру- гими рабочими органами, например чизельный плуг в комбинации с дисками фирмы Brillion (Франция). В комбинированных орудиях (чизельных культиваторах) в качестве приспособлений, улучшающих качество обработки почвы, также устанавливают под небольшими углами атаки два ряда дисковых батарей или соосно располагают ряд батарей и трубчатый каток.

Фирма Muthing выпускает новую серийную модель орудия MU-Maxi с рабочими органами бильного типа, предназначенную для мульчирования почвы. Агрегатируется с тракторами мощно- стью 130 кВт.

Полунавесной комбинированный культиватор Centauer фирмы Amazone (Германия) может оснащаться двумя или тремя рядами стрельчатых лап, двумя рядами дисковых батарей и одним рядом катков модели Matrix. Передние колеса культиватора обеспечивают регулировку глубины обработки.

Для поверхностной подготовки почвы по минимальной техно- логии французская фирма Kuhn предлагает перспективные разра- ботки, например стерневой культиватор Mixter (ширина захвата – 3,6 м) и дисковую борону Discover (2, 5 и 7 м). Дисковая борона имеет ряд запатентованных конструктивных преимуществ: централь- ная однобалочная рама позволяет уменьшить транспортную ширину до 2,5 м, повысить прочность, обеспечить доступность и хорошую видимость. Качественная работа бороны достигается за счет боль- шого удельного давления на каждый диск, смещенного переднего и симметричного заднего расположения батарей дисков, возмож- ности изменять угол атаки секций на ходу из кабины трактора.

Новый дисковый лущильник Optimer с шириной захвата 3–6 м благодаря независимому креплению каждого диска и оригинальной

регулировке расположения двух рядов батарей позволяет эффек- тивно подрезать стерню, рыхлить почву на глубину 4–8 см и при- катывать ее, обеспечивая за один проход качественную подготовку почвы для посева озимых культур.

Для рыхления почвы на глубину до 45 см без оборота пласта фирма предлагает глубокорыхлители DC 401 c широкими или узкими лапами и прикатывающим катком, а для измельчения зеленой расти- тельности и пожнивных остатков зерновых, включая валки соломы, стебли кукурузы и подсолнечника, и равномерного распределения органического слоя по поверхности – мульчирователи моделей RM и NK. В последние годы выпускаются разнообразные комбини- рованные многофункциональные орудия, позволяющие за один про- ход выполнять несколько технологических операций. Конструкции этих почвообрабатывающих машин различаются набором рабочих органов, их комбинациями и основными параметрами, шириной захвата, массой, элементами управления и обслуживания.

Основными производителями дисковых борон являются фирмы Kverneland, Rasol, John Deer, Guivoqne, Agrisem, Gregoire Besson и др. Каждая фирма производит бороны многих типоразмеров с дисками разных диаметров и с разной шириной захвата для тракторов раз- личной мощности. Рамы борон, сварные коробчатые или из труб, оснащены устройствами для монтажа механизмов навески боковых рам и приспособлений (катков, борон и др.). Транспортные колеса оснащены широкими шинами относительно небольшого диаметра. Некоторые дисковые орудия оборудуются сдвоенными колесами, смонтированными соосно или со смещением по ходу на величину, превышающую диаметр шины.

Фирма Kverneland (Норвегия) предлагает бороны с шириной захвата 2,7–8,1 м и дисками диаметром 610–710 мм при толщине 6 и 7 мм, вертикальной нагрузке на диск 93–134 кг. Для агрегати- рования борон требуются тракторы мощностью 60–180 кВт. У борон с шириной захвата 3,6 и 4,05 м в транспортном положении значения этого показателя соответственно 2,65 и 2,85 м. Дискаторы серии DSA этой фирмы выпускаются с шириной захвата 3, 4 и 6 м. Глубина обработки регулируется изменением угла атаки дисков и высоты крепления катков относительно дисков. Потребная мощ- ность тракторов для этих орудий составляет 75–120 кВт. В транспорт- ном положении секции широкозахватных дискаторов расположены вертикально, ширина агрегата в этом положении составляет 2,5 м.

Французская фирма Gregoire Besson производит прицепные бороны с шириной захвата 0,85–9,40 м с Х-образной рамой, 1,80–5,95 м с V-образной рамой и дисколаповые 3,2–7,2 м, а также навесные и полунавесные с шириной захвата 3 и 4,3 м. Бороны выпускаются с жесткой или гидравлической складной рамами и могут оснащаться катками, включая прутковые диаметром 520 мм, обрезиненные диаметром 590 мм, а также с шинами атмосферного давления диа- метром 520 мм и катками из колес с шинами диаметром 700 мм. Заглубление орудия ограничивают сдвоенные металлические колеса с цилиндрическими обечайками. В конструкции рамы предусмот- рены элементы для навешивания сеялки и составления почвообра- батывающе-посевного агрегата.

Фирма Agrisem (Франция) предлагает бороны Super, Classic и Best конструкции Disc-O-Mulch, диски которых установлены на рессорах, что обеспечивает устойчивую работу в тяжелых условиях. Техническая характеристика борон приведена в табл. 1.3.

*Таблица 1.3*

Техническая характеристика борон Disk-O-Mulch фирмы Agrisem

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Марки | | |
| Super | Classic | Best |
| Ширина захвата, м | 2,5–6,0 | | 2,5–4,0 |
| Диаметр дисков, мм | 460, 510, 560, 610 | | |

Сетчатая борона фирмы Amazone (Германия), работающая в ком- бинации как с дисковой бороной, так и с другими почвообрабаты- вающими машинами, оснащена сенсорным устройством, которое позволяет своевременно определить количество сгрудившейся перед бороной соломенной массы. При превышении заданного предела срабатывает гидроклапан, борона плавно наезжает на сгрудившуюся соломенную массу и равномерно распределяет ее по полю.

Немецкая фирма Lemken разработала почвообрабатывающе- посевные комплексы, дополнительно включающие в себя раму с катком из пневматических опорно-транспортных колес и сеялку с пружинными боронками. Универсальный комбинированный агрегат Geliodor предназначен для поверхностной обработки пожнивных остатков, предпосевной подготовки почвы, мульчированного посева зерновых культур. Компактная конструкция агрегата обеспечивает хорошую маневренность при работе на малых и средних участках.

### Современные тенденции развития машин для внесения удобрений

Техническое состояние машин для внесения удобрений, особенно среди преобладающих спаренных дисковых разбрасывателей, дос- тигло высокого уровня [8]. Машины от основных поставщиков делают возможным распределение фактически всех видов мине- ральных удобрений с высокой точностью при рабочей ширине до 24 м, а удобрений с очень хорошими характеристиками – на ши- рину более 36 м. Приблизительно 80 % всех удобрений в настоящее время вносится машинами с двойными дисковыми разбрасывателями. Эти орудия отличаются точностью, устойчивостью к нежелатель- ным воздействиям, прочностью и высокоэффективными эксплуа- тационными возможностями. Важной характеристикой является бесступенчато регулируемая рабочая ширина внесения от 14 до 48 м с автоматическим дозированием удобрений, например через инте- рактивную калибровку при помощи интегрированных ячеек для взвешивания или электронного управления границами распределе- ния удобрений. Большая эффективность внесения и операционного управления обеспечивается новым видом распределительных систем для парного дискового широкозахватного внесения, который позво- ляет обеспечить точное распространение различных удобрений без необходимости регулировать (корректировать) или изменять (заме- нять) лопатки. Примером инновационного подхода являются уст- ройства для точного земледелия.

Все крупнейшие производители машин для внесения минераль- ных удобрений, такие как Amazone, Rauch, Streumaster, Gustrower, Kongskilde, Kverneland (Германия), Bredal (Дания), Sulky (Франция), Agrex (Италия) и другие демонстрируют технические решения, направленные на повышение производительности и безопасности труда, улучшение условий технического обслуживания, автомати- зацию процессов внесения удобрений. Большинство таких машин (прицепных и навесных) оснащено центробежными рабочими орга- нами, представляющими собой диски с лопатками. Значительное число фирм отказались в своих конструкциях от регулирования доз внесения удобрений изменением длины лопаток, оставив регули- ровку угла наклона их к оси вращения, что значительно снизило

количество возможных вариантов и упростило настройку машин. Практически каждая фирма представила свои варианты лопаток, которые отличаются как по форме, так и по размерам. Это свиде- тельствует о том, что интенсивное совершенствование лопаток центробежных дисков продолжается.

В области механизации применения химических средств защиты растений примером инновационного развития опрыскивателей явля- ются машины фирм Amazone, Rauch, Dubex, Agripp (Германия), Grim, Bargam (Италия), John Deere (США), Berthoud, Technoma (Франция) и других с предельными технологическими параметрами по вместимости баков опрыскивателей до 10 т и шириной захвата до 48 м. Технологическая основа конструкции практически всех опрыскивателей – использование сложных корпусов распылителей с двумя, тремя, четырьмя насадками для распылителей с разными выходными отверстиями. Общим является и стремление разработ- чиков снизить центр тяжести опрыскивателя, т. к. применение боль- ших колес снижает статическую поперечную устойчивость. Широко представлены опрыскиватели с электронными системами управле- ния распылом рабочей жидкости (бортовой компьютер), положением штанг на склонах. Самоходные опрыскиватели сконструированы в основном на специально спроектированном высококлиренсном энергосредстве. Анализ выявляет экологические тенденции совер- шенствования машин для внесения жидких и твердых органиче- ских удобрений. Фирмы-производители с целью повысить качество распределения и минимизировать потери азота в удобрениях делают упор на использовании штанговых машин (для поверхностного внесения) с грузоподъемностью до 32 т и шириной захвата до 42 м. Общее направление развития конструкций всех машин – повышение грузоподъемности, применение коррозионностойких материалов, высокое качество изготовления.

Машины для внесения твердых органических удобрений уско- ренно совершенствуются фирмами Tebbe, Kirchner, Dangreville (Гер- мания), Joskin (Франция), Pichon (Бельгия) и др. В конструкциях их машин разброс органических удобрений производится шнековыми рабочими органами или центробежными дисками, их грузоподьем- ность находится в пределах 20–45 т.

### Современные тенденции развития машин для защиты растений

Основными тенденциями развития машин для защиты растений и внесения жидких минеральных удобрений (преимущественно опрыскивателей) являются: минимизация их отрицательного воз- действия на окружающую среду в соответствии с международными стандартами качества ЕС, сокращение расхода пестицидов и удоб- рений на единицу обрабатываемой площади за счет автоматизации контроля и управления технологическими процессами и примене- ния информационных технологий, повышение производительности машин за счет увеличения ширины захвата, их грузоподъемности. В развитии техники для защиты растений особое внимание фокусиру- ется на точном дозировании и сокращении доз внесения удобрений. Соотношение использования прицепного оборудования и самоход- ных машин значительно увеличилось за прошедшие годы в пользу последних. Максимум комфорта операторов, точность дозирования и устранения сноса капель рабочего раствора (путем принудитель- ного осаждения их на обрабатываемый объект за счет использования воздушных потоков и электрозарядки капель) остаются актуаль- ными целями конструкторов и реализуются в разработках новых машин по защите растений.

Высокопроизводительное оборудование для внесения средств защиты обычно обеспечивается управляемой компьютером системой стабилизации объемов внесения. Постоянной тенденцией является совместимость электронной аппаратуры с требованиями ISO. Элек- троника поддерживает функциональные возможности, производи- тельность и комфорт при использовании машин. Во многих случаях это включает системы GPS так, чтобы запросы на точное сельское хозяйство в секторе защиты растений могли быть техни- чески обеспечены. Многие отмеченные тенденции развития машин для защиты растений нашли отражение в автоматизированной системе защиты растений и внесения удобрений с точным распре- делением, разработанной фирмами Amazonen, Agrocom, GPSswitch, Hardi, Teejet.

Анализ тенденций развития и совершенствования способов ведения современного сельского хозяйства показывает, что повы- шение урожайности сельскохозяйственных культур во многом

определяется уровнем химизации. Ни одно современное сельско- хозяйственное предприятие не может рассчитывать на стабильные успехи, если не обеспечит надежной и эффективной защиты воз- делываемых культур. По расчетам специалистов, без проведения специальных мероприятий потери урожая от вредителей, болезней и сорняков составляют: зерновые культуры и сахарная свекла – 25 %, овощные и плодовые – 29 %, картофель – свыше 30 %. Гербициды позволяют уничтожить до 75 %–90 % сорняков на полях. Меры по защите растений в интенсивных технологиях обеспечивают 40 %–90 % прибавки урожая, которая достигает в среднем 20 ц/га. По мере дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного про- изводства роль защиты растений будет возрастать, т. к. одновре- менно с созданием более благоприятных условий для роста культурных растений создаются и лучшие условия для развития сорной растительности и размножения вредных микроорганизмов. Однако увеличение объемов использования химических средств защиты растений неизбежно приводит к возрастанию пестицидной нагрузки на окружающую среду, в результате чего нарушается устойчивость экосистем и, как ответная реакция на это, формиру- ются популяции сорняков и вредителей, резистентных (устойчивых) к длительно используемым пестицидам, снижается иммунитет человека и растений, наблюдается пагубное воздействие на все живое в почве, воздухе и воде, резко возрастают финансовые затраты. Наиболее слабыми звеньями в цепи факторов, обусловли- вающих эффективность использования пестицидов, являются тех- нологии и технические средства для внесения ядохимикатов. Именно их совершенствование позволяет увеличить экономиче- скую эффективность, экологическую и фитосанитарную безопас- ность применения пестицидов.

Анализ отечественного и мирового опыта использования штан-

говых опрыскивателей показывает, что их негативное влияние на ресурсосбережение и состояние окружающей среды складывается из следующих основных факторов:

1. *Высокие нормы расхода рабочей жидкости*. В настоящее время в зависимости от расхода рабочей жидкости различают полно- объемное, малообъемное и ультрамалообъемное опрыскивание (табл. 1.4).

*Таблица 1.4*

Расход рабочей жидкости в зависимости от способа опрыскивания, л/га

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Способ опрыскивания | Полевые культуры | Многолетние насаждения |
| Полнообъемный | 300–600 | 500–3000 |
| Малообъемный | 100–200 | 250–500 |
| Ультрамалообъемный | 3–20 | 30–250 |

Расход рабочей жидкости у большинства современных опрыски- вателей регламентируется производителями в пределах 75–300 л/га, что в связи с приведенной классификацией можно считать мало- объемным опрыскиванием. С одной стороны, это является положи- тельным фактором, т. к. по сравнению с полнообъемным опрыс- киванием расход снижается в два-три раза. Однако такие нормы расхода рабочей жидкости уже не могут полностью удовлетворить потребности сельскохозяйственного производства по различным причинам, в частности после появления новых пестицидов со значи- тельно сниженными нормами расхода препарата на 1 га (в отдельных случаях они составляют сотни и даже десятки граммов). В связи с этим требуется внедрение ультрамалообъемного опрыскивания.

1. *Уплотнение почвы ходовыми колесами опрыскивателей и по- вреждаемость растений*. Тенденция увеличения вместимости рабо- чих баков и ширины захвата опрыскивателей, которая наблюдается в настоящее время, приводит к существенному возрастанию на- грузки на почву, ведущей к необратимым процессам ее переуплот- нения: разрушению структуры почвы с образованием чрезмерного количества эрозионно опасных частиц, малой общей пористости, плохой аэрации, неблагоприятному водному режиму, что снижает урожайность культур. Наряду с этим при внесении пестицидов совре- менными тракторными опрыскивающими агрегатами имеет место повреждение растений, в результате чего многие из них погибают сразу или их развитие замедляется, что отрицательно сказывается на будущем урожае. Так, по данным австралийских ученых, недобор урожая пшеницы после прохода опрыскивающего агрегата по ис- течении 5–7 недель от начала вегетации составляет 4 %–6 %, после 8–12 недель – 15 %–20 %.
2. *Недостаточное использование экологически менее безопасных технологий опрыскивания*. На мировом уровне отмечается тенден- ция снижения расхода пестицидов на 1 га в результате повышения

целенаправленности их внесения. Использование традиционных технологий опрыскивания имеющимися опрыскивателями не обес- печивает реализацию этих тенденций. Новые технологии обеспечи- вают качественную обработку при нормах расхода, уменьшенных в десятки раз, однако дисперсность распыла варьируется в широких пределах, что приводит к непроизводительным потерям из-за сноса мелких и стекания крупных капель с листовой поверхности.

Анализ мирового опыта совершенствования конструкций опры- скивателей позволяет выделить следующие основные направления уменьшения нормы расхода рабочей жидкости и повышения качества опрыскивания: совершенствование конструкций распылителей, авто- матическое управление нормой расхода рабочей жидкости, внедре- ние новых технологий опрыскивания.

Перспективной разработкой является применение вращающегося дискового распылителя, обеспечивающего сепарацию мелких капель- спутников (до 60 мкм), исключая тем самым их попадание в окру- жающую среду. Такой распылитель позволяет регулировать размер капель в зависимости от технологии применения гербицидов, инсек- тицидов, фунгицидов в диапазоне 60–250 мкм. Среди зарубежных распылителей наиболее перспективны для отечественных опрыски- вателей турбопенные, монодисперсные щелевые, инжекторные.

Турбопенные распылители, выпускаемые фирмами Agrotop, Lechler (Германия), Teejet (США), Albus (Франция), создают направ- ленный поток капель, насыщенных воздухом. Пенные капли, содер- жащие пузырьки воздуха, крупные и сравнительно тяжелые, не сносятся воздушным потоком. Соприкасаясь с обрабатываемой по- верхностью, они лопаются и покрывают ее тонкой пленкой за счет сил поверхностного натяжения. Это позволяет использовать препа- раты на 90 %–95 %, т. е. практически без потерь, поскольку пенные капли не скатываются с поверхности, а мелкие отсутствуют. Таким образом, нет потерь препаратов ни от испарения, ни от сноса ветром. Применение таких распылителей также позволяет увеличить ско- рость движения опрыскивателя до 15 км/ч и осуществлять опры- скивание при скорости ветра до 8 м/с вместо 3 м/с.

Еще одним перспективным типом распылителей этих же фирм является монодисперсный щелевой распылитель, который отличается от обычного щелевого наличием демпферного объема, располо- женного за калиброванным отверстием. Он способствует стабили- зации давления распыла и уменьшает турбулентность движения

рабочей жидкости, благодаря чему распыл по качеству приближа- ется к монодисперсному (120–250 мкм). При такой технологии опрыс- кивания эффективность использования препарата составляет 75 %.

Инжекторные распылители содержат отверстия, через которые по мере поступления рабочей жидкости засасывается воздух, в ре- зультате чего жидкость смешивается с пузырьками воздуха. Такие распылители с автоматической очисткой воздухоотсасывающих отверстий и углом распыла 80° выпускает, например, фирма Lechler (Германия). Автоматическое управление нормой расхода рабочей жидкости является одним из наиболее действенных мето- дов экономии рабочей жидкости и ядохимикатов, а также повыше- ния качественных показателей работы опрыскивателей.

За рубежом приведенные технологии нашли свое воплощение в реально действующих опрыскивателях. Наиболее распространены технология принудительного осаждения жидкости с помощью пневмоштанги, технология прямого инжектирования и электроаэро- зольная технология. В ряде случаев две последние воплощаются в одной машине.

### Современные тенденции развития посевных и посадочных машин

Анализ современных тенденций создания конструкций посевной техники подтверждает их соответствие высоким требованиям функ- циональности, эксплуатационной надежности и производительно- сти при качественном выполнении технологического процесса [8]. Направление развития к большей рабочей ширине захвата проявля- ется в прицепных машинах или комбинациях с активным приводом, которые могут обеспечивать посев по мульче. Кроме того, имеются уточнения систем повышения продольного распределения семян, например сошники фирмы Kuhn с повышенной точностью распре- деления семян вдоль рядка.

Имеются новшества в обеспечении точности рядового посева. Современные рядовые сеялки для зерновых культур отличаются увеличенной вместимостью бункеров для посевного материала и минеральных удобрений, точным дозированием высеваемых семян и высокой производительностью. Имеют навесную цельнорамную или складывающуюся конструкцию при ширине захвата в основном 2,5–5,0 м и междурядий 9–18 см. Оснащаются традиционными меха- ническими или новыми пневматическими высевающими системами

и сошниками известных типов для рядового, двухстрочного и полос- ного посевов.

Активно проводится работа по электронному управлению и авто- матизации обработки результатов (воспроизведение фотомехани- ческим способом) при рядовом посеве. Бесступенчатые передачи для дозирования начального числа, чтобы изменять (варьировать) интенсивность подачи семян в течение перемещения, становятся все более распространенными. Вместе с электронным GPS-управлением и оснащением соответствующей аппаратурой открывается возмож- ность сеять с большой точностью.

### Особенности конструкции сеялок

Зарубежными фирмами ведутся разработки и усовершенствования конструкций посевной и посадочной техники. Компании-произво- дители предлагают разнообразные сеялки для посева зерновых и зерно- бобовых культур, трав, кукурузы, подсолнечника, овощей. Известная немецкая фирма Amazone (табл. 1.5) выпускает механические (навес- ные D9 Special с шириной захвата 2,5 и 3 м, прицепные D9 Super – 3, 4, 6 и 12 м) и пневматические сеялки АD3 Special и АD3 Super.

*Таблица 1.5*

Техническая характеристика сеялок фирмы Amazone

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Механические сеялки | | | | | | Пневматические сеялки | | | | |
| D9U2.5  Special | D9U30  Special | D9U30  Super | D9U40  Super | D9U60  Super | D9U120  Super | AD253  Special | AD263  Special | AD253  Super | AD263  Super | AD273  Super |
| Ширина  захвата, м | 2,5 | 3 | | 4 | 6 | 12 | 2,5 | 3 | | 4 | 4,5 |
| Число рядков | – | 21 | | 29 | 48 | 96 | 20 | 24 | | 32 | 36 |
| 21 | 25 | | 33 | – | – | – | 30 | | – | – |
| – | 29 | | – | – | – | – | – | | – | – |
| Ширина между- рядий, см | 12,0 | 14,3 | 14,3 | 13,8 | 12,5 | 13,8 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 |
| – | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 10,0 | 12,0 | – | 10,0 | 10,0 | – | – |
| – | 10,3 | 10,3 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Вмести-  мость бункера, л | 360 | 450 | 600 | 830 | 1200 | 2490 | 360 | 450 | 600 | 830 | 945 |
| Масса, кг | 580 | 642 | 759 | 1057 | 2390 | 6170 | 675 | 744 | 795 | 1055 | 1164 |

Сеялки модификации D9 могут использоваться самостоятельно или в комбинации со всеми почвообрабатывающими орудиями при классическом или мульчированном посеве. С помощью нового редуктора с бесступенчатой регулировкой и плавным ходом произ- водится регулировка норм высева с высокой точностью, начиная с 2 кг/га и заканчивая 300 кг/га. С одинаковой точностью высева- ются семена рапса, трав, зерновых, бобовых культур. Дисковые сошники Rо TeC серийно оснащены ограничителями глубины хода и чистящими дисками, которые позволяют устанавливать глубину заделки семян без применения инструментов. Все сеялки оснащены системой переключения технологической колеи.

Универсальная пневматическая сеялка Airspeed AS3 фирмы Alpego (Италия) оборудована двумя бункерами (основным и ре- зервным). Основной бункер вместимостью 1400–2000 л смонтирован в передней части трактора, чем обеспечивается равномерное рас- пределение нагрузки на колеса. Семена поступают из основного бункера к резервному и под действием силы тяжести попадают на распределительное устройство. С помощью датчиков контролиру- ется уровень семян в бункере и прослеживается прохождение их по семяпроводам. Сеялка может применяться в комбинации с обору- дованием для подготовки почвы (боронами, культиваторами, кат- ками и т. п.). Некоторые сеялки комплектуются загрузочными шнеками. Одна из моделей семейства пневматических сеялок фирмы Kuhn имеет загрузочное устройство, сдвигаемое в нижней части бункера, в которое семена загружаются непосредственно путем оп- рокидывания самосвала. Нижняя часть бункера смещается назад с помощью гидроцилиндров по направляющим. Пневматические сеялки модели Rapid A 600–800C и традиционные Rapid 300С Super XL для прямого посева выпускает фирма Vaderstad (Швеция). В сеялках применяются однодисковые сошники и ножи с вырез- ными дисками. Сеялки Rapid A 600C и Rapid A 800C благодаря наличию бункера вместимостью 6000 л и рабочей ширине захвата 6 или 8 м обеспечивают производительность 6,8 га/ч.

Для прикатывания почвы на предварительно обработанных полях применяются батареи колес с гладкими шинами, для муль- чированных фонов – колеса с рельефным протектором, для очистки шин от налипающей почвы – культиваторные лапы в качестве чис- тиков. За катком расположены загортачи пруткового типа и бороздо- образующее устройство для формирования колеи. Техническая

характеристика зернотравяных сеялок модели Rapid, выпускаемых компанией Vaderstad, приведена в табл. 1.6.

*Таблица 1.6*

Техническая характеристика сеялок фирмы Vaderstad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Модель | Ширина в рабочем/транспортном  положении, м | Вместимость  бункера, л | Масса, кг |
| Сеялки Rapid А 400–800S пневматические | | | |
| RDA 400S | 4/3 | 1900 | 3700 |
| RDA 450S | 4/3 | 1900 | 4000 |
| RDA 500S | 5/3 | 2700 | 4400 |
| RDA 600S | 6/3 | 2700 | 4600 |
| RDA 800S | 8/3 | 3200 | 6000 |
| Сеялки Rapid А 600–800С пневматические | | | |
| RDA 600С | 6/3 | 6000 | 9180 |
| RDA 800С | 8/3 | 6000 | 10 320 |
| Сеялки Rapid Super 300–400S/C механические | | | |
| RD 300S | 3/3 | 2900 | 4000 |
| RD 300C | 3/3 | 3100 | 4300 |
| RD 400S | 4/3 | 4000 | 4800 |
| RD 400C | 4/3 | 4200 | 5100 |

Пневматическая сеялка модели 32000 фирмы Bertini (Аргентина) предназначена для посева семян как мелкой, так и крупной фракций. Одной из разработок этой фирмы является оснащение высевающей системы V-образными прикатывающими зубчатыми колесами. Конструкция таких колес уменьшает риск забивания их при работе на почвах повышенной влажности. В зависимости от высеваемой фракции прикатывающие V-образные колеса можно устанавливать зубьями вовнутрь или наружу. Техническая характеристика сеялок модели 32000 фирмы Bertini (Аргентина) приведена в табл. 1.7.

Фирма Kongskilde (Дания) имеет семейство универсальных сеялок MS в зерновой и МС в зернотуковой модификациях. Сошниковая группа в этих сеялках состоит из блоков, включающих в себя рамку, два опорных катка и четыре однодисковых сошника: два задних с обычными дисками и два передних с вырезными. Положение опорных катков регулируется индивидуально для каждого блока с помощью гидроцилиндров с выравнивающим устройством. Благодаря боль- шому количеству колес с надувными шинами сеялки MS могут

применяться на мульчированных и открытых полях с разными типами почв, на неровном рельефе и перекатываться по препятствиям. Фирма Kverneland-Accord (Германия) предлагает пневматические зернотравяные сеялки трех типов – DТ, DG и DL. Все они обеспе- чивают дозирование от 2 до 380 кг/га и предназначены для посева зерновых и бобовых культур, рапса, гречихи, льна, клевера, семян других трав. Полунавесные и навесные сеялки могут работать как самостоятельно, так и в комбинации с почвообрабатывающими ору- диями. В табл. 1.8 приведена техническая характеристика пневмати-

ческих зернотравяных сеялок фирмы Kverneland-Accord (Германия).

*Таблица 1.7*

Техническая характеристика сеялок модели 32000 фирмы Bertini

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Ширина захвата, м | | |
| 6–7 | 8–24 | 14 |
| Потребная мощность, кВт | 103–118 | 118–132 | 235–250 |
| Число рядов при ширине междурядий, см:  – 70;  – 21,6;  – 22,3;  – 8,7 | 10  30 –  – | 12 – 36 – | 20 –  – 72 |
| Вместимость бункеров, л:   * для семян; * для удобрений; * для инсектицидов | 1120  1120  288 | 1380  1380  355 | 2240  2240  575 |
| Масса, кг | 6700 | 8160 | 14 200 |

*Таблица 1.8*

Техническая характеристика пневматических зернотравяных сеялок фирмы Kverneland-Accord (Германия)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | DT-6 | DG-8 | DL-4,5 |
| Производительность, га/ч | до 6 | до 8 | до 4 |
| Потребная мощность, кВт (л. с.) | 60 (80) | 100 (130) | 60 (80) |
| Ширина захвата, м | 6 | 8 | 4,5 |
| Ширина междурядий, см | 12,5 | 12,5 | 14 |
| Рабочая скорость, км/ч | 10 | 10 | 10 |
| Число сошников | 48 | 64 | 32 |
| Вместимость бункера, л | 1500 | 3500 | 1000 |
| Масса, кг | 1250 | 3000 | 600 |

Для разбросного посева сельскохозяйственных культур, семян трав, удобрений, таблеток от слизней и других вредителей фирма APV (Австрия) предложила сеялку ZS 200, оснащенную двумя раз- бросными дисками. За счет изменения скорости вращения дисков и специальных заслонок регулируются норма высева семян и ши- рина разброса.

Немецкая фирма Horsch предложила усовершенствованную модель пневматической сеялки Sprinter ST с шириной захвата 4,6 м и ком- бинированный посевной агрегат Focus CS, предназначенный для полосовой обработки почвы и посева на глубину до 30 см. Фирма Morris Industries (Канада) производит дисковую сеялку X-press с шириной захвата 9,15 и 12,2 м. Она состоит из трехсекционной рамы и двухсекционного бункера вместимостью 8,7 м3 для семян и мине- ральных удобрений, установленного на одноосном прицепе, с систе- мой пневматического распределения.

Сеялка является универсальной, способной осуществлять посев различных культур (кроме кукурузы на зерно), в т. ч. мелкосеменных культур и трав, благодаря возможности регулировки глубины заделки семян на 1–2 см. Устройство для регулировки глубины заделки семян установлено на каждом дисковом сошнике. Ширина междурядий – 19 или 25 см. Качественный высев семян на повышенных скоростях (более 8 км/ч) обеспечивается благодаря применению более совер- шенных сошников. Фирма предлагает уплотняющие сошники для почвообрабатывающих и посевных машин, работающих на высо- ких скоростях.

Немецкая фирма Lemken, один из лидеров в области разработки сельскохозяйственной техники, предлагает ряд механических сея- лок Saphir 7, Saphir 8 и пневматических сеялок Solitair 9, Solitair 10. Основными особенностями навесных механических сеялок Saphir 7/8 являются бесступенчато-регулируемый привод для установления нормы высева от 0,5 до 500 кг/га, наличие двухсекционной высе- вающей катушки Kombi-Plus (по желанию – односекционных Mono- Plus и Mega-Plus для гороха и бобов), шестигранного вала с быстро- сменным оборудованием для различных посевных колес и элек- тронного управляющего устройства Lemken. Пневматические сеялки Solitair 9 и Solitair 10 оснащаются анкерными одно- или двухдисковыми сошниками, электронным бортовым компьютером Isotronic. Компрессор приводится в движение с помощью гидрав-

лической системы трактора, которая функционирует с помощью вала отбора мощности, что особенно важно при работе с трактором с недостаточно мощной собственной гидравлической системой. Распределители семенного материала расположены вне бункера для семян, прямо над стойкой с сошниками. Техническая характе- ристика данных сеялок представлена в табл. 1.9.

Фирма Lemken (Германия) разработала также почвообрабаты- вающе-посевные комплексы, дополнительно включающие в себя раму с катком из пневматических опорно-транспортных колес и сеялку с пружинными боронками.

Французская фирма Ribouleau предлагает пропашную свекло- вичную сеялку, оснащенную механической системой высева с по- мощью вертикального ротора. Выпускается с цельнобрусной или складывающейся с помощью гидравлики рамой. Высевающий диск, имеющий систему внутреннего заполнения, в сочетании с малой высотой падения семян (4 см) повышает точность высева при ско- рости движения агрегата до 10 км/ч.

Пневматические сеялки фирмы Sulky (Франция) оснащаются электронной системой автоматического контроля высева Ultron MS и устройствами для перекрытия отдельных семяпроводов при фор- мировании технологической колеи, которая служит ориентиром для последующих проходов подкормщиков и опрыскивателей.

Конструкции *комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин* различаются высевающими системами, почвообрабатываю- щими рабочими органами и их комбинациями и основными пара- метрами – шириной захвата, массой, вместимостью бункера, элементами управления и обслуживания, дизайном. Комбиниро- ванные машины оснащаются механическими и пневматическими высевающими системами, навесными сеялками и посевным обору- дованием. Почвообрабатывающие орудия имеют рабочие органы активного (фрезы) или пассивного действия (лаповые или ротационные). В связи с увеличением рабочей ширины захвата и вместимости бун- керов для посевного материала прослеживается тенденция внедре- ния в производство полунавесных машин. Разработаны более совершенные сцепные и навесные устройства, позволяющие состав- лять различные комбинации из сеялок и почвообрабатывающих машин и орудий.

*Таблица 1.9*

49

Техническая характеристика сеялок фирмы Lemken

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Механические сеялки | | | | | Пневматические сеялки | | | | | |
| Saphir 7 | | | Saphir 8 | | Solitair 8 | | Solitair 9 | | Solitair 12 | |
| Марка | 7/250 | 7/300 | 7/400 | 8/300 | 8/400 | 8/300 | 8/400 | 9/400 | 9/500 | 12/800 | 12/1000 |
| Ширина  захвата, м | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 8,0 | 10,0 |
| Междурядье, см | 12,5 | | | 12,5/15,0 | | | | | | | |
| Вместимость  бункера, м3 | 0,65 | 0,80 | 1,05 | 0,80 | 1,05 | 1,10 | 1,10 | 2,30 | 2,30 | 5,80 | 5,80 |
| Масса, кг | 838 | 927 | 1136 | 927 | 1136 | 910 | 1018 | 1158 | 1504 | 4545 | 5800 |

В зарубежной практике прослеживается тенденция оснащения сеялок компьютерным оборудованием. На дисплей, помещенный в кабине трактора, поступает информация о скорости агрегата, засеянной площади, количестве высеянных семян, среднем расстоянии между ними и др. Продолжается дальнейшее развитие бортовых компьютеров для управления работой сеялок точного высева. Произ- водители сельскохозяйственной техники предлагают комбинированные многофункциональные орудия, позволяющие за один проход выпол- нять несколько технологических операций. Конструкции этих машин различаются набором рабочих органов, их комбинациями и основными параметрами, шириной захвата, массой, элементами управления и обслуживания. Применяемые сегодня агротехнологии определя- ются способами основной обработки почвы, а также типом пред- шественника. В некоторых районах необходимы почвозащитные агротехнологии, основу которых должны составлять два способа бесплужной обработки почвы:

* плоскорезная обработка с сохранением на поверхности почвы стерни колосовых предшественников;
* мульчирующая обработка с измельчением и сохранением на по- верхности почвы крупностебельных растительных остатков пропаш- ных предшественников.

## Направления развития сельскохозяйственной техники

## для уборки сельскохозяйственных культур

### Современные тенденции развития машин для уборки зерновых культур

Развитие и совершенствование зерноуборочных комбайнов про- текают с сохранением тенденций, направленных на постоянный рост производительности комбайнов и мощности их двигателей, сокра- щение до минимума потерь и повреждений зерна, обеспечение устойчивости технологического процесса уборки при различных агротехнических и климатических условиях, повышение комфорта оператора и безопасности эксплуатации, снижение отрицательного воздействия на почву путем уменьшения удельного давления на нее колес машин и внедрения привода на все колеса, широкое приме- нение современных систем управления и контроля технологиче- ских процессов на базе электронных вычислительных устройств, вплоть до спутниковых систем (точное земледелие), определение координат машины для подсчета убранных площадей и средней урожайности отдельных участков поля.

Хозяйства с большими площадями нуждаются в высокоэффек- тивных мощностях для уборки урожая зерна. Ежедневная уборка до 500 т пшеницы – реальная продуктивность, получение которой зависит от условий сбора урожая и которую не могут обеспечить комбайны с соломотрясом, поэтому изготовители предлагают агре- гаты с роторными конструкциями молотилок и сепараторов. Кроме того, машины оборудованы дополнительными средствами, чтобы увеличить производительность и качество работы, а также облегчить работу оператора. Интерес представляют высокопроизводительные энергонасыщенные комбайны, оборудованные двигателями мощ- ностью 600 л. с. (а в отдельных моделях и более мощными) и жат- ками с рабочей шириной захвата до 9,15 м, которыми можно убирать до 50 т/ч. Роторные комбайны имеют высокую пропуск- ную способность, однако потребляют на 30 % больше топлива, чем комбайны с соломотрясом.

Дополнительное оборудование (например, системы автоматиче- ского управления, регулируемые через оптоэлектронику или уни-

версальную систему GPS) также служит повышению эксплуата- ционных характеристик и эффективному сбору урожая, что дости- гается максимальной шириной захвата с оптимизацией других параметров для сокращения потерь.

Производительность увеличивается также благодаря расширению вместимости бункера для зерна до 11 м3. Кроме того, уже имеются комбайны со скоростями движения до 30 км/ч, которые должны помочь сократить сроки уборки урожая. Постоянно совершенству- ется процесс механизированной уборки соломы комбайнами. Осо- бенно интенсивно ведутся поиск и создание новых конструктивно- технологических схем обмолота и сепарации: увеличивается число барабанов в молотильном устройстве, совершенствуется их конст- рукция, клавишный соломотряс заменяется роторным сепарирующим устройством. Сохраняется тенденция совершенствования роторных зерноуборочных комбайнов и разработки новых конструкций моделей. Чтобы повысить качество работы системы очистки при работе комбайнов на склонах, предлагаются устройства для вырав- нивания положения решет, разрабатываются крутосклонные ком- байны. Вместе с тем большинство фирм производит комбайны разных классов в соответствии с потребностями рынка.

Фирма Claas разработала новое устройство для распределения

измельченной соломы с требуемым управлением – радиально управляемый распределитель соломы. Ротор устанавливается на комбайны Lexion 570 (600) с рабочей шириной до 9–12 м и двумя роторами позади ротора измельчителя, чтобы улучшить распреде- ление измельченного материала. Ширина выброса регулируется при помощи перегородок, которые могут совершать возвратно- поступательные движения в обратном направлении и вперед элек- трогидравлически. Они изменяют угол обхвата ротора и, следова- тельно, угол выброса. Так как обе перегородки управляются отдельно, распределение продукта может быть оптимизировано для каждой стороны с конкретным управлением. Распределитель может не только изменять ширину выброса, но и ориентировать измель- ченный материал активно против ветра при вставке боковых щитков. Это обеспечит оптимизированную модель распределения соломы. В дополнение к характерному управлению система производит ак- тивное распределение соломы с малой потребляемой мощностью по сравнению с ранее разработаными конструкциями.

В мировом комбайностроении наблюдается значительное повы- шение технического уровня машин за счет использования дополни- тельных сепарирующих барабанов или роторных рабочих органов для интенсификации сепарации грубого вороха, применения двух- ступенчатого воздушного потока для очистки зерна, технических систем компенсации наклона решет системы очистки зерна при работе на склонах, а также благодаря использованию электронных систем контроля и управления работой, обеспечения автоматиче- ского копирования поверхности поля жаткой, увеличения мощности двигателя, вместимости бункера, применения в конструкции леги- рованных сталей и полимерных материалов.

Анализ развития конструкций комбайнов свидетельствует о тен- денции к дальнейшему повышению их производительности и качества работы. С этой целью в традиционных комбайнах с тангенциальной молотильно-сепарирующей системой (МСС) увеличиваются линей- ные размеры рабочих органов и повышается мощность двигателя. Однако в классических конструкциях комбайнов увеличение диа- метра барабана до 800 мм и мощности двигателя до 220 л. с. не дает возможности увеличить пропускную способность, и она сохраняется на уровне 8–9 кг/с. Такие комбайны громоздкие и материалоемкие. Несмотря на то что основным фактором, ограничивающим рост пропускной способности комбайна, является недостаточная интен- сивность работы традиционных МСС, в конструкциях классиче- ских комбайнов с мощностью двигателя 170–270 л. с. применяются МСС с дополнительными барабанными соломосепараторами. Это дает возможность выделить в молотильном аппарате около 95 % зерна, а остальное (менее 5 %) сепарируется на соломотрясах. В аксиально- роторных комбайнах обмолот и выделение зерна в МСС проходит более интенсивно по сравнению с традиционными комбайнами, а уровень потерь не превышает допустимый (1,5 %).

Конструкции современных комбайнов по технологической схеме МСС подразделяются на три основных типа: классическая, ротор- ная и комбинированная.

В комбайнах с *классической* схемой обмолот и сепарация хлеб- ной массы осуществляются бильным барабаном и клавишным соломотрясом.

В *роторных* комбайнах процесс обмолота и сепарации проходит в одном органе, который одновременно обмолачивает и сепарирует

зерно. Количество хлебной массы, поступившее на обмолот, пол- ностью обмолачивается, и из нее выделяется (сепарируется) прак- тически все зерно. За счет интенсивности процесса сепарации в роторных рабочих органах обеспечиваются минимальные потери зерна даже при высокой урожайности технологических культур, повышенной влажности и засоренности. Преимуществом роторных комбайнов является обмолот с меньшей линейной скоростью бичей ротора по сравнению с классическими комбайнами, что позволяет уменьшить дробление и микроповреждение зерна, повысить его посевные качества. Большая часть зерна в роторных МСС выделя- ется за счет вытирания из колосков, а не ударом бичей, как в тра- диционных молотильных системах. По своему конструктивному исполнению различают роторные комбайны с аксиальной и тан- генциальной подачей хлебной массы на обмолот.

В *комбинированных* МСС для обмолота и сепарации хлебной массы используется классическая МСС, а сепарация грубого (соло- мистого) вороха осуществляется за счет роторных соломосепараторов с аксиальной подачей. Опыт использования комбайнов с классиче- ской схемой показывает, что основная масса потерь зерна при обмолоте зерновых приходится на зерно, которое не выделяется из соломистого (грубого) вороха, особенно при уборке высокоуро- жайных хлебов с повышенной влажностью и засоренностью. Поэтому совершенствование комбайнов классической схемы направлено на интенсификацию работы МСС за счет использования дополни- тельного ротационного соломосепаратора. Хлебная масса, которая обмолачивается молотильным барабаном, подается с помощью битера в систему ротационного сепаратора, где дополнительно отде- ляется часть зерна, которая не отсепарировалась через подбарабанье. Барабан выделяет около 90 %–92 % зерна, благодаря ротационному сепаратору выделяется еще 3 %–4 %. Таким образом, в соломе на соломотряс попадает менее 5 % зерна. Потери зерна в таком комбайне всегда будут меньше, чем в однобарабанном.

Роторный соломосепаратор имеет собственное подбарабанье, тем самым увеличивает зону принудительной сепарации зерна и обеспечивает дополнительное разделяющее действие. Это приводит к увеличению эффективности сепарации зерна из грубого вороха комбайна почти на 20 %. Процесс сепарации зерна из грубого вороха (соломы) роторным сепаратором проходит более интенсивно.

Перед тем как поступить на соломотряс, обмолоченная масса попадает в зону действия битера Straw Flow, главные задачи которого – динамическая осадка этой массы на первый каскад клавиши соломо- тряса и изменение траектории движения массы. Эффективным резуль- татом является повышение качества работы соломотряса.

В молотилках новой серии немецких комбайнов Lexion (фирма Claas) используется усовершенствованная молотильно-сепарирующая система АPS, которую фирма впервые применила в комбайнах серии МEGA. Такая система обеспечивает ускорение движения хлебной массы благодаря расположенному перед молотильным барабаном дополнительному битеру. Битер-ускоритель увеличивает скорость движения хлебной массы, и подача становится более равно- мерной. При этом увеличиваются центробежные силы, действующие на зерно, и улучшается его сепарация через решетки подбарабанья, площадь которого увеличена почти вдвое по сравнению с одно- барабанными молотильными системами.

В классических комбайнах серии Lexion для сепарации грубого вороха используются клавишные интенсивные соломотрясы. В них применяется система MSS – над клавишами располагается битер с активными пальцами, что обеспечивает более активную сепара- цию грубого вороха и выделение зерна.

Соломотряс имеет три специальные ступени, которые отводят соломистую массу от молотильного аппарата и подают ее на во- семь каскадов, где зерно выделяется из соломы. Чтобы улучшить выделение зерна на последних трех каскадах, применяется пальце- вый разрыхлитель соломы, который расположен над соломотрясом над последними тремя каскадами. Соломистая масса при движении по соломотрясу частично уплотняется, ухудшая выделение зерна из соломы. Пальцы разрыхлителя прочесывают уплотненный слой соломы и делают его более тонким и распушенным, что повышает скорость его перемещения по соломотрясу и обеспечивает сепара- цию остального зерна.

Одним из первых на европейском рынке появились роторные комбайны фирмы Case серии AF. В настоящее время фирма выпус- кает усовершенствованную модель этой серии AF 2388 и новую мощную модель AFX 8010. В конструкции этих комбайнов приме- няются однороторные МСС. Увеличение пропускной способности этих комбайнов осуществляется за счет совершенствования роторной

МСС и увеличения мощности двигателя. При этом основные кон- структивные параметры ротора – длина и диаметр – остаются неизменными. На обмолачивающей поверхности ротора, по винто- вой линии, размещены короткие бичи, которые более активно, чем сплошные, действуют на хлебную массу, разрыхляют солому и улучшают сепарацию зерна. Около половины длины цилиндра МСС, в котором расположен ротор, занимает трехсекционное под- барабанье. Здесь и происходит процесс обмолота и сепарации зерна (хлебная масса проходит несколько раз). Вторая половина цилиндра – сепарирующая зона, величина сепарирующих отверстий которой может быть изменена за счет специальных планок, которые крепятся снаружи. Внутри цилиндрической поверхности, по винтовой линии, расположены направляющие планки, которые обеспечивают пере- мещение хлебной массы в МСС. Обмолоченное зерно через корпус цилиндра падает в шнековый транспортер, расположенный непо- средственно под ним. Шнеки перемешивают зерновой ворох и по- дают его на очистку.

Получение от комбайна чистого зерна, не требующего дополни- тельной очистки, – одно из требований к современным высокопро- изводительным комбайнам, поэтому совершенствованию системы очистки в новых комбайнах уделяется значительное внимание. В конструкции систем очистки зерна (СОЗ) современных комбай- нов классической, роторной и комбинированной схем используют стрясную доску или блок шнеков для транспортировки мелкого вороха и винторешетную очистку с регулируемыми жалюзийными решетами. Воздушный поток, создаваемый вентиляторами, в новых конструкциях системы очистки разделяется на два отдельных по- тока: один обдувает зону предварительной очистки, а второй – верхнее и нижнее решета. Для того чтобы разгрузить МСС и избе- жать дробления зерна, поступающего в необмолоченных колосках с решет очистки, в комбайнах имеется автономное домолачиваю- щее устройство роторного типа. Домолоченный ворох подается непосредственно на грохот, где проходит очистку с основным потоком зерна. Верхнее и нижнее решета движутся во встречных направлениях и имеют разную длину хода. Это способствует уве- личению эффективности очистки, снижает вибрацию, предотвра- щает забивание решет соломой, а также уменьшает инерционные нагрузки на решетный стан. Верхние и нижние решета регулируют

из кабины с помощью электроники, что позволяет быстро адапти- роваться к различным видам культур. Верхнее решето – каскадного типа, обеспечивает чрезвычайно высокую производительность очи- стки зерна и уменьшает инерционные нагрузки на решетный стан.

Для создания воздушного потока в системе очистки зерна комбайнов фирмы New Holland используются 6-лопастные вентиля- торы с диапазоном оборотов от 210 до 900 мин–1, которые регули- руются из кабины с помощью компьютерной системы. Ширина лопастей соответствует ширине зоны очистки решет, что позволяет одинаково эффективно и с равной силой подавать воздушный поток любой областью вентилятора равномерно по всей ширине решетного стана.

Значительное внимание уделено дальнейшему совершенствова- нию системы очистки зерна комбайнов серии Lexion фирмы Claas. Применение трехсекционных осевых вентиляторов обеспечивает равномерное распределение воздуха по всей площади решет. Мощный вентилятор позволяет создать два потока воздуха: один направлен на поток вороха, который сходит с грохота, а другой – непосредст- венно на решета. Решета и грохот секционные, состоят из двух продольных частей. Это позволяет снимать секции решет со стряс- ной доски для очистки их от растительных остатков, что налипают при работе на увлажненных и засоренных зерновых культурах, а также на уборке кукурузы и риса.

Жатка для уборки зерновых, зернобобовых, рапса и других культур является одним из основных агрегатов, который определяет производительность и качество работы современных комбайнов. От того, как настроены основные узлы жатки – режущий аппарат, мотовило, шнек, система выравнивания и копирования поверхно- сти поля, – зависит рабочая скорость комбайна, количество потерь зерна и стабильность работы молотилки.

Большинство современных комбайнов комплектуются двумя типами жаток – стандартными и универсальными – с выдвижным столом для увеличения площади между режущим аппаратом и шнеком. Существуют определенные особенности конструкции жаток, обусловленные их назначением. Регулярная и равномерная подача технологической массы зависит от частоты хода ножей, от высоты и густоты посева технологической культуры. Конструкция комбайнов серии CX и CR обеспечивает высокую пропускную способность

при работе с любой культурой, а жатки Varifeed активно помогают в этом. Положение ножей жатки Varifeed можно изменять в диапа- зоне 0–500 мм – вперед или назад по длине платформы жатки. Эти настройки осуществляются электрогидравлическим приводом и кон- тролируются из кабины. При изменении расстояния между ножами и шнеком важная роль отводится мотовилу жатки – правильно подавать поток технологической массы и управлять им.

Жатки оборудуются универсальным мотовилом, которое может регулироваться по высоте и по выносу. Высокая скорость резания, низкая высота среза, активная работа мотовила и эффективное копирование жаткой поверхности поля обеспечивают качественное срезание хлебов, в т. ч. полеглых и засоренных. Шнек жатки имеет большой диаметр. Расположенные по всей ширине шнека пальцы исключают возможность наматывания высокостебельных растений и эффективно подают хлебную массу в наклонную камеру.

Выравнивание жатки осуществляется за счет гидропневматической системы, позволяющей поддерживать постоянную высоту срезания и предотвращать забивание режущего аппарата жатки почвой. В кон- струкции жаток предусмотрена система автоматического копиро- вания поверхности поля, что важно при уборке полеглых хлебов с низким срезом стеблей, а также для работы в хозяйствах, где каче- ство подготовки поверхности поля является недостаточным. Система автоматического копирования поверхности поля с помощью авто- матической системы контроля высоты жатки в любых условиях автоматически удерживает жатку параллельно поверхности почвы.

В случае забивания жатки или наклонной камеры механизатор, не выходя из кабины, может устранить его с помощью мощного электродвигателя, обеспечив реверс прокрутки транспортера наклон- ной камеры.

Для улучшения работы комбайна в сложных условиях режущий аппарат жатки усовершенствован за счет введения в привод ножа планетарного механизма. Это позволяет увеличить ход ножа и число двойных ходов, уменьшить массу самого ножа и самоочищающихся сегментов. Сегменты крепятся к спинке ножа при помощи болтов, что позволяет легко и быстро производить их замену.

Чтобы обеспечить работу комбайна с максимальным использо- ванием ширины захвата жатки, фирма Claas начала серийное про- изводство автоматических систем LASER PILOT управления

движением комбайна во время уборки урожая. Принцип работы этой системы построен на использовании оптического лазера, кото- рый посылает импульсы на скошенную и нескошенную часть поля. Из-за разницы во времени прохождения сигнала бортовой компью- тер учитывает положение края поля, определяет траекторию, по которой движется комбайн с максимальной шириной захвата, и автоматически вносит соответствующие коррективы относительно направления его движения.

Для уборки рапса и подсолнечника используется зерновая жатка со специальными дополнительными адаптерами, для подбора валков – полотняно-пальцевый подборщик, для уборки сои – специальная жатка с плавающим режущим аппаратом. Сбор кукурузы обеспе- чивают 4–12-рядные кукурузные приставки, которые оборудуются измельчителями листостебельной массы.

Для повышения производительности комбайны комплектуются системами информирования о потерях зерна, технологических и кинематических параметрах основных рабочих органов – оборо- тах молотильного барабана (или ротора) и зазорах в подбарабанье МСС. В конструкциях комбайнов ведущих фирм Claas, CNH, John Deer, Massey Ferguson используется элементная база высокого тех- нического уровня, являющаяся фундаментом современного сельско- хозяйственного машиностроения. Элементная база, используемая в конструкции комбайна, представлена широкой гаммой типоразме- ров (дизельных двигателей, гидравлики, электроники, трансмиссии), которые постоянно совершенствуются и имеют высокую надежность.

Несмотря на то что мировой рынок зерноуборочных комбайнов относительно стабилен, рост спроса на высокопроизводительные машины побуждает ученых и конструкторов вести поиск новых технических решений в комбайностроении, которые дали бы воз- можность повысить пропускную способность и производитель- ность, увеличить сезонную наработку и улучшить качество работы. Основными тенденциями в развитии и совершенствовании зерно- уборочных комбайнов остаются:

* повышение производительности и универсальности комбайнов за счет оптимизации процессов подачи, обмолота и сепарации поступающей массы, уровня комфортности обслуживания, удобства в эксплуатации;
* снижение до минимума потерь и травмирования зерна, а также расхода топлива;
* обеспечение устойчивости протекания технологического процесса уборки в различных агротехнических и климатических условиях;
* упрощение конструкции комбайнов за счет уменьшения их габаритов, количества приводов и точек смазки;
* повышение комфортабельности и безопасности эксплуатации;
* снижение отрицательного воздействия на почву путем умень- шения удельного давления на нее, а также внедрения привода на все колеса;
* широкое применение современных систем автоматизации управления и контроля технологических процессов на базе элек- тронных вычислительных устройств, вплоть до спутниковых систем определения координат комбайна для подсчета убранной площади и средней урожайности отдельных участков полей;
* максимальная приспособленность конструкций жаток к уборке целого ряда культур, что позволяет уменьшить количество жаток и адаптеров для эффективного использования комбайнов.

Основная масса потерь зерна комбайнами с барабанными моло- тильными аппаратами приходится на зерно, которое не выделяется из соломистого вороха. В основном это наблюдается во время уборки высокоурожайных хлебов или хлебов с повышенной влаж- ностью и засоренностью. Главная причина таких потерь – быстро- течность процесса обмолота хлебной массы и сепарации зернового вороха в молотильно-сепарирующем устройстве барабанных моло- тильных аппаратов комбайнов.

В роторных комбайнах обмолот хлебной массы и сепарация зернового вороха проходят в едином рабочем органе, который одновременно обмолачивает и полностью сепарирует зерно из хлеб- ной массы. При работе комбайна хлебная масса подается наклон- ным транспортером с жатки в роторное молотильно-сепарирующее устройство (МСУ), где перемещается по спирали в осевом направ- лении бичами и направляющими, размещенными на поверхности подбарабанья, сепарирующей решетке и верхней части глухого цилиндрического кожуха, в котором вращается ротор. Обмолот производится в результате трения и центробежного воздействия рабочих элементов молотильно-сепарирующего устройства на хлеб- ную массу, проходящую в направлении, параллельном оси ротора. При одинаковых габаритах комбайнов зона обмолота хлебной массы в роторном МСУ увеличивается в 4,5–5,5 раза. За счет этого время

пребывания хлебной массы в молотильном зазоре и количество воздействий на хлебную массу в роторных МСУ в 4–10 раз больше, чем в барабанных, но интенсивность механических воздействий уменьшена. Это способствует снижению как потерь, так и травми- рования зерна. Благодаря интенсивности процесса сепарации в ро- торных молотильно-сепарирующих устройствах обеспечиваются минимальные потери зерна даже при высокой производительности. Преимуществом роторных комбайнов является обмолот хлебной массы при мягком режиме работы МСУ, что уменьшает дробление и травмирование зерна и дает возможность повысить его посевные и товарные качества. Большая часть зерна в роторных МСУ выде- ляется благодаря вытиранию их из колосков, а не ударом бичей, как в барабанных МСУ.

Простота конструкции, ее надежность и высокая произ- водительность – характерные признаки роторных молотильно- сепарирующих устройств, обеспечивающих мягкий режим обмолота. Конструкция выполнена так, что каждый последующий элемент ротора и подбарабанья обеспечивают «растягивание», а не сжатие, даже влажной и засоренной хлебной массы, тем самым предотвра- щая ее скручивание в жгуты и забивание. Такая система подачи хлебной массы обеспечивает равномерную загрузку роторного МСУ. При прохождении хлебной массы через роторное МСУ она не прессуется, а разрыхляется, вследствие чего уменьшаются затраты мощности на обмолот и снижается травмирование зерна. Использование роторных МСУ дает возможность применить два параллельных, аксиально расположенных ротора, что позволяет разделить общий поток массы на два с целью лучшей сепарации и повышения производительности. В роторных МСУ от соломы отделяется не менее 99 % зерна. Соломистая часть вороха выбра- сывается из ротора(ов), а зерновой ворох поступает на очистку. Поэтому соломотряс становится ненужным, размеры комбайна уменьшаются, конструкция упрощается. Таким образом, разработка роторных МСУ является значимым инновационным техническим решением в комбайностроении, позволившим существенно повы- сить производительность и упростить конструкцию комбайнов, уменьшить травмирование зерна при обмолоте.

Роторная система обмолота обеспечивает высокую производи- тельность даже при самых тяжелых условиях эксплуатации благо-

даря большой длине ротора, его загрузке на 360°, иной ориентации бичей, гидростатическому приводу ротора, обеспечивающему бес- ступенчатое регулирование частоты его вращения, и наличию реверса для устранения забивания хлебной массы, а также прямой выгрузке массы и отличной приспосабливаемости ротора к различ- ным условиям уборки. Ротор использует одну движущуюся часть для обмолота и сепарации по сравнению с шестнадцатью в обыч- ном комбайне с соломотрясом.

Преимущества комбайнов с роторным молотильно-сепарирующим устройством:

* компактность и уменьшение количества приводных устройств;
* низкое расположение центра тяжести;
* хороший доступ к молотильно-сепарирующему устройству;
* возможность увеличения емкости бункера для зерна;
* широкое применение гидроприводов;
* надежность работы на склоновых полях, т. к. обмолачиваемая масса перемещается вдоль ротора, а зерно сепарируется под дейст- вием центробежных сил;
* повышенная в 1,5–2,0 раза производительность МСУ, которая практически не зависит от способа уборки.

Уменьшение количества сложных технических решений, тради- ционно подверженных повышенному износу, эффективная ротор- ная система обмолота, бережная обработка урожая на всех рабочих стадиях – все это позволило роторным комбайнам занять лиди- рующие позиции на рынке. Кроме того, роторные комбайны более приспособлены к уборке кукурузы, сои и подсолнечника, чем ком- байны с классической схемой МСУ.

Эффективна система очистки зерна с динамическим уравнове- шиванием и турбинным вентилятором, создающим два потока. Первый выделяет легковесные примеси из вороха, сепарируемого в МСУ, а второй – на решетах за счет равномерного распределения воздушного потока по их площади. Равномерность распределения воздушного потока по площади решет достигается тем, что забор воздуха этим вентилятором осуществляется по всей ширине турбины.

К инновационным направлениям следует отнести и автоматизацию технологических и производственных процессов уборки сельско- хозяйственных культур с применением современных информационных технологий, синхронизацией частоты вращения МСУ со скоростью движения комбайна, реверсом с помощью гидромотора вращения

рабочих органов жатки с управлением из кабины. На жатках уста- навливаются режущие аппараты с дополнительной верхней проти- ворежущей пластиной и планетарным приводом ножей фирмы Schumacher. Режущая система включает секционный нож, двойные пальцы и планетарный привод ножа. Сегменты изготавливают и закаляют по специальной технологии, причем закаливают весь сегмент, а не только режущие кромки. В отличие от режущих аппа- ратов традиционного типа, в аппаратах фирмы Schumacher сегменты соединяют со спинкой ножа не заклепками, а специальными бол- тами с конусной накаткой на стержне. При затяжке вследствие смятия накатки стержень такого болта плотно входит в отверстие, обеспечивая надежное крепление сегмента и возможность его бы- строй замены в полевых условиях. Высокая скорость перемещения ножа позволила увеличить рабочую скорость комбайна до 12 км/ч и тем самым повысить его производительность. В конструкции комбайна предусмотрена постановка механизма автоматического копирования рельефа поля в продольном и поперечном направле- ниях «Автоконтур». Изменена конструкция башмаков жатки, что позволяет использовать их как сенсоры для системы «Автоконтур». На жатке предусмотрен механизм для быстрого подсоединения к комбайну без применения инструментов в течение 5 мин. Комбайн комплектуется высокопроизводительными адаптерами для уборки кукурузы (8, 12 рядков), подсолнечника (8, 10, 12 рядков). С приме- нением дополнительных приспособлений может убирать рис, горох, сою, рапс, семенники трав и другие культуры. При уборке стелю- щихся культур и полеглых хлебов применяют стеблеподъемники.

Фирма John Deere (США) поставляет сельскохозяйственным производителям роторные комбайны серии SТS (модели 9570, 9650, 9660, 9670, 9760, 9770, 9860, 9870, 89601, 95601 и 98801).

Комбайны имеют одинаковую принципиальную компоновку рабо- чих органов. Наиболее производительными из них являются ком- байны 9880 8Т8 и 86901. На них установлены шестицилиндровые дизельные двигатели мощностью 347 и 395 кВт с усилением мощ- ности для получения дополнительного крутящего момента и до- полнительной мощности при работе в сложных условиях или выгрузке зерна на ходу для сохранения режимов работы рабочих органов комбайна и скорости перемещения. Двигатели оснащены турбонаддувом, охладителем наддувочного воздуха, топливными

насос-форсунками, четырьмя клапанами на каждый цилиндр в системе газораспределения и электронной системой регулирования впрыска топлива.

Стабильную подачу массы в молотильно-сепарирующее устрой- ство обеспечивает наклонная камера, которая великолепно справ- ляется с неравномерным потоком материала, превращая его на входе в зону обмолота в равномерный и однородный слой. Наклонная камера расположена под малым углом к молотильно-сепарирую- щему устройству, благодаря чему срезанная масса направляется в зону обмолота без резких изгибов, при этом отсутствуют острые углы, замедляющие поток материала. Увеличенная длина наклонной камеры обеспечивает хороший обзор рабочей зоны жатки. Подача хлебной массы к МСУ осуществляется цепочно-планчатым транс- портером. На комбайнах фирмы John Deere может использоваться привод наклонной камеры с фиксированной частотой вращения вала привода транспортера 520 мин–1 или многоскоростной привод. Многоскоростной привод наклонной камеры, предназначенный для работы с любыми культурами, позволяет выбрать одну из пяти ско- ростей транспортера из кабины оператора во время движения. Для оптимального высвобождения хлебной массы и ее вспушивания расстояние между пластинами в зоне сепарации больше, чем в зоне обмолота. Данное решение не только улучшает обмолот и сепара- цию, но и требует меньших затрат мощности, снижает расход топ- лива за счет рационального продвижения хлебной массы от входа к выходу и повышает уровень «грохочения», уменьшает вероятность образования соломистых жгутов, не требует регулировки положе- ния направляющих. Рифы молотильных элементов и направляю- щие в кожухе способствуют равномерному прохождению массы и повышению общей эффективности процесса обмолота. На выходе из молотильно-сепарирующего устройства солома подается к раз- грузочному битеру, под которым установлена дека. Обмолоченный зерновой ворох сепарируется через подбарабанья МСУ и деку раз- грузочного битера и подается на очистку.

Какими бы высокопроизводительными ни были системы среза, подачи и обмолота хлебной массы, комбайн не будет работать по-настоящему эффективно при перегруженной системе очистки. Система очистки состоит из транспортирующих шнеков, решета грубой очистки, верхнего и нижнего решет, вентилятора и меха-

низмов привода всех рабочих элементов очистки. Транспортирующие шнеки, расположенные под обмолачивающей зоной МСУ, переме- щают материал к системе очистки. Глубокие витки шнека обеспечи- вают равномерную подачу материала к системе очистки при уборке различных сельскохозяйственных культур, особенно при работе на склонах и в условиях повышенной влажности. Высокая эффек- тивность шнеков заметна при уборке высокоурожайных культур, например кукурузы, но в то же время шнеки больше травмируют зерно. Установленные за шнеками перегородки обеспечивают равно- мерную загрузку решета грубой очистки и соломоизмельчителя.

Зерноуборочные комбайны машиностроительного концерна CHN, в который входят фирмы Case IH и New Holland, первыми полностью перешли на производство однороторных комбайнов. Они предлагают потребителям семь моделей, одна из которых – рисоуборочная (АР 2399). Из зерноуборочных моделей наибольшее распространение получили АF 2388, АFX 7010, АFX 8010 и АFX 9010. Вторая фирма выпускает двухроторные комбайны СR 9060, СR 9070, СR 9080, СR 9090, СR 9070 Elevation и СR 9080 Elevation (марки- ровка «Elevation» указывает на оснащение их более мощным двигателем и автоматической системой загрузки молотилки IntelliCruise, что позволяет повысить производительность на 10 %). Комбайны оснащены двигателями Iveco Cursor; модель АБ 2388 имеет электронную систему подачи топлива Common Rail, осталь- ные – насос-форсунку. Фирма Сase IH – первопроходец в произ- водстве роторных комбайнов. Первый роторный комбайн был освоен более 50 лет назад. Богатый опыт и технологические инно- вации воплотились в модели АБ 2388.

### Современные тенденции развития машин для заготовки кормов

Способам и средствам механизации для заготовки кормов в миро- вой практике уделяется особое внимание. Об этом свидетельствует производство фирм – изготовителей кормоуборочной техники, кото- рое можно объединить по основным направлениям: машины для уборки кормов, кормоуборочные комбайны, транспортные и погру- зочные средства, хранение и консервирование кормов. Основными машинами для скашивания трав являются различные виды косилок с кондиционерами или плющильными вальцами. Практически все

ведущие фирмы (Claas, Deutz-Fahr, JF Stol, Krone, Kuhn, Fella, Poettinger, Lely, Ziegler, New Holland, John Deere, Kverneland и др.) изготавливают в основном комплексы машин, а некоторые фирмы – отдельные машины или приспособления для реализации современ- ных способов (технологий) заготовки кормов из трав – сена, сенажа, силоса, включая упаковку в полимерные рукава, сетку и пленку.

Наблюдается тенденция дальнейшей интенсификации процессов заготовки и повышения качества кормов путем применения соз- данных для этой цели высокопроизводительных и энергонасыщенных кормоуборочных машин, оснащенных специальными дополни- тельными устройствами и приспособлениями. Особое внимание фирмы уделяют вопросам надежности машин: создают конструкции, адаптивные к условиям эксплуатации, применяют материалы с осо- быми свойствами и специальные (закрытые) технологии изготовления.

Фирмы создают кормоуборочные машины и агрегаты на базе апробированных, отработанных и освоенных в производстве тех- нических решений, а также новых внесенных в конструкцию усо- вершенствований, дополнений и изменений. Для скашивания трав зарубежными фирмами создана широкая гамма косилок, которые можно сгруппировать по типу рабочих органов, агрегатированию, ширине захвата, оснащению дополнительными приспособлениями, защите рабочих органов.

Ротационные рабочие органы получили массовое распространение, их применяют в конструкциях косилок все фирмы, ограниченное применение имеют сегментно-пальцевые, в основном для косилок, работающих на приусадебных участках, дачах и др. Агрегатируются косилки с тракторами, выполнены в навесном и прицепном испол- нениях. Наибольшее распространение имеют навесные косилки. Ширина навесных косилок колеблется от 2 до 4 м. Подавляющее большинство имеет ширину захвата от 2,6 до 3,2 м. Рабочие скорости доведены до 20 км/ч благодаря высокой окружной скорости ножей (90–95 м/с), широко применяются гидропневматические устройства, регулирующие поддержание давления режущего бруса на почву.

Под заказ косилки поставляются с дополнительным оборудова- нием: для работы со злаковыми травами устанавливают бильно- дековый плющильный аппарат, а для работы с бобовыми – вальцовые плющильные аппараты. Такое оснащение позволяет ускорить про- вяливание (сушку трав), существенно сократить потери при уборке

бобовых трав и улучшить качество корма. Косилки выполнены в основном в прицепном исполнении с поворотным дышлом, это обеспечивает челночное движение косилочного агрегата и повышение производительности. Эти косилки оснащаются унифицированными аппаратами с навесными кондиционерами или плющильными аппаратами. Ширина захвата этих косилок колеблется от 3,0 до 6,2 м. Фирмы повышают производительность косилок путем увеличения рабочей ширины захвата с использованием модулей навесных косилок. Фирмы Fella, Krone, Claas предлагают блочно-модульные косилки с шириной захвата до 9 м. Фирмами Krone, Claas созданы тракторные широкозахватные блочно-модульные косилки с шириной захвата от 7,4 до 10,0 м.

Фирмой Fella разработана барабанная косилка с верхним приводом рабочих органов (по типу Е-721 «Фортшритт»). Такая конструкция обеспечивает хорошее копирование почвы и позволяет формиро- вать укладку массы в валки на угодьях с низкой урожайностью.

Самоходный косилочный комплекс Big M, разработанный фирмой Krone, имеет ширину захвата больше 9 м и может работать на скорости до 20 км/ч. Машина экономически выгодна только при больших объемах работ (нагрузке не менее 20 тыс. га).

В мировой практике для заготовки высококачественных кормов из трав полностью перешли на выполнение ворошения и сгребания трав с помощью однооперационных машин – ворошилок и граблей. Фирмы производят ворошилки роторного типа, как наиболее эффек- тивные на ворошении трав.

Для различных условий применения ворошилки различаются только шириной захвата, которая варьируется в пределах от 3 до 20 м. Широкозахватные ворошилки (свыше 4,0 м) выполняются со скла- дывающейся рамой и агрегатируются с тракторами в навесном, полуприцепном или прицепном виде. Этот вид кормоуборочных машин на протяжении последних лет практически не изменился, по- этому существенных особенностей в его конструкции не выявлено.

Повышение производительности и качества уборочных работ, снижение потерь кормов – основная задача фирм, производящих грабли. Наибольшее распространение в мировой практике получили роторные грабли, а для работы с бобовыми травами фирмы Krone и Claas предлагают колесно-пальцевые, аналогичные граблям, выпус- кавшимся в 70–80-х гг. XX в. Повышение производительности

достигается увеличением ширины захвата и рабочих скоростей. Также созданы грабли мотовильного типа с передней или задней навеской.

Роторные грабли с шириной захвата от 3 до 19 м представлены в виде одно-, двух-, четырех- и шестироторных машин. Каждый ротор любой фирмы содержит 13 граблин, а колесный ход и подвеска к раме обеспечивают копирование и высококачествен- ное сгребание трав при рабочих скоростях до 15 км/ч. Надежные и высокопрочные граблины для заводов производятся в Хорватии. Новинкой являются широкозахватные валковые грабли ROC, тип RT совместного производства Италии, США и Колумбии с рабочей шириной захвата от 7,3 до 12,2 м. Состоят из отдельных подбор- щиков, управляемых независимых гидроприводов и основного поперечного транспортера. В транспортном положении ширина агрегата составляет от 2,5 до 5,0 м. Прицепные агрегаты позволяют формировать валок с одной или двух сторон одновременно по ходу движения трактора. Такая гибкость дает возможность перемещать массу в зону, где будет сформирован валок, обеспечивающий хорошее провяливание травы. По мнению представителей фирмы- изготовителя, идеально подходят для сгребания бобовых трав, могут использоваться для сгребания пожнивных остатков сельско- хозяйственных культур.

Рулонные пресс-подборщики можно разделить на следующие виды: с постоянной камерой прессования (рулон размером 1,2×1,2, 1,2×1,5 м) и с изменяемой (рулон размером от 1,0×1,5 м). Большинство рулонных пресс-подборщиков оснащены механизмами для измель- чения корма и обвязки рулонов сеткой или шпагатом. Развивается направление обмотки рулонов пленкой в одном агрегате. Конст- рукции рулонных пресс-подборщиков совершенствуются с целью повышения плотности прессования путем применения усиленных прессующих узлов. Фирма Krone оснащает свои пресс-подборщики новым подбирающим механизмом, особенность которого состоит в том, что он не имеет копирующих беговых дорожек для граблин, число которых по сравнению с аналогами также увеличено, что позволило упростить конструкцию и повысить надежность. Ряд фирм изготавливает пресс-подборщики для прессования кормов в прямо- угольные крупногабаритные тюки. Машины этого типа в сравнении с рулонными пресс-подборщиками обеспечивают большую плотность прессования, тюки более компактно укладываются в хранилищах,

легче осуществляется раздача корма животным. Широкое распро- странение в мировой практике получило направление заготовки травяных кормов, запрессованных в тюки или рулоны с упаковкой в пленку. Этот способ позволяет заготавливать травяные корма высокого качества и с минимальными потерями.

Практически все производители пресс-подборщиков выпускают также комбинированные агрегаты, осуществляющие прессование кормов и одновременно обмотку рулонов, тюков пленкой. Для ин- тенсификации повышения плотности прессования все пресс- подборщики оснащаются доизмельчителями массы. Для дополне- ния ранее выпущенных пресс-подборщиков выпускаются незави- симые упаковщики в пленку или сетку. Для транспортировки рулонов используются самозагружающиеся транспортировщики. Для экономии времени при загрузке транспортировщиков тюков применяют тележки-накопители вертикального или горизонталь- ного накопления.

Стремительное развитие сельского хозяйства в Европе и Америке потребовало от фирм быстрой реакции на новые требования сельско- хозяйственных производителей. Наибольшее распространение полу- чили кормоуборочные комбайны, выпущенные фирмами Krone, Claas в Европе, New Holland в США. Комбайны с точно устанавливаемой длиной резки Big X являются самыми мощными сельскохозяйст- венными машинами. Основные их особенности:

* шесть подпрессовывающих вальцов для лучшего качества из- мельчения;
* широкий измельчающий барабан (800 мм);
* диаметр барабана (660 мм) обеспечивает самый плавный ход;
* крекер (плющилка) с диаметром вальца 250 мм для обработки зерна;
* серийная система автоматического распознавания степени зре- лости и настройки длины измельчения.

Комбайны этой серии оснащены ручьевыми широкозахватными жатками от 6,0 до 10,5 м, подборщиками валков трав и травяной жаткой с шириной захвата 6 м. Наличие крекера позволяет доиз- мельчать-расплющивать зерна и стебли кукурузной резки любой длины. Такая обработка в итоге гарантирует прибавку животно- водческой продукции. Подобной системой измельчения оснащены также комбайны фирмы New Holland, однако их конструктивное

отличие состоит в том, что при уборке трав плющильное устройство отводится из ниши измельчения без демонтажа. В комбайнах Big X плющилка подлежит демонтажу. Система автоматического распо- знавания степени зрелости и настройки длины измельчения гаран- тирует заготовку высококачественного корма с минимальными потерями (утечки сока). Технологии изготовления ножей измель- чающих аппаратов, материалов и технологий упрочнения силосо- проводов тщательно скрываются фирмами-изготовителями. Фирмы ведут работы по расширению области применения кормоуборочных комбайнов. Так, фирма Krone разработала приставку к комбайну Big X для уборки и измельчения кустарника. Комбайн с приставкой может срезать и измельчать в щепу кустарник диаметром до 17 см с погрузкой в транспортное средство.

Интерес представляют разработанные навесные кормоуборочные комбайны. Их применяют для уборки кукурузы на силос или зеле- ную подкормку. Применение этих машин позволяет заготавливать корм ежедневно в небольших количествах. Комбайн востребован небольшими фермами и хозяйствами.

Создание и применение высокопроизводительных кормоубо- рочных комбайнов типа Big X, New Holland, «Ягуар» (часовая про- изводительность – до 400 т) требуют соответствующих средств механизации для отвозки измельченной массы, поэтому к машинам для перевозки кормов и других сельскохозяйственных грузов предъявляются требования, связанные с показателями грузоподъ- емности, конструкцией ходовых систем и другими параметрами. Изготавливают прицепные и самоходные транспортные средства. Наиболее распространены тракторные прицепы и полуприцепы самосвальные и саморазгружающиеся с подвижным дном или стенкой. Фирма Bergmann создала самоходные машины с емкостью кузова до 30 т груза. Ходовые системы выполнены двух, трех- и четырехосными. Многоосные выполнены поворотными. Развивается направление оснащения этих машин дополнительным сменным оборудованием. Разработано оборудование для внесения органиче- ских удобрений и компостов, дозированной выгрузки силосной, сенажной или зеленой массы. Фирмами Krone, Poettinger и др. созданы самозагружающиеся полуприцепы, которые оснащаются дозаторами. Эти полуприцепы осуществляют подбор массы из валков, измельче- ние и уплотнение ее в кузове. Выгрузка осуществляется донным

транспортером. Наличие дозаторов позволяет выгружать корм равно- мерно. Появление крупнотоннажных, самоходных, специализиро- ванных машин, в первую очередь для перевозки кормов, транспор- тировки и внесения навоза в сухом или жидком видах и других сельскохозяйственных грузов обусловлено дальнейшей интенсифи- кацией развития сервисного обслуживания сельскохозяйственного производства. Эти машины созданы на базе многофункциональных самоходных шасси, оснащаемых сменным оборудованием для работы с соответствующим грузом. Этот вид техники разработан многими фирмами, среди них ведущими являются New Holland, Parmiter, Bressel und Lade, Fliegl, Holares. Существуют различные приспо- собления к фронтальным погрузчикам, позволяющие механизиро- вать операции погрузки и выгрузки любых видов кормов. Сменные приспособления разработаны в виде типоразмерных рядов по грузо- подъемности применительно к соответствующим типам тракторов и специализированным самоходным шасси. Грузоподъемность варьируется от 100 до 10 000 кг. Приспособления, ковши для вы- грузки силосной или сенажной массы из траншейных хранилищ позволяют осуществлять погрузку без нарушения монолита корма путем вырезки и отделения корма в виде блоков. Для этого ковши оснащают активными и пассивными кормоотделителями.

Традиционная схема кормоуборочного комбайна предусматривает сменные рабочие адаптеры для скашивания или подбора различных кормовых культур, измельчающий аппарат, швырялку с силосо- проводом, ходовую часть, двигатель (в самоходных машинах). Комбайны малого класса с потребляемой мощностью до 100 кВт главным образом являются прицепными и полунавесными маши- нами, а комбайны среднего и высшего классов с мощностью более 150 кВт – самоходными. Кроме того, современные комбайны имеют ряд новых систем и устройств – доизмельчающий аппарат для заго- товки кормов в поздней фазе спелости кукурузы, металлодетектор и устройство для обнаружения неметаллических твердых посто- ронних предметов, автоматическое заточное устройство, электронный терминал для управления технологическим процессом и контроля. Кормоуборочные комбайны классифицируются:

* по мощности привода: комбайны малого класса – до 100 кВт,

среднего – 100–200 кВт, энергонасыщенного – 200–300 кВт, сверх- мощного класса – 300–400 кВт и более;

* + по способу агрегатирования: прицепные, навесные, полуна- весные, самоходные;
  + по типу измельчающего рабочего органа: барабанные, дисковые.

Большинство комбайнов оборудуется барабанными измельчите- лями, которые отличаются от дисковых геометрическими размерами, количеством и типом ножей, частотой их вращения. Увеличение ширины барабана позволяет увеличить площадь сечения приемной горловины и повысить производительность комбайна. Все послед- ние модели измельчающих аппаратов оборудуются автоматической системой заточки ножей и электрогидросистемой регулирования зазора между ножами барабана и противорежущей пластиной. Самый питательной силос получают из кукурузы при уборке в фазе восковой спелости, однако при переработке кукурузы обычными измель- чающими аппаратами зерно остается неизмельченным, поэтому не полностью переваривается в желудке животных. Чтобы обеспечить полное использование наиболее ценной зерновой фракции кукурузы, современные кормоуборочные комбайны оборудуют различными дополнительными устройствами. Дисковые измельчители устанавли- ваются на комбайнах, которые агрегатируются с универсальными энер- гетическими средствами, где требуется малый габарит измельчителя по длине. Это комбайны серии «Чемпион» фирмы «Кемпер» (Австрия), КПК-3000 из состава комплекса К-Г-6 «Полесье» («Гомсельмаш»).

На перспективу в производстве сохраняются два вида измель- чающих аппаратов: барабанный (на комбайнах практически всех типов, кроме полунавесных) и дисковый (на полунавесных комбайнах). С учетом современного развития кормопроизводства наиболее вос- требованы секционные измельчающие барабаны (комбайны «Ягуар» фирмы Class (Германия), «Маммут» фирмы Case (США)). Ножи изготавливаются с предварительным заострением («Ягуар») или могут быть самозатачивающимися (комбайны фирмы John Deere (США)). Для заточки ножей внедрены автоматические устройства с гидроэлектроприводом (при обратных оборотах барабана). Комбайны оборудуются активными доизмельчающими устройствами (не исключая поддон-терку). Для обеспечения высокой технической надежности измельчающих аппаратов комбайны в обязательном порядке оборуду- ются устройствами для обнаружения посторонних твердых предметов. В качестве сменных адаптеров комбайнов используются:

* + подборщики для подбора провяленных скошенных трав во время заготовки сенажа;
* жатки для кошения низкостебельных травяных культур (высотой до 1,5 м) для кормления животных;
* жатки для уборки высокостебельных культур (кукурузы, сорго, суданской травы и др.) во время заготовки силоса.

Все подборщики имеют преимущественно одинаковую конст- рукцию и состоят из подбирающего механизма, шнека, устройства для копирования рельефа поля и привода. Подборщики всех из- вестных конструкций имеют подбирающий механизм барабанного типа. Для повышения технического уровня подборщиков кормо- уборочных комбайнов ведущие зарубежные фирмы проводят сле- дующие усовершенствования:

* внедряют копировальные устройства в виде копировальных колес («Ягуар», «Маммут»);
* отказываются от боковых ограждений шнека (John Deere, Heston);
* применяют типоразмерные ряды подборщиков (с разной шири- ной захвата).

Традиционной остается используемая практически на всех ком- байнах конструкция жатки для уборки низкостебельных культур с сегментно-пальцевым режущим аппаратом. Вместе с тем начато применение ротационного скашивающего аппарата (немецкая фирма Krone). Дальнейшее улучшение конструкции предполагает- ся путем совершенствования кинематики привода рабочих органов с применением гидростатического привода, повышения технологи- ческой надежности на кошении полеглых трав, уменьшения потерь за счет совершенствования механизма копирования поверхности поля. Жатки для уборки высокостебельных культур, которыми комплектуются кормоуборочные комбайны, бывают трех типов – платформенные, барабанные и ручьевые. Платформенные могут использоваться для уборки кукурузы, посеянной как рядковым, так и сплошным способом. Жатка состоит из платформы с транспорте- ром, мотовила, шнека и режущего сегментно-пальцевого аппарата нормального резания. Такие жатки имеют ряд серьезных недостат- ков: техническая ненадежность, высокая по сравнению с другими типами жаток удельная металлоемкость, значительные потери листьями и кочерыжками от обивания мотовилом, низкое качество выполнения технологического процесса. Питающий аппарат таких жаток не обеспечивает подачи стеблей кукурузы перпендикулярно плоскости резания.

В Западной Европе и США широкое распространение приобрели ручьевые жатки, предназначенные для кошения кукурузы, высеянной рядковым способом. Эти жатки по сравнению с платформенными имеют ряд преимуществ: способны скашивать кукурузу любой высоты, имеют в 1,5–2,0 раза меньшую металлоемкость, меньшие потери початков. Технически они достаточно надежны, поскольку все рабочие органы являются вращательными и знакопеременные линейные ускорения отсутствуют. Использование таких жаток тре- бует соблюдения агротехники выращивания кукурузы (на значи- тельно засоренных посевах кукурузы эффективность применения жаток снижается). Кроме того, конструкция жатки позволяет косить лишь при определенной ширине междурядий. Жатки могут оборудоваться подающими аппаратами с резиновыми ремнями, но в большинстве жаток в роли подающих транспортеров исполь- зуются цепные контуры с захватами. Срезающий аппарат может быть выполнен в виде двух ножей (подвижного и неподвижного) или в виде диска.

В течение последних лет получили распространение барабанные жатки. Они, как и платформенные, могут собирать кукурузу, посеян- ную рядковым или сплошным способом, но имеют ряд преимуществ:

* + возможность уборки кукурузы любой высоты;
  + меньшие потери кочанами, поскольку отсутствует мотовило;
  + обеспечение направленной подачи стеблей кукурузы в пи- тающий аппарат комбайна, что позволяет осуществлять подпрес- совку упорядоченного слоя кукурузы и улучшить условия резки;
  + независимость работы жатки от ширины междурядий. Дальнейшее развитие конструкций жаток для скашивания высоко-

стебельных культур прогнозируется по следующим основным направлениям: совершенствование конструкций барабанных жаток, которые являются универсальными для кошения кукурузы незави- симо от способа ее посева; повышение технической и технологиче- ской надежности путем разработки новых и совершенствования конструкций существующих ручьевых жаток.

Современный этап развития кормоуборочной техники характе- ризуется широким применением новейшей элементной базы, гидроавтоматики, электроники, прогрессивных конструкционных материалов, внедрением совершенной механики. Анализ тенден- ций развития конструкций машин, выполненный по результатам

исследований и испытаний, ознакомления с экспонатами между- народных выставок и другими информационными материалами, показал, что повышение эффективности использования техники, обеспечение высокого качества продукции, экономия топлива дос- тигаются за счет:

* увеличения ширины захвата машин и мощности энергосредств;
* увеличения рабочих и транспортных скоростей;
* применения экономичных двигателей, что обеспечивает сни- жение удельных расходов топлива;
* широкого внедрения электронных систем управления техно- логическими операциями и их контроля;
* применения многооперационных и универсальных машин;
* сокращения времени технического и технологического обслу- живания;
* улучшение условий труда механизаторов.

В перспективе главным направлением стратегии развития машин для кормопроизводства должна стать разработка интеллектуального поколения машин, которые будут иметь высокую техническую и технологическую надежность и будут оснащены системами авто- матизации для контроля и оптимизации выполняемых технологи- ческих процессов. Сокращение потерь и повышение качества кормов зарубежные фирмы решают путем создания комплексов машин для упаковки кормов в пленку и полимерные рукава.

Например, фирмой Metal-fach разработан комплекс, состоящий из ряда рулонных пресс-подборщиков и обмотчиков рулонов в пленку (Z-552, Z-560, Z-561), а также захваты с фронтальными погрузчиками. Кроме того, имеются самозагружающиеся обмотчики типа Z-577. Это комплекты самых простых механизмов. Более сложные – ком- бинированные, совмещающие прессование и обмотку в пленку тюков или рулонов. Австрийская фирма Göweil Maschinenbau разработала комбинированный пресс-обмотчик «ЛТ-Мастер». Новая машина имеет высокую производительность и служит для прессования в рулоны и упаковки в сетку или пленку кукурузы, сена, смесей трав и люцерны.

### Современные тенденции развития машин для уборки картофеля

Применяют два основных способа уборки картофеля – картофеле- копателями и картофелеуборочными комбайнами. При первом

способе картофелекопателем подкапывают пласт почвы с клубнями картофеля, частично отделяют клубни от почвы и укладывают их вместе с растительными остатками на поверхности поля. Клубни картофеля подбирают вручную. При втором способе комбайн под- капывает пласт почвы вместе с клубнями, отделяет их от почвы, очищает от примесей, собирает в емкость и загружает в транспортное средство. Способ уборки картофеля выбирают в зависимости от почвенно-климатических условий и наличия средств механизации.

Фирма Grimme (Германия) является передовым мировым произ- водителем техники для уборки картофеля. Самоходный картофеле- уборочный комбайн Grimme SE 150-60 имеет высокие производ- ственные и эксплуатационные показатели. Для лучшей маневренности подкапыватель локализован в боковой части, что продлевает срок его службы за счет защиты от деформаций и повреждений. При необходимости комбайн может оснащаться адаптерами для уборки лука и других овощей. Основные технические показатели комбайна: количество убираемых рядов – 2; производительность за смену 6–10 га; вместимость бункера накопителя – 7500 кг; максимальная погру- зочная высота – 4 м; мощность двигателя – 330 л. с.

Наблюдается рост общего количества машин для уборки, после- уборочной обработки и подготовки к продаже картофеля и овощей, в т. ч. однотипных. На картофелеуборочных комбайнах повышение производительности и качества работы достигается благодаря совершенствованию их технологических схем на основе блочно- модульной компоновки, увеличению сепарирующих площадей эле- ваторов и конвейеров, вместимости бункеров-накопителей, приме- нению выносной сепарации. С целью уменьшения повреждения клубней выпускаются картофелеуборочные комбайны с боковым расположением выкапывающих органов, а некоторые фирмы про- изводят многофункциональные машины, которые с помощью незна- чительных изменений можно использовать для уборки ранних овощей, моркови, столовой свеклы. В картофелеуборочных машинах с аксиальными роликовыми сепараторами адаптирована интенсив- ность работы в различных эксплуатационных условиях, прежде всего заменой роликов. Фирма Grimme разработала конструкцию сепаратора, в котором благодаря эксцентрической установке конвей- ерные ролики можно плавно регулировать по высоте в модуле (блоке)

VarioRS разделителя в зависимости от условий работы и подачи. Изменение зазора роликов без любых необходимых инструмен- тальных средств дает возможность адаптировать интенсивность сепарации применительно к влажности почвы, форме клубней и размеру, а также скорости подачи. Благодаря этому механическое повреждение клубней картофеля и их потери могут быть сокращены. Фирмой Grimme предлагается также гидравлическая стабилизация глубины с интегрированным регулированием давления для карто- фелеуборочной двухрядной машины Terra-Control. Пределы глубины хода рабочих органов в клубненосном слое регулируются двумя гидравлическими цилиндрами, связанными с барабанами так, чтобы было возможно сохранить минимальную глубину подкапывания даже

при изменяющихся эксплуатационных условиях.

Фирмой WM Kartoffeltechnik выполнена двухрядная картофеле- уборочная машина с оптимизированным весом – двухрядный боковой копатель WM 8500, масса которого меньше, чем массы известных машин с такой же емкостью бункера. Так обеспечивается экономия топлива и предохраняется от уплотнения почва. Машина имеет самую высокую емкость бункера в этом классе (8,5 т), является почво- сберегающей и соответствует установленной законом максимальной транспортной ширине (3 м).

### Современные тенденции развития машин для уборки сахарной свеклы

В машинах для уборки корнеплодов сахарной свеклы сохраняется тенденция повышения производительности и качества работы путем совершенствования и разработки новых конструкций узлов и рабочих органов, а также применения наиболее эффективных способов уборки с учетом конкретных почвенных и хозяйственных условий. Повышение производительности этих машин осуществляется за счет увеличения рабочей скорости и ширины захвата, уменьшения непроизводительных затрат времени, внедрения автоматического вождения машины по рядкам, электронного контроля и регулиро- вания рабочего процесса, повышения маневренности и проходимости при использовании рациональных кинематических схем поворота и широкопрофильных шин низкого давления или гусениц.

Рассматривая самоходный свеклоуборочный комбайн Holmer Terra Dos T-3, необходимо отметить его особенности – возможность измель-

чения и регулирования ширины разброса ботвы или ее сбор и вывоз, а также обеспечение в зависимости от почвенных условий двухступен- чатого режима работы копачей. Очистка свеклы осуществляется бе- режно, но эффективно через восемь спиральных вальцов, сепарирую- щий элеватор и сепарирующие наборные вальцы, элементы которых выполнены в форме звезд. Оптимальное распределение веса на обе оси постоянно независимо от того, полон ли бункер или пуст. Предусмот- рена автоматическая система среза ботвы. Техническая характеристика свеклоуборочных комбайнов серии Holmer представлена в табл. 1.10.

*Таблица 1.10*

Техническая характеристика свеклоуборочных комбайнов фирмы Holmer

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Модели | | |
| Т-3 | Т4-30 | Т4-40 (3 осн.) |
| Мощность  двигателя, кВт | 430 | 626 | 626 |
| Рабочая скорость,  км/ч | 12 | 12 | 11 |
| Производитель-  ность, га/ч | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Объем бункера, м3 | 28 | 30 | 45 |
| Габаритные  размеры (длина× ширина×высота), м | 12,6×3,0×3,98 | 12,94×3,3×3,98 | 12,94×3,30×3,98 |

Самоходный свеклоуборочный комбайн Maxtron 620 фирмы Grimme при проходе по полю не создает колеи, борозд, поскольку может передвигаться крабовым ходом с изломом рамы до 30° и воз- можностью смещения оси на 40 см. При работе на склонах машина устойчива, сохраняет горизонтальное положение бункера. Иноваци- онная система Grimme Inline для удаления ботвы обеспечивает удаление ботвы с точной укладкой ее в междурядье по всей ширине захвата.

Работа комбайна Maxtron 620 в системе Inline обеспечивает иде- альную уборку челночным способом. Измельченная ботва корнепло- дов направляется в междурядья; с помощью вакуумного эффекта полеглая ботва измельчается также. Большие опорные колеса при- катывают измельченную ботву и предотвращают забивание убранной ботвы на ножах дообрезчика. Боковое смещение (±40 мм) и гидрав-

лически приведенные в действие дисковые копачи рассчитаны на оптимальное поднятие корнеплода при смещенных рядах. Оптимальный радиус разворота комбайна предотвращает вредные для почвы частые маневры разворота и движения. Техническая характеристика свеклоуборочного комбайна Maxtron 620 представ- лена в табл. 1.11.

*Таблица 1.11*

Техническая характеристика свеклоуборочного комбайна Maxtron 620

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель | Значение |
| Мощность двигателя, кВт | 490 |
| Рабочая скорость, км/ч | 12 |
| Производительность, га/ч | 2,6 |
| Объем бункера, м3 | 33 |
| Габаритные размеры (длина×ширина×высота), м | 12,0×3,3×4,0 |

Самоходный свеклоуборочный комбайн SF-10 фирмы Kleine способен передвигаться на трех скоростях в диапазоне от 0 до 20 км/ч. Для этого в конструкции модели предусмотрена бесступенчатая коробка переключения передач (КПП), обладающая высоким рабо- чим ресурсом и устойчивостью к износу. В конструкции модели предусмотрен стандартный 45-сантиметровый копатель, положение которого можно регулировать при помощи электрогидравлического управления. Техническая характеристика свеклоуборочного ком- байна SF-10 представлена в табл. 1.12.

*Таблица 1.12*

Техническая характеристика свеклоуборочных комбайнов Kleine

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Модели | | |
| SF-10.2 | SF-10 | SF-20 |
| Мощность двигателя, кВт | 374 | 320 | 420 |
| Рабочая скорость, км/ч | 3,2 | 3,4 | 3,4 |
| Производительность, га/ч | 2,0 | 1,8 | 2,5 |
| Объем бункера, м3 | 15 | 15 | 30 |
| Габаритные  размеры (длина× ширина×высота), м | 10,4×3,3×4,0 | 10,4×3,3×4,0 | 12,0×3,3×4,9 |

Особенностью самоходного свеклоуборочного комбайна Ropa Euro-Tiger V8-4 фирмы Ropa является экономный режим работы,

позволяющий уменьшить потребление топлива и себестоимость продукции. Внушительные габариты агрегатов предназначены для работы на крупных полях в сложных условиях. Чтобы повысить эффективность и удобство работы, машины оснащаются функцией регулируемой обрезки ботвы и возможностью эксплуатации в рядах различной ширины. Техническая характеристика свеклоуборочного комбайна Ropa Euro-Tiger V8-4 представлена в табл. 1.13.

*Таблица 1.13*

Техническая характеристика свеклоуборочного комбайна Ropa Euro-Tiger V8-4

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель | Значение |
| Мощность двигателя, кВт | 600 |
| Рабочая скорость, км/ч | 15 |
| Производительность, га/ч | 2,8 |
| Объем бункера, м3 | 40 |
| Габаритные размеры (длина×ширина×высота), м | 13,4×3,0×4,0 |

Большинство свеклоуборочных комбайнов имеют объем бунке- ров от 10 до 40 м3, мощность двигателей от 300 до 600 л. с. и обес- печивают производительность от 1,8 до 2,8 га/ч.

### Современные тенденции развития машин для уборки овощей

Одной из основных овощных культур в Беларуси является сто- ловая морковь. Корнеплоды моркови обладают высокими диетиче- скими качествами, используются в свежем виде, в соленьях, как приправа к пище, для изготовления морса, морковного сока. Благо- даря большому содержанию витаминов и минеральных солей мор- ковь пользуется спросом у населения всех стран мира. В Беларуси под столовую морковь отводят площадь свыше 3,2 тыс. га, а валовой сбор превышает 78 тыс. т в год, ее возделывают порядка 600 овоще- водческих хозяйств страны. Значительную часть урожая моркови перерабатывает консервная промышленность. В соответствии с ре- зультатами научных исследований РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию» рекомендует довести потребление корнеплодов моркови до 10 кг в год (валовой сбор – 100 тыс. т в год). Добиться этого можно двумя путями – увеличением посевных площадей

под морковь или ее урожайности. Однако увеличить производство моркови быстро не представляется возможным из-за отсутствия полной или комплексной механизации ее возделывания.

Наиболее важной проблемой при возделывании моркови является уборка. На сегодняшний день уровень комплексной механизации по Беларуси не достигает и 10 %–15 %. Затраты труда на выращи- вание этой культуры составляют 700–800 чел.-ч/га.

Технологический процесс уборки моркови включает ее извлечение из почвы, удаление ботвы, очистку от почвенных и растительных примесей. Очередность выполнения этих операций может меняться в зависимости от принятой технологии уборки, но общий комплекс уборочных операций остается неизменным.

В мировой практике применяют две разновидности технологи- ческого процесса уборки моркови:

* удаление ботвы до извлечения корнеплодов из почвы с после- дующим их выкапыванием, очисткой от почвенных, растительных и других примесей;
* извлечение корнеплодов из почвы за ботву с последующим отделением ботвы и почвенных примесей.

По первому способу работают машины выкапывающего типа, по второму – теребильного. В последние годы все крупные овощевод- ческие хозяйства страны применяют второй способ уборки. В Бела- руси насчитывается около 25 таких машин, и все они зарубежного производства.

В соответствии со специфическими особенностями моркови подкапывающие рабочие органы комбайна должны обеспечивать выкапывание на глубину до 30 см не менее 99 % растений с извле- чением из почвы не менее 98 % корнеплодов. Для более полного отделения моркови от почвенного пласта с сорняками выкапываю- щие рабочие органы машины должны поднимать почвенный пласт на высоту до 10 см. Таким качеством обладает лемех с активным приводом. Отличительная черта активного лемеха – самоочищение лезвия и активное перемещение пласта по лемеху при любом состоя- нии почвы, что актуально для имеющихся условий уборки моркови.

На качественные показатели работы уборочных машин сущест- венное влияние оказывают сроки уборки. С одной стороны, слиш- ком раннее ее начало (конец августа – начало сентября) ведет к недобору урожая по массе. Морковь, убранная рано, хуже хранится

до переработки. С другой стороны, уборку необходимо начинать не позже определенного срока, чтобы успеть закончить ее до наступ- ления морозов и снегопадов.

Не менее важным показателем уборочных машин является про- изводительность. Анализ возможных способов механизированной уборки корнеплодов методом выкапывания и теребления показал, что повышение производительности уборочной машины возможно за счет увеличения количества убираемых рядков, рабочей скорости и коэффициента использования времени смены. В специализиро- ванных овощеводческих хозяйствах Беларуси посевная площадь моркови составляет 70–80 га, производительность однорядной мор- ковоуборочной машины – 0,6–1,0 га/ч. Исходя из этих данных можно сделать вывод, что однорядная морковоуборочная машина соответ- ствует требованиям к уборке моркови с минимальными потерями. Изготовление двухрядной машины для таких площадей повлечет за собой увеличение себестоимости продукции.

Необходимо учитывать, что корнеплоды моркови чувствительны к ударам. Повреждение корнеплодов возрастает с 7,5 % до 83,3 % в зависимости от высоты падения и материала рабочей поверхно- сти удара. По данным А. Н. Тимофеева, предельная высота, при которой не происходит повреждения корней моркови, при падении на стальную поверхность составляет *Н*ст = 0,10 м, на дерево *Н*д = 0,24 м, на резину *Н*р = 0,25 м, на слой моркови *Н*к = 0,24 м.

Применение на уборке моркови уборочных агрегатов с техноло- гической емкостью для корнеплодов позволяет полностью механи- зировать процесс подготовки поля, повысить на 35 %–40 % произ- водительность транспорта и снизить на 60 %–70 % потребность в универсально-пропашных колесных тракторах. Убирать морковь необходимо первоначально с поворотных полос, затем с проездов между загонами, после чего с самих загонов. Первый проход следует начинать с четвертого рядка, отсчитав от стыкового междурядья влево, или с третьего рядка – от стыкового междурядья вправо. При подго- товке загонов корнеплоды, накапливающиеся в технологической емкости, выгружают в транспортные средства на поворотных полосах. Машины выкапывающего типа (чаще всего это переоборудованные картофелекопатели, которые применяются в Беларуси для уборки моркови) не в состоянии обеспечить качественный технологиче- ский процесс уборки корнеплодов в соответствии с изложенными

требованиями без повреждения продукции. Ворох корнеплодов моркови, убранных как отечественными, так и зарубежными машинами данного типа, требует доработки, включающей операции доочистки корнеплодов от необрезанных листьев ботвы, растительных приме- сей и камней.

Более полно удовлетворяют агротехническим требованиям машины теребильного типа. Их основное преимущество состоит в том, что при работе не является серьезной проблемой очистка корнеплодов от почвенных комков, камней и других механических примесей. На однострочных посевах корнеплодов при хорошем состоянии ботвы и незначительной засоренности поля машины тере- бильного типа по всем агротехническим показателям обеспечивают лучшие результаты, чем машины с обрезкой ботвы на корню.

Мировые лидеры по производству техники для уборки овощей (Asa-lift, Simon, Dewulf, Pik Rite) уже вышли на рынок с предложе- ниями поставки комбайнов, обеспечивающих качественную уборку моркови методом теребления без повреждения продукции. Приме- нение таких машин позволяет сократить затраты труда, расход топ- лива и в итоге повысить рентабельность отрасли.

С учетом климатических условий Беларуси, физико-механических свойств столовой моркови, требований, предъявляемых к машинной уборке, засоренности полей считается, что перспективным направ- лением совершенствования машин для уборки моркови является метод теребления. Комбайны могут представлять собой полупри- цепную раму на колесном ходу, на которой монтируются основные рабочие органы машины: подкапывающий лемех, теребильный аппарат ленточного типа, роторный ботвоотделяющий аппарат, поперечный и выгрузной транспортеры, бункер с подвижным вы- грузным транспортером. Теребильные аппараты ленточного типа – две гибкие бесконечные ленты, у которых ведущие рабочие ветви прижимаются друг к другу прижимными роликами. Аппарат для отделения ботвы роторного типа может состоять из 12 изогнутых планок, собранных по 6 в двух соседних дисках. Диски с планками вращаются друг другу навстречу, в результате чего корнеплоды головками подтягиваются до упора к планкам, ботва обламывается. Вследствие наклонного положения дисков планки совершают сложные пространственные перемещения и, кроме подтягивания, осуществляют транспортирование корнеплодов вдоль поверхности

выравнивания. После отделения ботва сбрасывается на поверх- ность поля, а отгрузка убранной части урожая осуществляется вы- грузным транспортером в рядом идущее транспортное средство либо, например при отбивке поворотных полос и загонок, непо- средственно в бункер. Привод основных рабочих органов гидрав- лический, от автономной гидросистемы машины.

С учетом требований, предъявляемых к комбайновой уборке моркови, преимуществ и недостатков машин подкапывающего и теребильного типов и мировых тенденций развития морково- уборочной техники следует признать перспективным направлением совершенствования средств механизированной уборки моркови их конструктивное исполнение в виде однорядного комбайна. Он обо- рудован активным подкапывающим лемехом, теребильным аппаратом ленточного типа, роторным ботвоотделяющим аппаратом, поперечным и выгрузным транспортерами, опрокидывающимся бункером с под- вижным днищем для выгрузки убранной моркови в транспортное средство. Такая конструкция позволит повысить производительность морковоуборочной машины и в 2,5–3,0 раза сократить затраты труда. Фирма Asa-lift (Дания) имеет широкую гамму конструкций современных капустоуборочных комбайнов. Оригинальную конст- рукцию имеет приемная часть капустоуборочного комбайна, при ее замене может обеспечиваться уборка или подбор лука, столовой свеклы. Также комбайн может проводить уборку как в бункер,

так и непосредственно в транспортное средство.

### Современные тенденции развития машин для уборки плодов и ягод

В обеспечении населения Беларуси продуктами питания особое место отводится плодоводству. В настоящий момент в сельско- хозяйственных организациях Беларуси имеется около 13 тыс. га садов интенсивного типа. Кроме того, по программе развития пло- доводства планируется посадка интенсивных садов на площади около 8 тыс. га. Таким образом, интенсивных садов в Беларуси будет около 21 тыс. га. В то же время на одного жителя производится только 30 кг плодов и ягод при научно обоснованной медицинской норме 80 кг. В результате республика ежегодно импортирует от 30 до 60 тыс. т свежих яблок, груш, ягод на сумму 8–16 млн дол. США.

Уборка плодов – заключительная и решающая операция в общем плане работ по их выращиванию, которая во многом определяет качественные и количественные показатели производимой продук- ции и экономики отрасли в целом. По трудоемкости уборка семеч- ковых плодов составляет от 40 до 60 % затрачиваемого на выращивание ручного труда. В настоящее время в Беларуси эти технологические операции выполняются вручную. Для сбора пло- дов используются плодосборные сумки с отстегивающимся дном емкостью 8 и 12 кг. Сумки, наполненные плодами, опорожняют в контейнеры, размещенные на контейнеровозе. Такая технология уборки требует больших затрат труда – 140–210 чел.-ч/га при уро- жайности 20–30 т/га, или 2,94–4,41 млн чел.-ч по республике. Уборка урожая в садах носит сезонный характер и обычно создает в садоводческих хозяйствах напряженность в этот период. Даже в специализированных хозяйствах до 50 %–80 % работающих на уборке составляют привлеченные неквалифицированные рабочие. Существует способ механизированной уборки плодов семечко- вых и косточковых культур с применением уборочных комбайнов вибрационного принципа действия – МПУ-1А, ВУМ-5А и КПУ-2. Комбайн производит стряхивание, улавливание в тентовую пло- щадку для сбора, очистку и затаривание плодов в контейнеры, устанавливаемые на специальной площадке. После заполнения кон- тейнер остается в междурядье сада для последующей его транспор- тировки. Применение таких машин позволяет обеспечить высокий уровень производительности (до 60 деревьев за час основного вре- мени) и качества уборки (полнота съема – 97 %, полнота улавлива- ния – 96 %). При этом производительность труда по сравнению с ручным трудом возрастает более чем в 12 раз. Однако такие ком- байны применяются для уборки плодов с сильнорослых деревьев со схемами посадки 6,0×3,4×3,0 м и более. Применение этих машин приводило к значительному повреждению плодов (более 30 % пло- дов оказывались поврежденными и непригодными для длительного хранения) и уменьшению доли десертной продукции, вследствие

чего такие машины не могут использоваться в интенсивных садах. В последнее время за рубежом создается все больше универ-

сальных плодоуборочных платформ различного типа, способных обеспечить производительность сборщика 250–350 кг/ч (увеличение производительности в 2,5–3,5 раза по сравнению с ручным трудом)

и снижение прямых издержек не менее чем на 10 %. Лучшими ана- логами таких машин являются плодоуборочные платформы Pluk- O-TrakJunior и Pluk-O-TrakSenior фирмы Munckhof (Голландия), H40s pro, М20s pro и L10s pro фирмы Knecht (Италия), Carrier, Ein, Junior, Senior и Zip 30 фирмы N.Blosi (Италия). Мировой опыт при- менения данной техники для уборки плодов показал, что наиболее целесообразно применение самоходного агрегата. Это исключает необходимость использования трактора в процессе работы, снижает расход топлива, улучшает маневренность платформ в междурядьях садов интенсивного типа и увеличивает производительность труда.

В Беларуси разработан агрегат самоходный универсальный с по- точным контейнеровозом АСУ-6. Агрегат АСУ-6 предназначен для сбора плодов и формирования кроны семечковых культур. Для вы- полнения операции сбора плодов на агрегате имеется конвейер, вертикальный конвейер, лотки и поворотный стол. Техническая характеристика агрегата АСУ-6 приведена в табл. 1.14.

*Таблица 1.14*

Техническая характеристика самоходного агрегата АСУ-6

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель | Значение |
| Двигатель: |  |
| – тип; | бензиновый |
| – мощность, кВт; | 9,55 |
| – расход топлива, кг/ч | 5 |
| Количество обслуживающего |  |
| персонала, чел.: |  |
| – на обрезке; | 4 |
| – на уборке | 6 |
| Производительность рабочего: |  |
| – на обрезке, дерево/ч; | 3–8 |
| – на уборке, кг/ч | 250–350 |
| Масса агрегата (конструктивная), кг | 3600 |
| Габаритные размеры | 3770×(2160–3380)× |
| (длина×ширина×высота), мм | (1410–1730) |
| Полнота сбора плодов, % | не менее 97 |
| Количество подручной падалицы, % | не более 3 |

Принцип действия АСУ-6 заключается в следующем. Сбор пло- дов осуществляют шесть рабочих, из которых четверо находятся

на агрегате на площадках, а двое – в междурядье сада спереди агрегата. Рабочие, находящиеся на задних площадках, оборудованных уст- ройством подъема, собирают плоды с верхнего яруса деревьев, сборщики на передних площадках – со среднего яруса, а находя- щиеся в междурядье – с нижнего. Собранные плоды укладываются в лотки на ленты, которые транспортируют их на конвейер. Кон- вейер перемещает плоды на вертикальный конвейер, который, в свою очередь, укладывает их в контейнер, установленный на пово- ротном столе агрегата.

Сбор плодов продолжается до заполнения контейнера. После заполнения оператор самоходного агрегата останавливает вращение контейнера посредством рычага и нажимает на кнопку опускания на пульте управления. Скорость спуска контейнера с полозьев регу- лируется степенью наклона стола относительно платформы. Когда заполненный контейнер спущен в междурядье сада, на поворотный стол подается пустой контейнер с контейнеровоза и рабочий цикл повторяется.

Для осуществления операции обрезки деревьев на агрегате установлена пневмосистема, включающая в себя компрессор, реси- вер и четыре пневмосекатора. Операция обрезки проводится по- средством пневмосекаторов четырьмя обрезчиками, находящимися на площадках. Для реализации технологического процесса уборки и механизированной обрезки крон деревьев самоходный агрегат оборудован рабочими местами для сборщиков, устройствами подъема и опускания рабочих площадок, перемещения их в горизонтальной плоскости, а также транспортерами для доставки собранных плодов в контейнеры.

## Направления развития сельскохозяйственной техники для послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур

### Послеуборочная обработка зерна

Классическая технологическая схема поточной послеуборочной обработки зерна включает в себя следующие технологические опе- рации: прием зернового вороха из транспорта; предварительную очистку его от соломистых и других примесей; сушку зерна до базис- ных кондиций по влажности; первичную и вторичную (окончательную) очистку зерна с доведением его до базисных кондиций по назначе- нию, для семян – по классности; хранение обработанного зерна.

В технологическом процессе послеуборочной обработки зерна наибольшая часть затрат в себестоимости приходится на сушку. В Беларуси сушке подвергается 60 %–75 % производимого зерна. С увеличением урожайности возрастает количество необходимой энергии на получение кондиционного по влажности зерна, поэтому во многих странах мира проводятся интенсивные работы по иссле- дованию и изысканию технических и технологических решений, позволяющих снизить расход топлива на сушку зерна. Анализ кон- струкций зерносушилок различных производителей показал, что большинство фирм применяет все известные в настоящее время способы снижения расхода энергии на сушку: рециркуляцию отра- ботанного агента сушки или воздуха охлаждающей зоны; рецирку- ляцию части высушиваемого зерна; изоляцию стенок зерносушилок и воздухопроводов; повышение КПД воздухонагревателя и исполь- зование более дешевых видов топлива; регулирование величин зон сушки и охлаждения в зависимости от влажности зерна, что обес- печивает максимальную производительность.

Одним из направлений совершенствования зерносушилок с не- подвижным слоем зерна стала разработка бункерных зерносушилок. Продолжительность процесса сушки зерна в бункерных сушильных установках в зависимости от вместительности емкости для зерна и мощности воздухонагревателя и вентилятора составляет 3–12 ч. Кроме того, необходимо учесть дополнительное время на охлажде- ние зерна до температуры окружающего воздуха. Это соответ- ствует технологической производительности при сушке пшеницы в 0,3–1,5 пл. т/ч, если учесть время на охлаждение зерна при сни- жении влажности с 20 % до 14 %. Наиболее существенным

недостатком бункерных зерносушилок кроме низкой производи- тельности является неравномерность сушки зерна, обусловленная неравномерностью распределения воздуха в круглых и аналогич- ных емкостях. Скорость воздуха в них не является постоянной, как в сушильных напольных вентиляционных установках. На выходе из центрального воздуховода скорость воздуха является макси- мальной, а затем снижается с увеличением радиуса действия от центра к наружным стенкам. Воздух, необходимый для сушки, например при диаметре центрального воздуховода в 0,5 м и наружном диаметре емкости сушилки в 1,5 м, входит в насыпанный ворох зерна со скоростью 0,5 м/с, а выходит из него со скоростью 0,16 м/с. Как следствие неравномерного распределения воздуха по всему радиусу емкости, зерно в месте выхода воздуха пересушивается сильнее, чем в других местах сушильных установок, где лежит неподвижно, в то время как в зерне, расположенном в месте выхода отработанного агента сушки, процесс еще не начался. Наряду с насы- щенными потоками агента сушки типичными недостатками бункерных сушильных установок является неравномерная плотность высуши- ваемого зернового вороха, обусловленная асимметричным заполне- нием емкости и большой высотой падения (от 5 до 8 м), что приводит к неравномерному распределению агента сушки по высоте слоя.

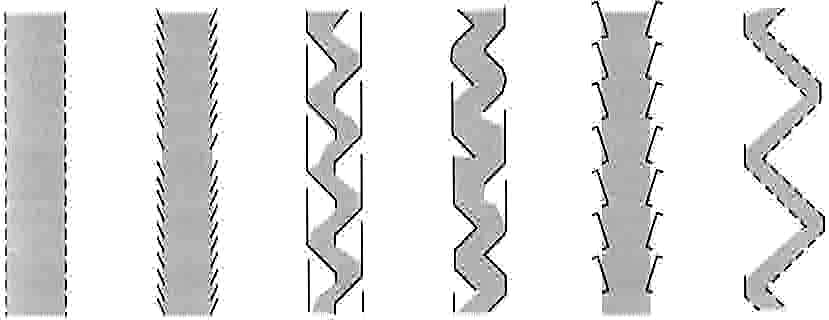
В отличие от зерносушилок с неподвижным слоем, в зерно- сушилках непрерывного действия перемещение зерна ведется непрерывно через вертикально или горизонтально расположенный сушильный модуль, за исключением фаз запуска и выгрузки. Перемещение материала в строениях с плоским бункером осущест- вляется такими механическими системами подачи, как ленточный транспортер или механизм для перелопачивания. В сушилках с вертикальным модулем перемещение зерна через сушилку осуще- ствляется за счет силы тяжести. Скорость движения зерна в плоских емкостях регулируется механической системой подачи, а в верти- кальных бункерах – через разгрузочное устройство. В сушильных установках непрерывного действия, независимо от вида зерна, содер- жания влаги в зерне и погодных условий, зерно за один проход должно быть высушено до кондиционного состояния и одновре- менно охлаждено до температуры окружающего воздуха.

Наиболее распространенными зерносушильными установками непрерывного действия являются так называемые колонковые зерно-

сушилки, которые могут использоваться для сушки зерновых культур как в стационарном, так и в мобильном исполнении. Колонковые сушильные установки состоят из вертикальной сушильной шахты, разделенной на зоны сушки и охлаждения, с прямоугольным или круглым сечением, над которой установлен накопительный бункер для сырого материала. Предназначенное для сушки зерно переме- щается под действием силы тяжести из накопительного бункера в сушильную шахту, непрерывно движется вниз через сушильную и охладительную зоны, а затем в высушенном и охлажденном состоянии выгружается с помощью разгрузочного устройства, установленного под зоной охлаждения.

В колонковых сушильных установках сушильный агент и охла- ждающий воздух продуваются через зерновую насыпь в горизон- тальном направлении. Для этого стенки зоны сушки и охлаждения выполнены воздухопроницаемыми. Стенки могут быть либо сделаны из ситового листа или проволочной сетки, либо выполнены в виде жалюзи. Конструкция стенок должна соответствовать следующим требованиям: обладать большим «живым» сечением поверхности впуска и выпуска воздуха; иметь низкое аэродинамическое сопро- тивление воздушному потоку; обеспечивать равномерное распре- деление воздуха в зерновой насыпи; способствовать беспрепят- ственному перемещению материала; исключать забивание входных и выходных отверстий.

Отличительной особенностью колонковых зерносушилок явля- ется количество и расположение сушильных шахт, а также привязка каналов подвода и отвода воздуха к общей системе. На рис. 1.1 показаны примеры некоторых возможных компоновок таких зерно- сушилок.

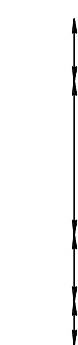


*а б в г д е Рис. 1.1.* Конструктивные формы

воздухопроницаемых стенок колонковых зерносушилок:

*а*, *в*, *г*, *е* – сетчатые; *б*, *д* – жалюзийные

Колонковые зерносушилки имеют существенный недостаток: материал сушки не перемешивается при прохождении через зону сушки, и процесс сушки выполняется неравномерно при недоста- точной эффективности использования тепловой энергии. Кроме того, в таких зерносушилках зерно подвергается большой тепловой нагрузке в месте подвода агента сушки. Уменьшение толщины слоя при одновременном увеличении расхода воздуха способствует равно- мерной сушке, но связано с еще большим ухудшением использо- вания энергии. Для компенсации недостатков, специфических для такого вида зерносушилок, были предложены следующие техноло- гические и конструктивные решения: перемешивание и ворошение зернового слоя во время процесса сушки; монтаж нескольких зон сушки, работающих при разных температурах и расходах воздуха; реверсирование потока сушильного агента; разные скорости течения зернового слоя в области подвода и выхода агента сушки. Чтобы избежать слишком высокой тепловой нагрузки на зерно, находящееся в месте подвода агента сушки, и высушить отстоящие от этого места слои до кондиционной влажности, были разработаны устройства ворошения и перемешивания (рис. 1.2).

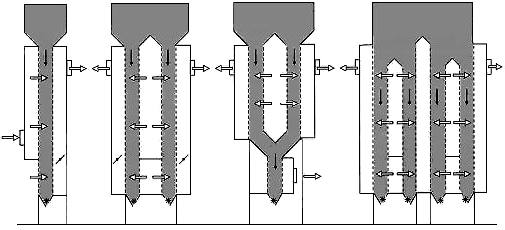


*Выгрузка*

*Зона*

*охлаждения Зона сушки*

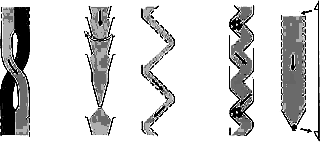
*Накопительный бункер*



*Рис. 1.2.* Расположение сушильных шахт и воздушных каналов в колонковых зерносушилках

Устройства ворошения встраиваются в зоне сушки в сушильной шахте и перемещают зерно, первоначально находящееся в месте подвода агента сушки, с помощью направляющих перегородок таким образом, что после завершения процесса ворошения они находятся в месте его выхода (рис. 1.3).

*Выгрузка*

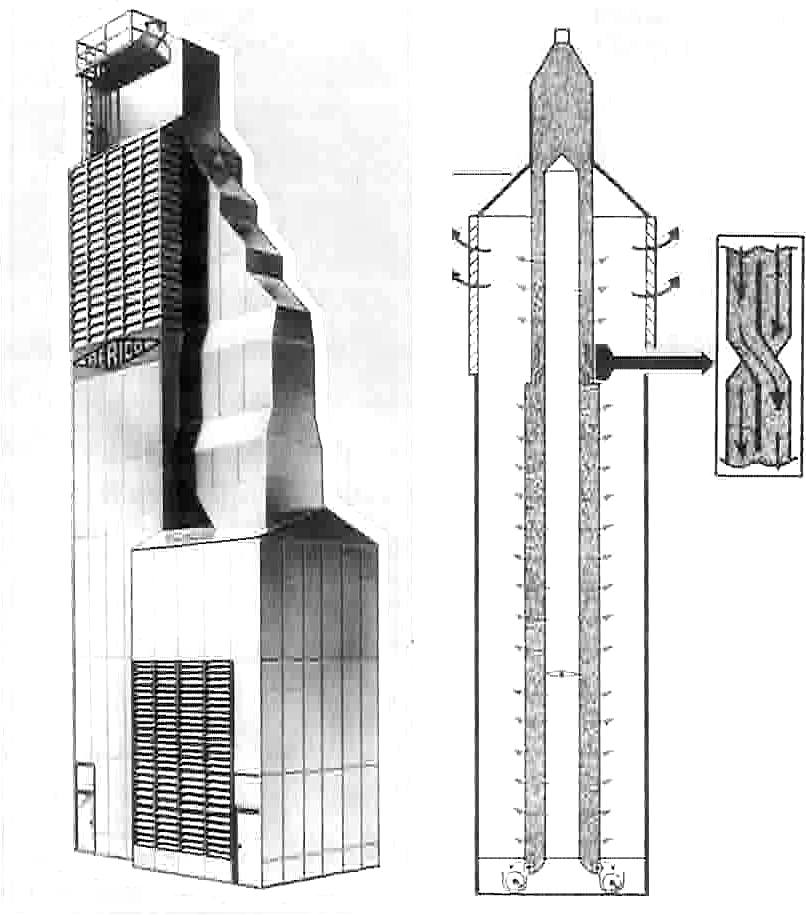


*Рис. 1.3.* Устройства ворошения и перемешивания слоя зерна в колонковых зерносушилках

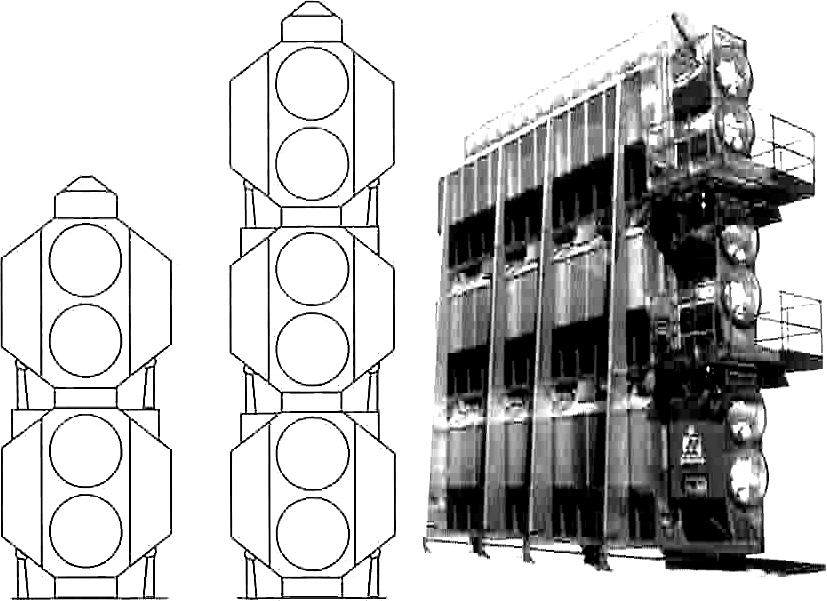
Ворошение зернового слоя действует на равномерность сушки так же, как изменение направления потока сушильного агента. Пассивные перемешивающие элементы за счет их формы и распо- ложения освобождают зерновую массу, первоначально проходящую через сушильную шахту в виде закупоренного потока, и приводят ее в сыпучее состояние, как это выполнено в зерносушилке фирмы Berico (США) (рис. 1.4). При стекании зерна к жалюзийным стен- кам и при выходе из желобчатого конуса шахты происходит процесс перемешивания. Перемешивание активными элементами осущест- вляется за счет попеременного открывания и закрывания поворотной заслонки, расположенной ниже выпускного желоба, или с помо- щью вращающихся поворотных вальцов. Результатом ворошения и перемешивания зерновой насыпи являются равномерная сушка и уменьшение тепловой нагрузки на зерно. Благодаря этому темпе- ратура сушильного агента может быть повышена без опасности термического повреждения зерна.

Еще одно направление увеличения производительности процесса сушки и улучшения использования энергии в колонковых зерно- сушилках состоит в том, чтобы расположить несколько зон сушки одну над другой, как это сделано фирмой Farm Fans (США) (рис. 1.5). При этом в каждой зоне сушки устроено по одному вентилятору и одному нагревателю воздуха, что позволяет в отдельных сушильных зонах согласовать температуру сушильного агента и расход воздуха с влажностью высушиваемого материала. Например, при сушке зерен кукурузы необходимо как температуру, так и расход воздуха в верхних зонах сушки устанавливать выше, чем в нижней части сушилки. Благодаря этому для сушки сырого зерна предоставляется достаточно энергии, в то время как съём остаточной влаги проис-

ходит при более низких температурах, что позволяет избежать повреждения зерен. Уменьшение расхода воздуха в нижней части сушилки одновременно снижает тепловые потери, поскольку там насыщение отходящего воздуха сравнительно низкое.



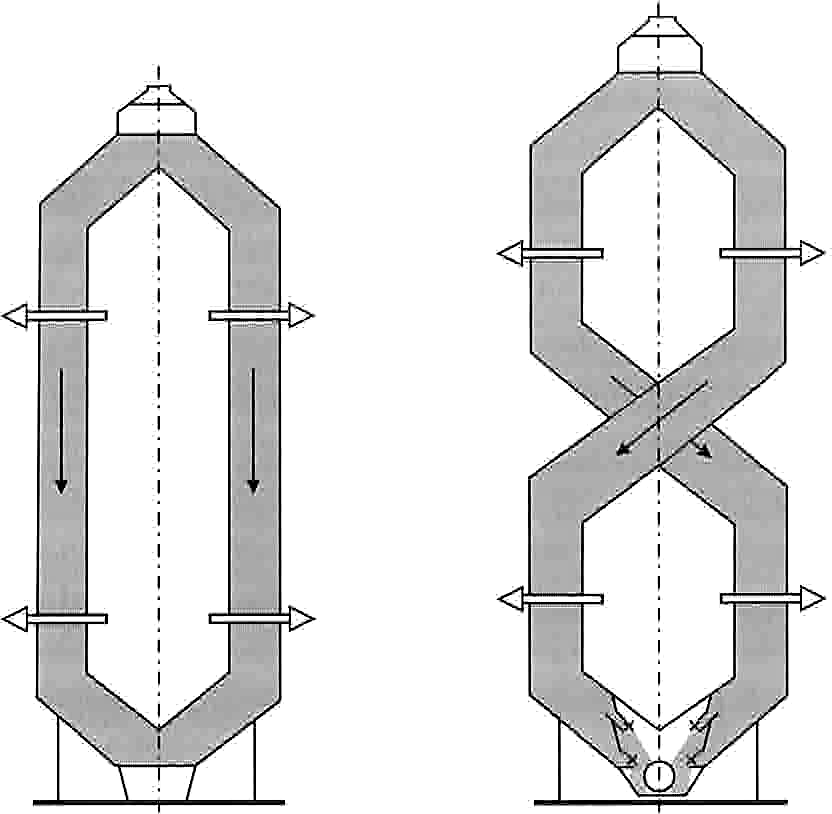
*Рис. 1.4.* Колонковая зерносушилка, оборудованная устройством ворошения, фирмы Berico (США)



*Рис. 1.5.* Многоступенчатая колонковая зерносушилка фирмы Farm Fans (США)

В обычных колонковых зерносушилках закупоривание потока приводит к неравномерной сушке и высокой тепловой нагрузке на зерно в месте подвода агента сушки. Данная проблема решается следующим образом: зерно, находящееся в месте подвода агента сушки, пропускается через сушильную зону быстрее, чем зерно, находящееся в месте его выпуска. Это реализовано в зерносушилке фирмы Sukup (США). Разные скорости течения зерна в сушильной шахте могут быть обеспечены путем разделения шахты в направлении потока агента сушки с помощью встроенного перфорированного листа. Оба потока материала выгружаются через отдельные разгрузочные устройства. Благодаря разной скорости вращения дозирующих вальцов зёрна в месте подвода агента сушки проходят через сушиль- ную шахту с большей скоростью, чем в месте выпуска.

Фирмой Sukup (США) предложено конструктивно-технологическое усовершенствование в отношении равномерности процесса сушки: ворошение зерновой насыпи в сочетании с разными скоростями течения зерна в местах подвода и выпуска агента сушки (рис. 1.6).



*а б*

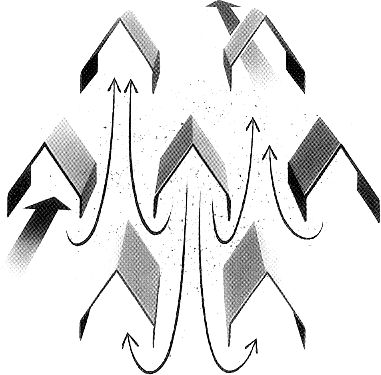
*Рис. 1.6.* Колонковые зерносушилки фирмы Sukup (США): *а* – без устройств ворошения; *б* – с устройством ворошения и переменной скоростью течения зерна

Другим способом улучшения равномерности сушки в колонко- вых зерносушилках является взаимное продувание зернового слоя. Для этого сушильная зона разделяется в направлении потока мате- риала. Чтобы исключить образование ненужных воздушных потоков в вертикальном направлении, между двумя сушильными зонами

встраивается температурно изолированная. Это техническое решение позволяет подвести сушильный агент второй зоны сушки к недос- таточно высушенному зерну из участка отходящего агента сушки первой зоны. Как в первой, так и во второй зоне сушки потенциала воздуха хватает, чтобы в достаточной мере высушить зерно, нахо- дящееся в середине сушильной шахты. Взаимное продувание обес- печивает более равномерную сушку по сравнению с обычным способом.

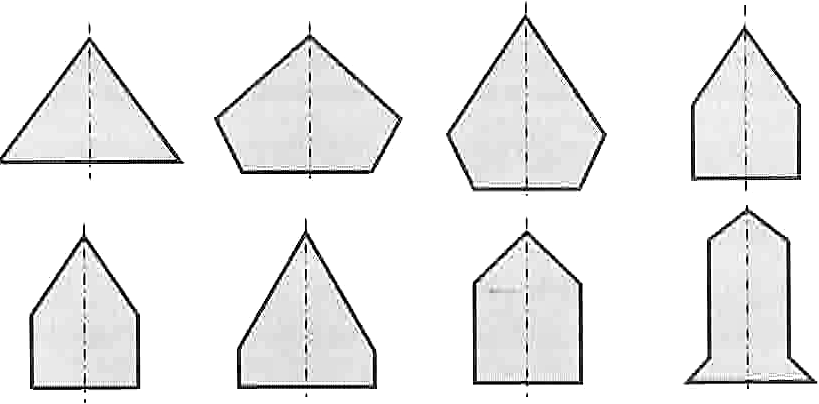
Для преодоления существенных технологических недостатков, присущих всем видам колонковых зерносушилок, были разработаны шахтные сушильные установки непрерывного действия с коробами. Шахтные зерносушилки состоят из опорной рамы с разгрузочным устройством, на которой установлена прямоугольная сушильная шахта с зонами сушки и охлаждения, а также накопительный бункер сырого материала. Короба подачи нагретого и отходящего агента сушки расположены перпендикулярно вертикальной сушильной шахте. Агент сушки нагревается в воздухонагревателе и продува- ется через зерновой слой с помощью центробежного или осевого вентилятора. Из вертикальной шахты горячего агента сушки горячий воздух подводится сначала к горизонтальным воздухоподводящим коробам. Эти короба закрыты со стороны шахты отходящего воздуха, а отводящие короба закрыты со стороны шахты горячего воздуха. Вследствие этого горизонтальные потоки воздуха отклоняются вверх или вниз и продувают находящийся между каналами зерновой слой как прямым потоком, так и противотоком. Благодаря такому способу управления потоком воздуха оптимально используются преимущества способов прямоточной и противоточной сушки. Для уменьшения сопротивления потока в зерновой насыпи каналы подвода и отвода воздуха расположены друг над другом, в резуль- тате толщина продуваемого зернового слоя не превышает 150–200 мм. В шахтных сушильных установках непрерывного действия зерно перемещается плотным потоком через сушильный модуль. Зерно- вой слой растекается только непосредственно под коробом, что, однако, не приводит к существенному перемешиванию слоя. Поскольку в сушильной шахте не происходит перемешивания зер- новой насыпи, короба должны быть выполнены так, чтобы обеспечить максимально равномерное распределение горячего агента сушки по сечению сушильной шахты (зерносушилка фирмы Cimbria (Дания),

представленная на рис. 1.7). Скорость потока воздуха на входе в короб не должна превышать 8 м/с, в противном случае зерна будут переноситься воздухом в направлении потока. При сушке зерен малого размера, например зерен рапса, расход воздуха должен быть уменьшен дроссельной заслонкой, чтобы предотвратить вынос зерен из коробов отходящего агента сушки.



*Рис. 1.7.* Схема потоков агента сушки между коробами зерносушилки фирмы Cimbria (Дания)

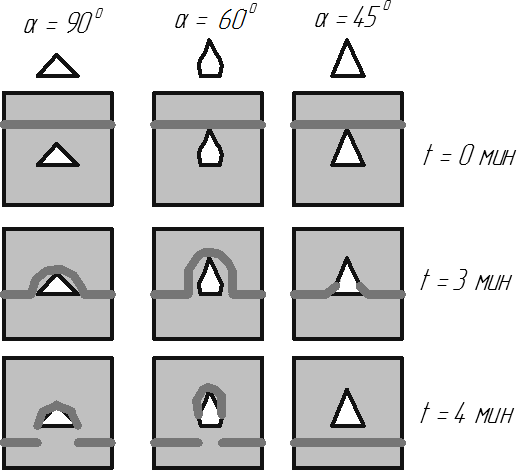
При конструировании коробов учитывается, что зерна не должны на них оседать, потому что могут подвергнуться повышенной теп- ловой нагрузке и повредиться при высоких температурах сушильного агента. Сечение каналов должно быть достаточного размера для пропускания требуемого количества агента сушки. Разработчики шахтных сушильных установок для решения этой проблемы создали большое число коробов различной формы (рис. 1.8). Ширина коро- бов – 160–220 мм, угол заострения – 50°–90°, расстояние между коробами – 120–220 мм.



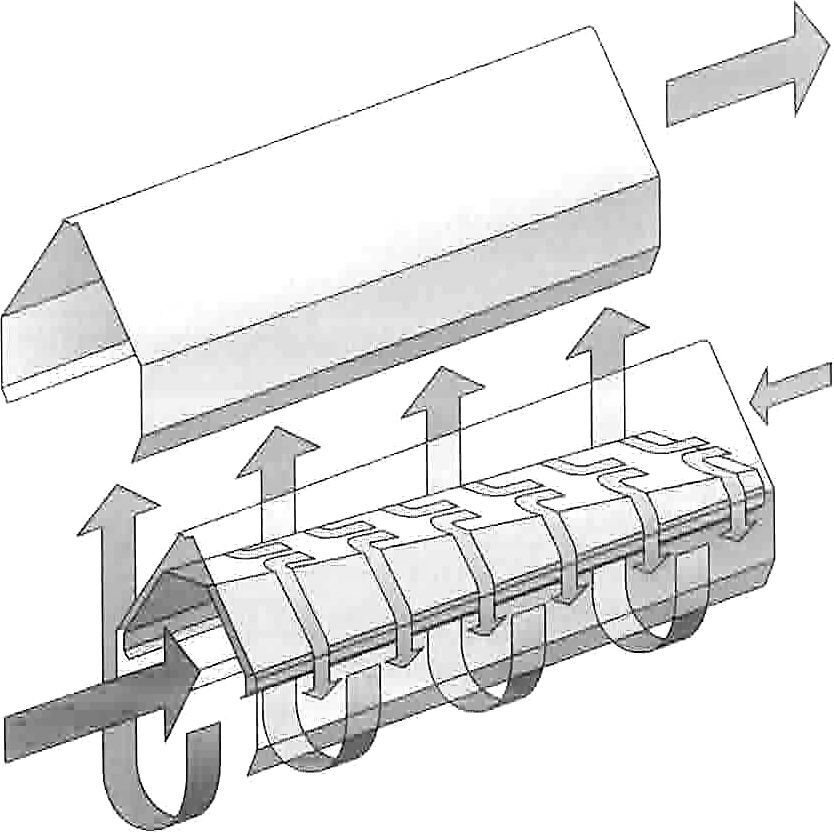
*Рис. 1.8.* Виды коробов шахтных зерносушилок с разными углами заострения

Характер течения зерновой насыпи в вертикальной шахте при обтекании коробов определяется многими параметрами: величиной и формой зерен; содержанием влаги на поверхности зерен; внут- ренним трением; углом естественного откоса; коэффициентом трения между зернами; коэффициентом трения между зернами и внутрен- ними стенками сушилки или короба; геометрией короба; расстоянием между коробами или между коробами и вертикальной стенкой зерно- сушилки. Процесс обтекания короба зерновой насыпью может быть выяснен только экспериментальным путем, поскольку справедливые для жидкостей и газов закономерности гидродинамики не могут быть перенесены на характер текучести насыпей зерновых масс.

Исследования с коробами различных форм, проведенные В. Мюль- бауэром, показали, что при неудачной конструкции короба над ним образуется мертвая зона, в которой отсутствует движение зерен (рис. 1.9). Над коробами горизонтально наносился тонкий слой окрашенных зерен, и визуально определялось изменение формы зернового слоя при обтекании коробов. Было выявлено, что угол заострения короба должен находиться между 45° и 50°, чтобы избежать отложения зерен. Для предупреждения теплового повре- ждения зерен, контактирующих непосредственно с коробом, он может быть либо покрыт теплоизоляционным материалом, либо, как разработанный фирмой Schmidt-Seeger (Германия), иметь двой- ные стенки (рис. 1.10).



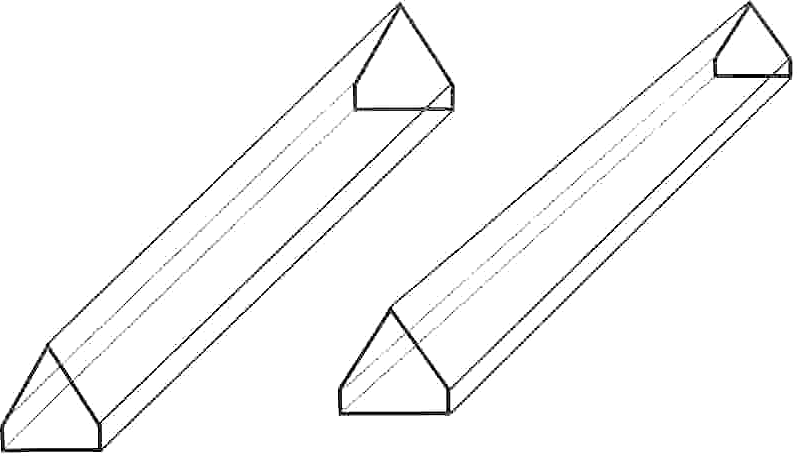
*Рис. 1.9.* Схемы влияния формы коробов на характер текучести зерновых насыпей



*Рис. 1.10.* Воздухоподводящий канал с двойными стенками фирмы Schmidt-Seeger (Германия)

При исполнении каналов с двойными стенками окружающий воздух для охлаждения просасывается между стенками каналов. Благодаря этому поверхность короба, с которой контактирует зер- новой слой, охлаждается, а тепловая нагрузка на зерно снижается.

Благодаря охлаждению поверхности воздухоподводящего короба можно увеличить температуру сушильного агента по сравнению с коробами с одинарной стенкой, не нанося зернам повреждения. Однако изготовление коробов с двойными стенками связано с уве- личенным расходом материала и повышенными затратами. Чтобы добиться равномерного распределения воздуха в насыпи, кроме воздушных каналов с постоянным сечением применяются каналы с сечением, уменьшающимся в направлении потока (рис. 1.11), как у фирмы Riela (Германия). В коробах с постоянным сечением воз- душный поток с большой скоростью ударяется о стенку в конце короба, кинетическая энергия преобразуется в динамическое дав- ление. В результате статическое давление в месте подвода воздуха значительно ниже, чем в конце короба, что неизбежно приводит к неравномерному распределению агента сушки. Распределение агента сушки в шахтных сушилках с коническими коробами суще- ственно лучше, благодаря чему обеспечивается равномерная сушка.

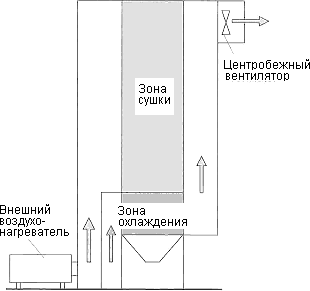


*а б*

*Рис. 1.11.* Применяемые в шахтных зерносушилках короба фирмы Riela (Германия):

*а* – с постоянным сечением; *б* – с уменьшающимся сечением

Преимущество вытяжки агента сушки, отходящего из верхней части шахты, заключается в том, что влажный агент сушки сразу попадает в атмосферу, что исключает образование конденсата (рис. 1.12).



*Рис. 1.12.* Технологическая схема шахтной зерносушилки, работающей на вытяжку агента сушки

С распространением выращивания кукурузы на зерно возрастает потребность в мощных зерносушилках непрерывного действия с воздухонагревателями тепловой мощностью до 5 МВт, которая в сочетании с требуемыми для сушки кукурузы значениями темпе- ратуры сушильного агента от 100 °С до 160 °С может быть получена лишь со значительными затратами на создание воздухонагревателей с теплообменниками. Поэтому для сушки кормовой кукурузы исполь- зуются преимущественно воздухонагреватели прямого нагрева,

которые при небольших габаритах можно встраивать вертикально в шахту горячего воздуха.

Одним из самых эффективных направлений совершенствования шахтных зерносушилок является разделение сушилки на несколько расположенных одна над другой сушильных зон и зон охлаждения. В этом случае расход воздуха может быть индивидуально подобран к характеристикам материала сушки путем установки вентиляторов с различными показателями расхода воздуха. Например, при сушке зерна кукурузы расход воздуха в верхней сушильной зоне рацио- нально устанавливать более высоким, поскольку здесь испаряется значительная часть влаги, которая и выводится с отходящим аген- том сушки. В нижней части сушильной шахты для вывода влажного воздуха достаточно меньшего потока. В этом случае понижается потребляемая вентилятором мощность, а выходящий агент сушки становится более насыщенным, благодаря чему удельный расход тепла меньше, чем в сушилках с постоянным расходом агента сушки. Применение такой схемы позволяет добиться значительного повышения производительности и одновременно оптимального использования подаваемой через сушильный агент тепловой энергии. Тепловую эффективность зерносушилок повышает повторное исполь- зование отработавшего и охлаждающего агентов сушки.

Сравнительная оценка различных способов сушки зерновых культур показывает, что нельзя считать оптимальным ни один из разработанных к настоящему времени способов сушки относи- тельно производительности процесса сушки, энергопотребления, качества высушенного материала и равномерности сушки. Техно- логическими и конструктивными мерами можно лишь незначи- тельно усовершенствовать сушильные установки, но недостатки способов нельзя полностью устранить даже при высоких затратах на техническое оснащение. Решение может быть найдено в такой комбинации способов друг с другом, чтобы компенсировать их недостатки. Предлагается, в частности, комбинация способов непре- рывного и порционного действия, поскольку при непрерывной сушке в сушильных установках непрерывного действия съём влаги в интервале между 20 % и 14 % происходит очень медленно. Даже при использовании высоких температур воздуха при таких значе- ниях влажности возможно лишь незначительное увеличение скоро- сти сушки, потому что влага должна переноситься изнутри зерен

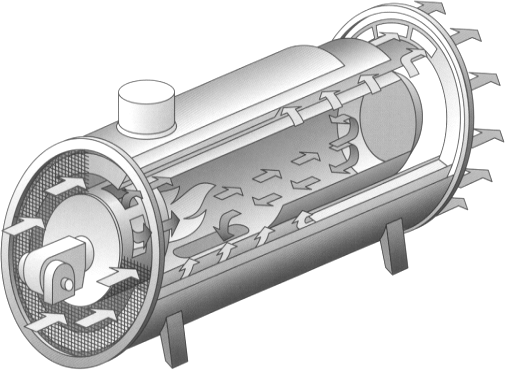
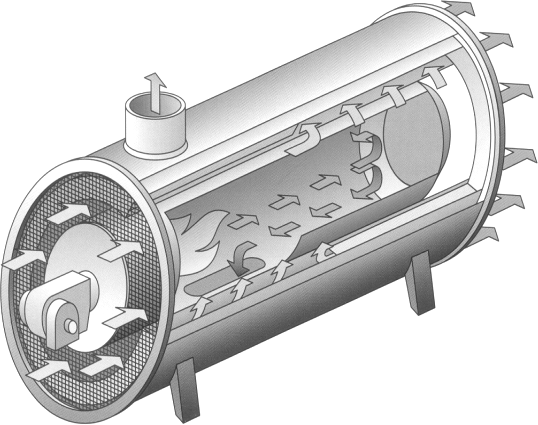
к их поверхности. Сушка зерна за один проход до пригодного для хранения состояния требует расширенной зоны сушки, чтобы при постоянном расходе материала за один проход можно было снять остаточную влагу. Поскольку в большинстве сушильных установок расход материала не регулируется, в верхней части су- шильной зоны происходят большие потери тепла из-за недостаточного насыщения отходящего воздуха. Кроме того, быстрое охлаждение зерновой массы в зоне охлаждения, характерное для зерен кукурузы, приводит к образованию трещин вследствие внутреннего напряже- ния, что может привести к раскалыванию зерен при последующих процессах их перемещения транспортирующими механизмами.

Научно-исследовательские работы по сокращению затрат энергии, расходуемой на сушку зерна, проводятся во многих странах мира. Основное внимание уделяется экономии тепловой энергии, состав- ляющей 85 %–90 % всех энергетических затрат на сушку. В значи- тельной степени расход энергии на сушку зависит от начальной и конечной влажности зерна. В связи с этим большое значение имеет уборка зерна с максимально возможной минимальной влаж- ностью его на корню. С другой стороны, должен быть обеспечен эффективный контроль процесса сушки, т. к. при пересушивании зерна происходит существенный перерасход тепловой энергии. Повышение температуры агента сушки позволяет сократить время сушки, поэтому процесс должен осуществляться при максимальной допустимой температуре. В ходе теоретических исследований уста- новлено, что в зерносушилках шахтного и колонкового типа расход тепловой энергии распределяется следующим образом:

* испарение влаги – 38 %;
* нагрев воздуха и паров воды до температуры отработавшего агента сушки (потери с отработавшим в сушилке и охладителе агентом сушки и охлаждающим воздухом) – 25 %;
* потери через стенки газопроводов и шахты – 5 %;
* потери вследствие химического или механического недожога в воздухонагревателе – 5 %;
* потери в теплообменнике воздухонагревателя – 20 %;
* потери с выходящим из охладителя зерном – 7 %.

Так как суммарные потери тепла в воздухонагревателе достигают 25 %–30 %, то важнейшей составляющей зерносушилки является агрегат для подогрева наружного воздуха, который затем используется

как агент сушки. При конвективной сушке зерна для нагрева воздуха используется в основном жидкое топливо, природный или сжижен- ный газ, а также твердое топливо. В последние годы за рубежом расширилось использование воздухонагревателей, работающих на природном или сжиженном газе. Их конструкция отличается про- стотой и низкой металлоемкостью, позволяет использовать прямой нагрев воздуха без опасности загрязнения зерна продуктами непол- ного сгорания топлива. Тепловая мощность воздухонагревателей имеет широкий диапазон – от 50 до 5000 кВт. Наиболее распро- странен диапазон от 700 до 3500 кВт. Основным направлением совершенствования воздухонагревателей, работающих на традици- онных видах топлива, является повышение КПД теплообменников и надежности работы всего агрегата. Улучшение теплопередачи достигается различными изменениями, в основном турбулизацией течения газового потока в местах активного теплообмена. Надеж- ность работы воздухонагревателей существенно повышена полной автоматизацией горения топлива. Чтобы повысить эффективность их использования, целым рядом фирм разработана универсальная конструкция, которая может работать как посредством прямого нагрева, так и с теплообменником. Такая конструкция воздухо- нагревателя представлена на рис. 1.13.



*а б*

*Рис. 1.13.* Технологические схемы воздухонагревателя фирмы Schmidt-Seeger (Германия):

*а* – в режиме работы с теплообменником; *б* – прямой нагрев

Анализ технического уровня воздухонагревателей, применяв- шихся в Беларуси в период 1995–2010 гг., показал, что они значи-

тельно уступают по всем основным параметрам зарубежным аналогам. Если зарубежные воздухонагреватели, например А1000 фирмы Antii (Финляндия) или W10 фирмы Goldsaat (Германия), имеют КПД, равный 0,91–0,92, то отечественные аналоги всего ряда тепловой мощности – 0,85–0,89. Удельный расход топлива у отече- ственных воздухонагревателей составляет 0,117–0,133 кг/кВт, в то время как у зарубежных – 0,093–0,095 кг/кВт. У воздухонагревателя ОАО «Брестсельмаш» АТ-0,3 удельный расход жидкого топлива составляет 0,167 кг/кВт, что почти вдвое больше, чем у зарубежных аналогов. Также у отечественных воздухонагревателей в 1,5–2,0 раза выше удельная металлоемкость. Таким образом, необходимо соз- дать типоразмерный ряд современных экономичных воздухонагре- вателей, работающих на традиционном топливе, для обеспечения ими всех видов зерносушильного оборудования сельскохозяйствен- ного производства.

По причине высокой стоимости традиционных видов топлива – газа и жидкого топлива – во многих странах начали разрабатывать конструкции воздухонагревателей, работающих на местных видах топлива: дровах, щепе, торфобрикетах, соломе, костре, стержнях початков кукурузы. Особенно актуально использование местных видов топлива на сушке зерна, которая является самым энергоем- ким процессом во всей технологической цепочке его производства. Однако дрова, солома при использовании как топливо имеют большую нестабильность и инерционность горения, их необходимо дополни- тельно готовить к сжиганию. Существенное влияние на теплотвор- ную способность дров или соломы оказывает их влажность: чем она выше, тем меньше тепла они выделяют и тем сложнее их сжи- гать. Сжигание местных видов топлива в простых топочных агре- гатах сопровождается резкими перепадами уровня достигаемых температур – в начале горения, в середине и при догорании. Ком- пенсируется эта нестабильность забрасыванием новых порций топ- лива и регулировкой подачи воздуха в топочное пространство. Но даже в идеальных случаях нестабильность горения остается высокой. Другим недостатком местных видов топлива является то, что агре- гаты для их сжигания сложнее, в несколько раз выше по стоимости и металлоемкости, чем воздухонагреватели, работающие на тради- ционных видах топлива. Кроме того, использование, например, дров для сушки зерна на высокопроизводительных зерносушилках

сопряжено с целым рядом проблем. В первую очередь это значи- тельный объем твердого топлива. Так, для зерносушилки произво- дительностью 20 пл. т/ч требуется около 700 кг/ч, или 1,5 м3/ч, дров, а за сезон (при нормативной наработке у зерносушилки 400 ч) – более 600 м3, что связано с большими затратами труда и финансовых средств на подготовку, хранение и сжигание такого объема топлива. Тем не менее дрова как топливо для зерносушилок малого и среднего классов – доступный альтернативный источник тепловой энергии. Задача состоит в создании эффективных топок для ее получения.

Другим важным источником получения тепловой энергии для сельскохозяйственного производства является солома. За рубежом, в т. ч. в Западной Европе, США, Канаде, солому давно используют как топливо. Но в силу своих природных свойств при сжигании она создает целый ряд специфических проблем. Солома чрезвычайно гигроскопична, она способна поглотить воды в 7–10 раз больше собственного веса. В то же время эта влага по сравнению, напри- мер, с древесной высвобождается при нагревании в десятки раз бы- стрее. Это является существенным положительным свойством соломы как топлива. Кроме того, потенциал соломы оценивается по сле- дующим показателям: количество энергии, которое может быть получено из 1 кг сухой (до 7 % влажности) соломы, составляет 3300 ккал, что вдвое меньше, чем в угле, и втрое меньше, чем в ди- зельном топливе. Солома, как и древесина, развивает теоретическую температуру горения на уровне 1000 °С–1200 °С, достаточном для обеспечения такого процесса, как подогрев наружного воздуха с целью сушки зерна. Достоинством соломы является практически полное отсутствие в дымовых газах серы и ее соединений. В то же время сжигание неподготовленной соломы в неприспособленных топках может понизить ее удельную энергопроизводительность до 100 ккал/кг, что крайне неэффективно. Основные достоинства соломы как топлива – большое ее количество, ежегодная возобнов- ляемость и сравнительно небольшие расстояния для перевозки.

Экономии энергии при послеуборочной обработке способствует проведение предварительной очистки. Обрабатываемый комбайно- вый зерновой ворох в отдельных случаях содержит до 15 % приме- сей, в т. ч. в преобладающем количестве влажные измельченные соломины, обломки стеблей и семена сорняков. Удаление из вороха влажных соломистых частиц снижает затраты энергии на сушку

от 4 % до 10 %. Входящие в состав зернового вороха частицы куль- турных и сорных растений, как правило, имеют очень высокую влажность (50 %–80 %) и являются источниками его очагового само- согревания, что отрицательно сказывается на сохранности зерна. Уже в первые сутки хранения большая часть влаги, находящейся в примесях, перераспределяется и поглощается зерном. Микрофлора (бактерии, плесневые грибы), содержащаяся на компонентах вороха, активно воздействует на его состояние и сохранность.

Зерно – живой организм, поэтому в нем непрерывно происходят сложные процессы обмена веществ. Одним из внешних проявлений этого является его дыхание. При влажности зерна более 14 %–16 % интенсивность дыхательного процесса возрастает, поэтому основ- ным условием длительного хранения зерновой массы является снижение влажности до 14 %. Процесс дыхания зерна может про- исходить как при доступе кислорода (аэробное), так и при его от- сутствии (анаэробное). Выделяющиеся при этом вода и тепло повышают влажность зерна и его температуру. Процесс анаэробного дыхания протекает в зерновых буртах на глубине более 1–2 м, куда доступ кислорода затруднен. При анаэробном дыхании образуется значительно меньше тепла, однако выделившийся в результате раз- ложения глюкозы спирт снижает всхожесть семян. Зерно обладает низкой теплопроводностью, поэтому при увеличении интенсивности дыхания его температура и влажность повышаются, что, в свою очередь, способствует интенсификации дыхательных процессов. В ходе исследований установлено, что повышение влажности пше- ницы с 14,4 % до 17,0 % увеличивает интенсивность дыхания зерна в 8 раз, а до 21,2 % – в 48 раз. Скачок влажности зерна ржи с 14,4 % до 20,6 % увеличивает интенсивность его дыхания в 80 раз, что создает благоприятные условия для развития плесневых грибков и бактерий, способных поднять его температуру до 65 °С–70 °С. При влажности зернового вороха 25 %–30 % в нем активно разви- ваются различного рода плесневые грибы, а при влажности более

30 % – в основном бактерии. По данным Всесоюзного научно- исследовательского института зерна, для основной массы зернового вороха, поступающего на зерноочистительно-сушильные комплексы (при средней влажности 23 %–25 % и температуре около 15 °С), предельные сроки безопасного хранения не превышают одних суток, что вызывает необходимость его незамедлительной очистки и по-

следующей сушки. Поэтому с учетом природно-производственных условий Беларуси при уборке урожая необходимо обязательно при- менять предварительную очистку зерна. Недостаток сушильных мощностей в «пиковый» период уборки вынуждает сельскохозяй- ственные предприятия складировать ворох повышенной влажности на площадках временного хранения, а в этом случае происходят наибольшие потери урожая. По различным оценкам, несвоевре- менное выделение примесей приводит к порче 10 %–15 % зерна в процессе его временного хранения.

Предварительная очистка как технологическая основа сохранно- сти свежеубранного комбайнового вороха позволяет также только за счет механического удаления наиболее крупных примесей снизить влажность обрабатываемого материала на 1 %–3 %. Так, например, предварительная очистка вороха пшеницы позволяет снизить его влажность на 1,0 %–1,6 %. Наибольший эффект снижения влажности достигается при очистке рапса – до 3 %. По результатам исследова- ний, каждое снижение влажности исходного материала на 1 %–2 % начиная с 20 % позволяет увеличить длительность его безопасного хранения (до сушки) вдвое-втрое, что способствует выравниванию загрузки мощностей зерноочистительно-сушильного комплекса. Поэтому стоит задача разработать типоразмерный ряд машин предварительной очистки для соответствующего типоразмерного ряда зерноочистительно-сушильных комплексов. В основе ранее выполненных работ лежат исследования сепарирования зерно- соломистого вороха воздушно-решетным способом и в пневмати- ческих аспирационных каналах. Для выполнения предварительной очистки комбайнового зернового вороха используются машины предварительной очистки с различными видами рабочих органов, каждый из которых работает на базе отдельного физического принципа и выполняет определенную технологическую операцию. Для выделения из состава зернового вороха наиболее крупных примесей (колосья, солома, обломки стеблей, камни и т. д.) в зерно- очистительных машинах применяют колосовые решета, размеры отверстий которых значительно превышают размеры основной культуры (зерна). Широкое распространение в СССР в 1970–1980 гг. получили воздушно-решетные сепараторы с плоскими колеблю- щимися решетными станами. Применение воздушно-решетных машин подтвердило удовлетворительные характеристики качества

их работы, однако значительное усложнение конструкции при исполь- зовании щеточной системы очистки решетных станов существенно повысило энерго- и материалоемкость процесса очистки, создало повышенный уровень шума и вибрации на рабочих местах.

В настоящее время ведущие мировые производители зерноочи- стительной техники применяют шариковую систему очистки ре- шетных станов. Такой способ очистки реализован в машинах серии

«Орион» (фирма Arrowcorp, Канада), Omega (фирма Damas, Дания), О.МАС-002, О.МАС-003 (фирма Akyurek, Турция), Delta, Mega (фирма Cimbria, Дания), SM, U (фирма Petkus, Германия), SAB, FAU, SI (фирма Westrup, Дания), TAS, SMA (фирма Schmidt-Seeger, Германия), БИС-100 (предприятие «Мельинвест», Россия), PSC, PSS (фирма Zanin, Италия), KUT-300, KUT-500, KUT-800 (фирма JK Machineri, Чехия). Применение в системе очистки решет проре- зиненных шариков значительно упрощает конструкцию решетных станов и приводного механизма машины, снижает энергоемкость процесса сепарации. Однако эффективность данной системы очи- стки существенно снижается при работе с зерно-соломистым воро- хом повышенной влажности (25 %–30 %).

В качестве основного рабочего органа машин предварительной очистки зерна некоторые зарубежные производители используют тарельчатый ротор. Такое техническое решение присутствует в кон- струкции турбинных пневмосепараторов РА-500, РА-1000 (фирма Mulmix, Италия), DA-67 и SP-68 (фирма Daguet, Франция), KF 12, KF 20, KF 40, KF 60 (фирма Kongskilde, Дания). К достоинствам пневматических сепараторов следует отнести простоту конструкции и низкое потребление электроэнергии. Однако значительную часть соломистых примесей выделить воздушным потоком невозможно (протекание процесса разделения зависит от ориентации частиц в поле воздушного потока), а при очистке зернового вороха повы- шенной влажности эффективность работы таких машин крайне низка. Кроме того, они практически не выделяют тяжелые примеси.

Для выделения крупных тяжелых примесей широко использу- ются скальператоры. Их основным рабочим органом является цилиндрическое решето с горизонтальной осью вращения. Зерно- очистительные машины такого типа выпускаются фирмами Marot (PN 601, PN 1002, PN 1253, EAS 53, EAS 153), Ferrel (2608-D, 3608-D, 2868-D, 3868-D), Schule (650M, 1200M, 750S, 1200S),

«Воронежсельмаш» (МПО-30, МПО-50, СПО-100), Carter Day (Scalperator 24//, Scalperator 11//), Westrup (модель HG), Petkus (модель TSR), Law-Denis (PN 600, PN 1000), Cimbria (тип 149). Рас- пространены скальператоры на основе роликовых решет, например выпущенный фирмой Superior (США) скальператор Lav-Roll RS-35A. Недостаток такой машины – отсутствие подсевного решета для уда- ления мелких примесей, однако при самой высокой производи- тельности практически исключается забивка отверстий.

Скальператоры характеризуются высокой производительностью, низкой энерго- и металлоемкостью, компактностью, простотой кон- струкции, отсутствием инерционных механизмов и низким уровнем шума. Плетеные (пробивные) цилиндры нередко применяют для вы- деления соломистых примесей и в конструкциях машин первичной очистки зерна (Westrup, Kamas).

Существенным недостатком данного типа сепарирующих рабочих органов является малый путь перемещения зернового вороха по решетной поверхности, что не позволяет выполнить требуемую степень очистки зернового материала. Использование плоских решет для этих целей не обеспечивает требуемых показателей удельной материалоемкости процесса очистки по сравнению с цилиндриче- скими решетами. Кроме того, не исключаются потери зерна основной культуры в отходы (крупные примеси). Поэтому высокопроизводи- тельные скальператоры оснащают дополнительным цилиндрическим решетом, которое обычно имеет меньший (по сравнению с основ- ным решетом) диаметр и предназначено для выделения зерна из состава крупных примесей с целью снижения потерь. В случае применения сетчатого транспортера увеличивается длина пути зер- нового вороха по сепарирующей поверхности, но затрудняется очистка сетки от соломистых примесей. Кроме того, такой рабочий орган имеет меньшую надежность и износостойкость.

В то же время для выделения крупных посторонних примесей широко применяются сепараторы с цилиндрическим решетом, отли- чительные особенности которых – компактность, простота конструк- ции, высокая производительность с небольшими затратами энергии. Такие машины выпускают фирмы Marot (PN 601/1002/1253/1503, EAC 53/153/354/503/704/1103), Schmidt-Seeger (SDS), Buhler (MKZM), Ocrim (SRP), Westrup (DP), Paddy Cleaner (TSCY), «Мельинвест» (А1-БЗО), «Вибросепаратор» (А1-Б32-0-01), ArrowCorp (12//, 18//).

Сепарирующие рабочие органы в виде цилиндрического решета получили широкое распространение за рубежом. Цилиндрические решета успешно используются в конструкциях зерноочиститель- ных машин Arrow 12X24/36/48/60/72/84/101/115/120 (ArrowCorp, Канада), Combi DPC-40 (Kongskilde, Дания), 85/100 (Feterl, США), 272/372/572/772 (Nor-wood, США), 51A (Neco, США), ZS 300/500/700

(Heid, Австрия), PT 500/1000/1200 (Mulmix, Италия), MEPU 2000 (MEPU, Финляндия), 550 Trommel (Carter Day, США), Tornado TTR 630/800 (Horstkotter, Германия). Основным недостатком сепари- рующего рабочего органа в виде цилиндрического решета является низкая удельная производительность при работе в качестве под- севного решета (для выделения мелких примесей). Это объясняется условиями работы подсевных решет (доля компонентов проходовых размеров (мелких примесей) в обрабатываемом материале невелика), а также особенностями сепарации зернового материала на цилинд- рическом решете (отсутствие знакопеременной силы, встряхивающей сепарируемый материал в плоскости основания решета). Однако использование цилиндрического решета в качестве колосового – для выделения крупных (соломистых) примесей – вполне оправдано, т. к. просеивание зерна основной культуры не затруднено, что спо- собствует интенсивному самосортированию и фракционному раз- делению зернового вороха.

Среди машин предварительной очистки с комбинированной системой очистки наибольшее распространение получили зерно- очистительные машины, включающие цилиндрическое решето и пнев- матическую сепарирующую систему. В них может использоваться как разомкнутая, так и замкнутая пневматическая система с пнев- матическим сепарирующим каналом наклонного или вертикального расположения. Существенное значение для эффективности проте- кания процесса пневматического сепарирования имеет способ ввода зернового материала в канал. Повышению эффективности работы пневматического сепарирующего канала, в отличие от традицион- ных пассивных устройств ввода в виде откидного клапана или скатной доски, способствует применение активных устройств ввода зернового материала в канал в виде питающего валика. Сравни- тельный анализ номинальных параметров и технического уровня машин предварительной очистки, использующихся в Беларуси, и лучших зарубежных аналогов показывает, что отечественные

машины существенно уступают им по показателям удельного рас- хода электроэнергии и удельной материалоемкости. Отечественные машины с плоским решетом имеют удельный расход электроэнергии 0,20–0,48 кВт·ч/т при 0,072–0,180 кВт·ч/т у аналогичных зарубежных, удельную материалоемкость 35,3–98,0 кг·ч/т при 15,0–31,0 кг·ч/т у зарубежных.

Современных отечественных машин, использующих в качестве рабочего органа цилиндрическое решето, практически нет, в то время как за рубежом такие машины интенсивно разрабатываются. Французская фирма Marot разработала гамму машин на базе цилин- дрического решета. Машины предварительной очистки фирмы Marot модели PN предназначены для удаления крупных примесей, для удаления же мелких и легких машина оборудуется пневмо- аспиратором. Выбор размера отверстия сит зависит от предназначения и вида зерна. Эти машины могут работать с производительностью от 35 до 400 т/ч. Калибровочно-очистительные машины серии EAC фирмы Marot работают в режиме первичной очистки. В них посту- пающий зерно-соломистый материал проходит двойную аспирацию. После аспирации масса поступает во вращающееся составное цилиндрическое решето. Первое сито отделяет мелкие и разбитые зерна, песок и другие аналогичные включения. Широкий выбор комбинаций сит позволяет обеспечить очистку любых видов зерна, достигая производительности от 5 до 400 т/ч. Калибровочные машины фирмы Marot разделяют зерновой материал по ширине и толщине. Точность разделения достигается благодаря вращаю- щемуся барабану, скорость и угол наклона которого регулируются. Выбор модели зависит от требуемого количества фракций сепара- ции и производительности. Количество секций может изменяться от 2 до 5, а диаметр цилиндра – от 630 до 1610 мм. Если необхо- димо произвести многоступенчатую сепарацию, то калибровку про- водят путем комбинирования нескольких машин последовательно или параллельно.

Оборудование для хранения зерна разрабатывается такими фирмами, как Symaaga, Prado, Silos Cordoba (Испания), Denis, Prive, Dancorn (Германия), Tornum (Швеция), Westeel (Канада). Конст- рукции перфорированного дна в плоскодонных силосах фирм имеют практически 100%-ю воздухопроницаемость. В отличие от них, отечественные силосные хранилища производства ОАО «Лидсельмаш»

и ЗАО «Сельэнерго» (Смолевичи) оснащаются вентиляционными каналами, устроенными в фундаменте силосов, и обеспечивают продуваемой перфорацией только 30 %–70 % площади дна, что менее эффективно.

Разработка и освоение машины предварительной очистки зерна с комбинированным рабочим органом в виде цилиндрического ре- шета и пневматического сепарирующего канала с активным вводом зернового материала для сельскохозяйственного производства Бела- руси являются актуальными и перспективными задачами.

Зарубежными фирмами разработан широкий спектр машин и линий для послеуборочной доработки, взвешивания и упаковки картофеля и овощей. Фирма Grimme является передовым мировым произво- дителем техники для послеуборочной доработки картофеля, овощей и сахарной свеклы. Ее приемно-сортировочные пункты обеспечи- вают сортировку на 4-5 фракций, особое внимание уделено систе- мам автоматики управления механизмами. Например, приемный бункер серии RH 20-60 производит сортировку на 4 фракции, что означает высокую эффективность при использовании меньшего количества техники и персонала. Приставка TH 624 принимает урожай быстро и обеспечивает эффективную подачу на второй (основной) приемный бункер (например, RH 20-60). Во время разгрузки первич- ный бункер гидравлически поднимается, что позволяет использовать емкость основного приемного бункера еще эффективней и создать еще больший буферный объем для всей линии. Благодаря этому сокращается время разгрузки и осуществляется эффективная транс- портировка при небольшом количестве задействованых транспорт- ных средств.

Фирмы производят ряд машин для упаковки картофеля. Для пред- приятий с большой производительностью разработана линия с ав- томатическим дозатором и упаковочной машиной фирмы Upmann (Германия). Начало упаковочной линии также состоит из приемного бункера и инспекционного стола, затем установлен автоматический дозатор Upmatic 2007 и синхронизированная с ним упаковочная машина Upmatic 1351.

Upmatic 2007 – компьютеризированный дозатор для мелких и крупных товаров пищевой и непищевой промышленности. Область взвешивания – от 1 до 25 кг. Подающий транспортер подводит товар к семи виброжелобам, по которым продукт перемещается непо-

средственно во взвешивающие контейнеры. Дозирующая машина в течение нескольких миллисекунд набирает заранее заданный вес в весовые контейнеры, продукт из соответствующих весовых кон- тейнеров сбрасывается на отводящий транспортер, и порция отправ- ляется в упаковочную машину. Upmatic 2007 подходит практически для всех мелких и крупных продуктов в области пищевой и непище- вой промышленности, таких как лук, картофель, орехи, морковь, брюссельская капуста, конфеты, а также продукты глубокой заморозки. Упаковочная машина Upmatic 1351 – полностью автоматиче- ская, заполняющая и упаковывающая машина для фасовки продукта в сетки-мешки в пределах от 2,5 до 25,0 кг. В зависимости от вы- бранного упаковочного материала машина подходит практически для любых продуктов пищевой или непищевой промышленности. Машина Upmatic 1351 высокопроизводительна и легка в эксплуа- тации. Упаковочный материал подается из рулона и посредством теплового резака разделяется на мешки, за исключением верхней полосы поддержки. Далее мешки подаются под заполняющий бункер. После того как мешки заполнены, они маркируются и прошиваются во время их последующего перемещения, затем верхняя полоса поддержки с лентой маркировки разрезается между парами роликов. Все операции являются цикличными и точно синхронизироваными друг с другом. Возможна комбинация со всеми автоматическими

весовыми дозаторами.

Фирма Franz Kleine (Германия) – одна из ведущих в мире по машинам для послеуборочной доработки сахарной свеклы. Для по- слеуборочной доработки сахарной свеклы фирмой разработан 6-рядный прицепной комбайн-перегрузчик Rootster 604. Благодаря оригинальному V-образному приемному столу и новой поворотной кабине погрузчика для сахарной свеклы компания Franz Kleine выпол- няет все требования современной свекловодческой отрасли. В про- цессе погрузки свекла под воздействием силы тяжести скатывается из насыпного бурта к середине или внешнему периметру кагата.

Открытый стол V-образной формы позволяет осуществлять прохождение корнеплодов. Благодаря своей конструкции приемный стол погрузчика осуществляет захват свеклы не только с торца, он также имеет возможность бокового воздействия на насыпной конус по направлению к приемным столам. Таким образом значительно улучшается распределение корнеплодов по всей ширине приемного

стола. Очистка свеклы осуществляется при помощи очистительной линии, имеющей большую длину. Без дополнительного перенаправ- ления потока свекла бережно передается через очистительный вал на роторные валики при помощи новой структуры пальцевых валиков. При встречном перемещении валиков участок очистки приподни- мается и свекла перемещается быстрее, более эффективно отделя- ются сорняки и ботва, что облегчает отсеивание земли. Кроме того, новые длинные роторные валики с более длинным путем очистки на боковых столах способствуют эффективной последующей очи- стке на среднем столе.

Преимущества нового V-образного приемного стола фирмы Franz Кleine: V-образное приемное приспособление с рабочей шириной 10 м обеспечивает обработку кагатов с учетом всех совре- менных агротехнических требований; удлиненный путь очистки повышает эффективность очистки и не травмирует корнеплоды; значительно снижается уровень механического воздействия на свеклу; широко сформированный кагат уменьшает потери корнеплодов во время хранения; незначительное усилие на перемещение по линии способствует минимальному расходу топлива. Расход дизельного топлива при погрузке 31 т за 4 мин составляет 2,1 л.

В области послеуборочной доработки плодов и ягод основной операцией является сортировка. Так, на линии Sangrow Sp задейст- вована электронная чашечная машина для сортировки яблок. Плод попадает в бункер, где его моют (производительность – 20–25 ящи- ков в час) и обеззараживают. Одновременно с этим мусор и гнилые яблоки отсортировывают. Перед попаданием в чашу с яблока уби- рают оставшуюся влагу в специальном вентиляционном блоке, затем проходит отбор при помощи системы машинного зрения ViSort. Яблоко, которое не отвечает заданным критериям, сбрасывается с линии. Кроме того, электронные сортировочные машины осна- щены тензометрической системой взвешивания. Яблоки, прошедшие проверку системой, попадают на выходной ленточный конвейер для последующей упаковки. Большинство производителей таких линий могут дополнять их разнообразными опциями – фасовкой, упаковкой и др.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

## Определение траектории перемещения пласта почвы при вспашке в зависимости

**от параметров корпуса плуга и предплужника**

***Цель работы*:** определить основные технологические показатели процесса обработки почвы плугом; построить схему оборота пласта почвы, определить его устойчивость и угол наклона отваленного пласта, поперечный профиль открытой борозды.

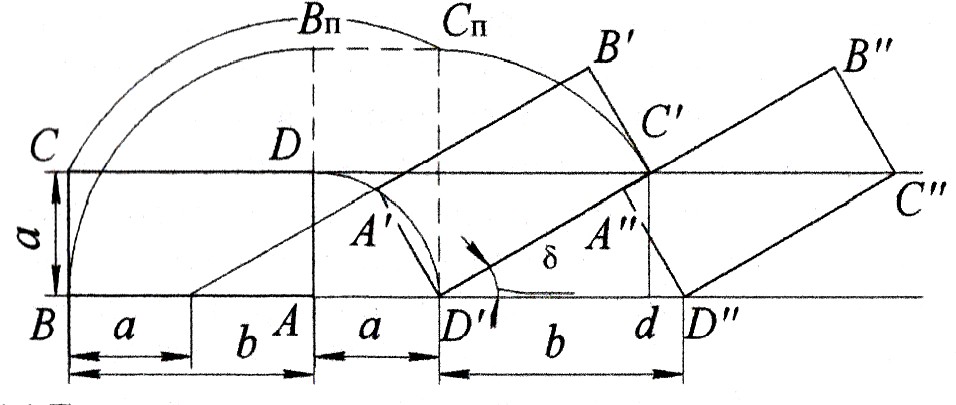
***Оснащение рабочего места*:** корпус плуга, почвенный канал, измерительный комплекс РС Меsslektronik Spider 8, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

***Содержание работы*:** изучить условия равновесия пласта, обора- чиваемого плугом, при вспашке корпусом без предплужника и с ним.

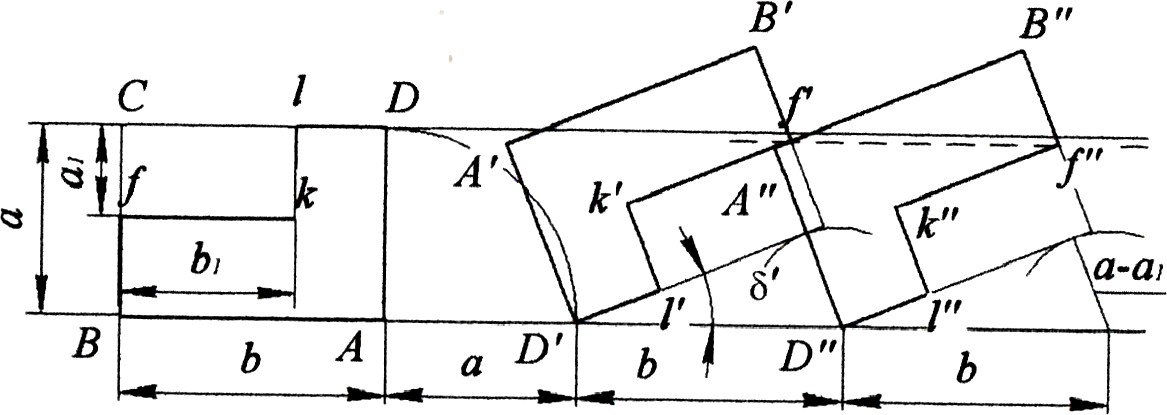
## Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.2).

При движении плужный корпус отрезает от общего массива пласт почвы *АВСD* (рис. 2.1 и 2.2) толщиной *а* и шириной *b.* В про- цессе действия рабочей поверхности корпуса на пласт последний поворачивается относительно грани *А* до вертикального положения *ABnCnD'*, затем пласт поворачивается относительно грани *D'* и ло- жится на ранее отваленный пласт гранью *D'C'*.



*Рис. 2.1.* Схема оборота пласта почвы корпусом плуга при работе без предплужника



*Рис. 2.2.* Схема оборота пласта почвы корпусом плуга при работе с предплужником

После оборота пласт занимает положение *А'В'С'D'.* Точки стыка смежных пластов (*С'*, *С''* и т. д.) находятся на уровне непаханого поля (*С'd* = *a*), расстояние между опорными точками отваленных пластов равно *b*, контур *CBD'A'B'* является поперечным профилем открытой борозды. Угол наклона отваленного пласта определяется согласно представленной схеме (рис. 2.3):

sinδ = *a* , (2.1)

*b*

откуда

δ = arcsin *a* ; (2.2)

*b*

*a*пр  ,

*b*

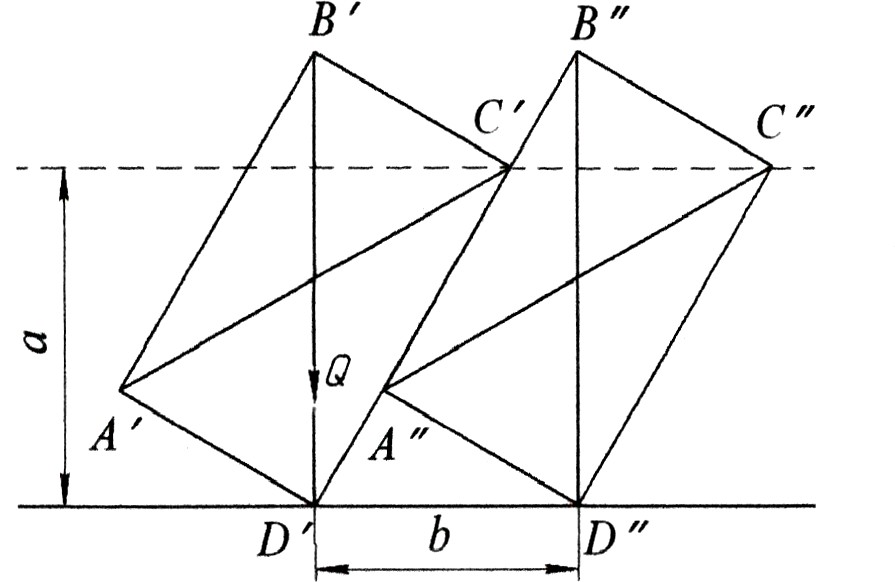
*k*пр

где *k*пр – безразмерный коэффициент соотношения *b*

*a*

(2.3)

(*k*пр = 1,27–1,35).



*Рис. 2.3.* Схема определения предельно устойчивого положения пласта почвы при его обороте корпусом плуга

Заполнить табл. 2.1 согласно варианту исходных данных (табл. 2.2).

*Таблица 2.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *а*, м | *b*, м | *а*1, м | *b*1, м |
|  |  |  |  |  |

В соответствии с исходными данными определить технологиче- ские параметры поля после вспашки:

* поперечный профиль открытой борозды при работе плуга без предплужника (рис. 2.1)

*L*борозды = *CB* + *BD'* + *D'A'* + *A'B'*; (2.4)

* поперечный профиль открытой борозды при работе плуга с пред- плужником (рис. 2.2)

*L*борозды = *CB* + *BD'* + *D'A'* + *A'B'*; (2.5)

* угол наклона отваленного пласта при работе плуга без пред- плужника (рис. 2.1)

δ = arcsin *a* ;

*b*

* угол наклона отваленного пласта при работе плуга с пред- плужником (рис. 2.2)

δ = arcsin

*b* *a*1 ; (2.6)

*b*

* предельное значение глубины вспашки

*a*пр  .

*b*

*k*

пр

Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных рас- четным путем.

## Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

* отложить на миллиметровой бумаге отрезки, равные ширине и толщине пласта, срезаемого корпусом плуга;
* построить графически траекторию перемещения крайних точек пласта при его обороте, определить угол наклона отваленного пласта для вспашки без предплужника и с ним;
* определить длину поперечного профиля открытой борозды;
* теоретически определить устойчивость пласта и возможную предельную глубину вспашки.

*Таблица 2.2*

Варианты исходных данных

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *а*, cм | *b*, cм | *а*1, cм | *b*1, cм |
| 1 | 20 | 30 | 8 | 15 |
| 2 | 25 | 35 | 8 | 20 |
| 3 | 30 | 40 | 10 | 22 |
| 4 | 35 | 45 | 12 | 26 |
| 5 | 40 | 50 | 15 | 26 |
| 6 | 45 | 55 | 12 | 26 |
| 7 | 20 | 50 | 15 | 28 |
| 8 | 25 | 45 | 12 | 28 |
| 9 | 30 | 40 | 10 | 26 |
| 10 | 35 | 35 | 12 | 24 |
| 11 | 40 | 30 | 15 | 25 |

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу плугов?
2. Что такое поперечный профиль открытой борозды?
3. Что характеризует угол наклона отваленного пласта?
4. Как определяется предельно устойчивое положение пласта при работе плуга без предплужника?
5. Как определяется предельная глубина вспашки при работе плуга без предплужника?

## Определение уравнения движения ножа при обработке почвы фрезой в зависимости

## от ее конструктивно-кинематических параметров

***Цель работы*:** определить технологические показатели процесса обработки почвы фрезой и произвести проверку теоретических расчетов. ***Оснащение рабочего места*:** корпус фрезы, почвенный канал, измерительный комплекс РС Меsslektronik Spider 8, схемы, плакаты,

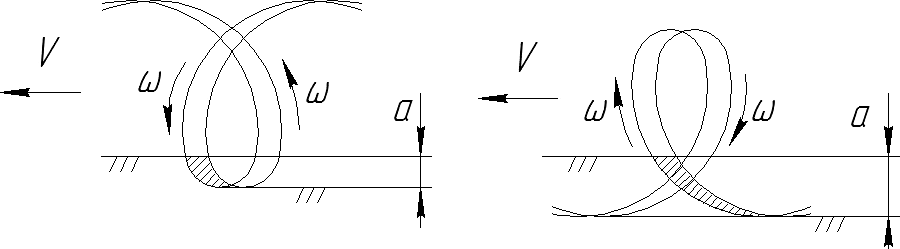
методические указания, измерительный инструмент.

***Содержание работы*:** изучить условия обеспечения требуемой продольной гребнистости при обработке поверхности поля фрезой.

## Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.5).

В процессе работы ножи почвенных фрез совершают враща- тельное и поступательное движение. Траектория движения каждой точки ножа фрезы зависит от соотношения окружной и поступа- тельной скоростей. У фрез с горизонтальной осью вращения траек- тория движения ножей представляет собой вытянутую циклоиду (трохоиду). Траектория движения двух последовательно работаю- щих ножей и направление вращения фрезы определяют размеры и форму срезаемой почвенной стружки (рис. 2.4). При отрезании стружки сверху вниз (рис. 2.4, *а*) сечение ее уменьшается от мак- симума до нуля, а при обратном вращении (рис. 2.4, *б*), наоборот, увеличивается от нуля до максимума. Стружка почвы снимается ножом фрезы при угле поворота на 180°, а ее сечение увеличивается от нуля до максимума, равного величине подачи на один нож фрезы, затем вновь уменьшается до нуля. При работе фрезерной машины каждая точка режущих элементов барабана перемещается вместе с машиной со скоростью *V*м и одновременно вращается относи- тельно оси барабана с окружной скоростью *V*окр. Окружная скорость *V*окр = ω*t.* Знак «+» принимается при вращении ножей против часовой стрелки, знак «–» – при их обратном вращении.



*а б*

*Рис. 2.4.* Схемы образования стружки:

*а* – отрезание стружки сверху вниз; *б* – отрезание стружки снизу вверх

Абсолютная скорость любой точки ножа фрезы представляет собой геометрическую сумму поступательной и окружной скоро- стей. Уравнения координат траектории перемещения точек лезвия ножа (рис. 2.5) при отсчете от оси *х* имеют вид:

*х* = *V*м*t* + *R*cosω*t*; (2.7)

*y* = *R*sinω*t*, (2.8)

где *R* – расстояние от оси вращения барабана до лезвия ножа рабочего органа, м;

ω*t* – угол поворота ножа за промежуток времени *t*, град.; ω – угловая скорость вращения рабочего органа, с–1.

Толщина стружки с достаточной точностью определяется из тре- угольника *A*1*B*1*B*2 (рис*.* 2.5):

*S*max = *Sz*sinα, (2.9)

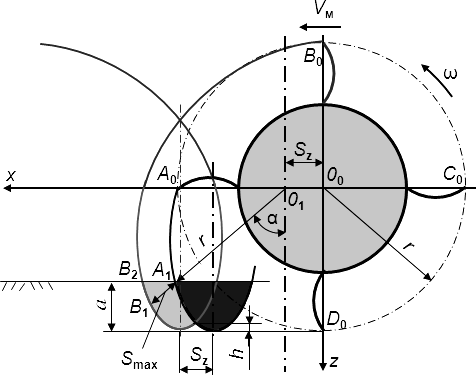
где *Sz* – величина подачи на один нож фрезы, м.

Сечение стружки, срезаемой одним ножом фрезы:

*F* = *bS*max = *bSz*sinα, (2.10)

где *b –* ширина захвата одного ножа, или расстояние между сосед- ними ножами вдоль вала фрезы, м (табл. 2.3);

*S*max – толщина стружки, срезаемой ножом, м.



*Рис. 2.5.* Схема образования стружки почвы

В среднем за цикл количество одновременно работающих ножей

*i* α

*z* ,

к 360

(2.11)

где αк – угол контакта фрезы с почвой, град.;

*z* – число ножей фрезы на одном диске, шт. (табл. 2.3).

Угол контакта фрезы с почвой

α   *a* 

к arccos 1  ,

(2.12)

 *R* 

где *а* – глубина фрезерования, м.

При обработке почвы фрезерными органами с горизонтальной осью вращения на дне борозды между траекториями двух соседних ножей образуются гребешки высотой *h* (рис. 2.5), которые по агро- техническим требованиям не должны превышать 0,2*а*.

Теоретическая высота гребней *h* определяется по выражению

 

 

*h*   *SZ* 

р *R* 1 cos  *V* . (2.13)

 2*R*  п 1

 



*V*







окр





## Порядок выполнения работы

Заполнить табл. 2.3 согласно варианту исходных данных (табл. 2.5).

*Таблица 2.3*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *R*, м | *V*м, м | λ | α, см | *z*, шт. |
|  |  |  |  |  |  |

В соответствии с исходными данными определить кинематические и технологические параметры:

* окружную скорость фрезерного барабана

*V*окр = λ*V*м; (2.14)

* угловую частоту вращения барабана

ω = *V*окр ; (2.15)

*R*

* частоту вращения барабана

*n* = 30ω ; (2.16)

π

* путь, пройденный агрегатом за один оборот барабана:

*S*0 = 2π*R* ; (2.17)

λ

* подачу на нож фрезы – путь, пройденный агрегатом за время поворота барабана на угол, равный углу между соседними ножами:

*Sz* = 2π*R* ; (2.18)

λ*z*

* + построить траектории перемещения крайних точек двух сосед- них ножей фрезерного барабана (рис. 2.6);
  + в координатах *x*0*z* вычертить окружность радиуса *R* (М 1:10

или М 1:5);

* + на оси 0*x* отложить отрезок *S*0 – путь, пройденный агрегатом за один оборот барабана;
  + разделить окружность и отрезок *S*0 на 12 равных частей;
  + через точки 12; 1 и 11; 2 и 10; 3 и 9; 4 и 8; 5 и 7; 6 провести линии, параллельные оси 0*x*;
  + из точки 1, находящейся на оси 0*x*, радиусом *R* на прямой, проходящей через точки 1-11, отметить точку *a*1, аналогично из точки 2 – *a*2, из точки 3 – *a*3 и т. д.;
  + соединить точки *a*1, *a*2, *a*3, …, *a*12 кривой – получится циклоида, по которой перемещается крайняя точка первого ножа;
  + аналогично построить циклоиду перемещения второго (соседнего)

ножа (рис. 2.7);

* + с учетом заданной глубины обработки почвы показать на схеме

(рис. 2.7) поверхность поля и дно борозды;

* + выделить часть почвы («стружку»), вырезаемую между двумя циклоидами;
  + показать радиус *R* фрезы и обозначить как его продолжение толщину *S*max вырезаемой соседними ножами «стружки»;
  + показать высоту *h* гребешков.

*Vnt*



*Vnt*

*Sz*

*2*

*S*

*z*

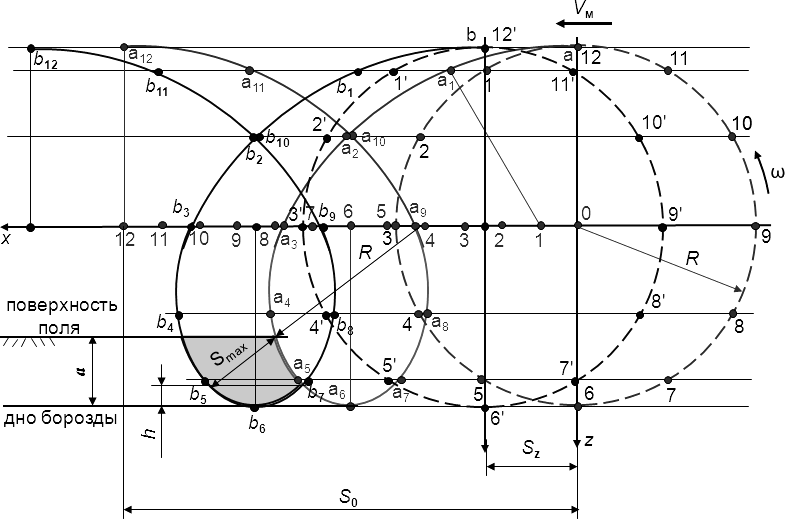
*Рис. 2.6.* Схема для определения параметров траектории движения ножей фрезы

*Sz*

*h*

*a*

*c*



*Рис. 2.7.* Схема для определения толщины стружки почвы и высоты необработанных гребешков

Рассчитать координаты *х* и *у* траектории перемещения крайних точек лезвий ножей фрезерного барабана. Результаты расчетов занести в табл. 2.4. По расчетным данным построить траектории перемещения крайних точек лезвий ножей фрезерного барабана (принять ∆*t* = 0,03–0,05 с) и сравнить их с построенными ранее.

*Таблица 2.4*

Параметры траектории движения точки лезвия ножа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | *t*1 = *t* | *t*2 = 2*t* | *t*3 = 3*t* | *t*4 = 4*t* | *t*5 = 5*t* | *t*6 = 6*t* | *t*7 = 7*t* | *t*8 = 8*t* | *t*9 = 9*t* | *t*10 = 10*t* |
| Время, с | | | | | | | | | |
| 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,30 |
| *V*м*ti* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *R*cosω*ti* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *x* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *y* = *R*sinω*ti* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| φ*i* = ω*ti* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Согласно приведенной методике:

* + определить толщину стружки, срезаемой одним ножом, и вы- соту гребешков;
  + построить графически траекторию перемещения крайних точек двух соседних ножей фрезерного барабана, определить толщину стружки и сравнить с расчетной.

*Таблица 2.5*

Варианты исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *R*, м | *V*м, м | λ | α, см | *z*, шт. |
| 1 | 0,45 | 0,5 | 1,3 | 20 | 4 |
| 2 | 0,45 | 0,8 | 1,5 | 25 | 6 |
| 3 | 0,40 | 1,0 | 1,2 | 30 | 8 |
| 4 | 0,50 | 1,2 | 2,0 | 35 | 10 |
| 5 | 0,65 | 1,5 | 1,8 | 40 | 6 |
| 6 | 0,55 | 1,2 | 2,2 | 35 | 8 |
| 7 | 0,60 | 1,0 | 2,4 | 30 | 10 |
| 8 | 0,45 | 1,5 | 1,5 | 25 | 12 |
| 9 | 0,45 | 2,0 | 1,2 | 20 | 14 |
| 10 | 0,50 | 1,8 | 1,8 | 30 | 10 |

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу фрезерных машин?
2. По какой траектории движется рабочий орган фрезы?
3. Что характеризует показатель кинематического режима?
4. Почему с увеличением показателя кинематического режима работы фрезы высота гребешков на дне борозды уменьшается?
5. Как на высоту почвенных гребешков влияют подача на нож почвы и шаг фрезы?
6. Как рассчитать координаты *х* и *у* траектории перемещения крайних точек лезвий ножей фрезерного барабана?
7. Как определяется путь, пройденный агрегатом за время пово- рота барабана на угол, равный углу между соседними ножами?
8. Как определяется подача на нож фрезы?

## Определение траектории абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочного диска

***Цель работы*:** определить основные технологические показатели процесса посадки рассады; построить траекторию абсолютного дви- жения точки зажима рассады держателем посадочной машины.

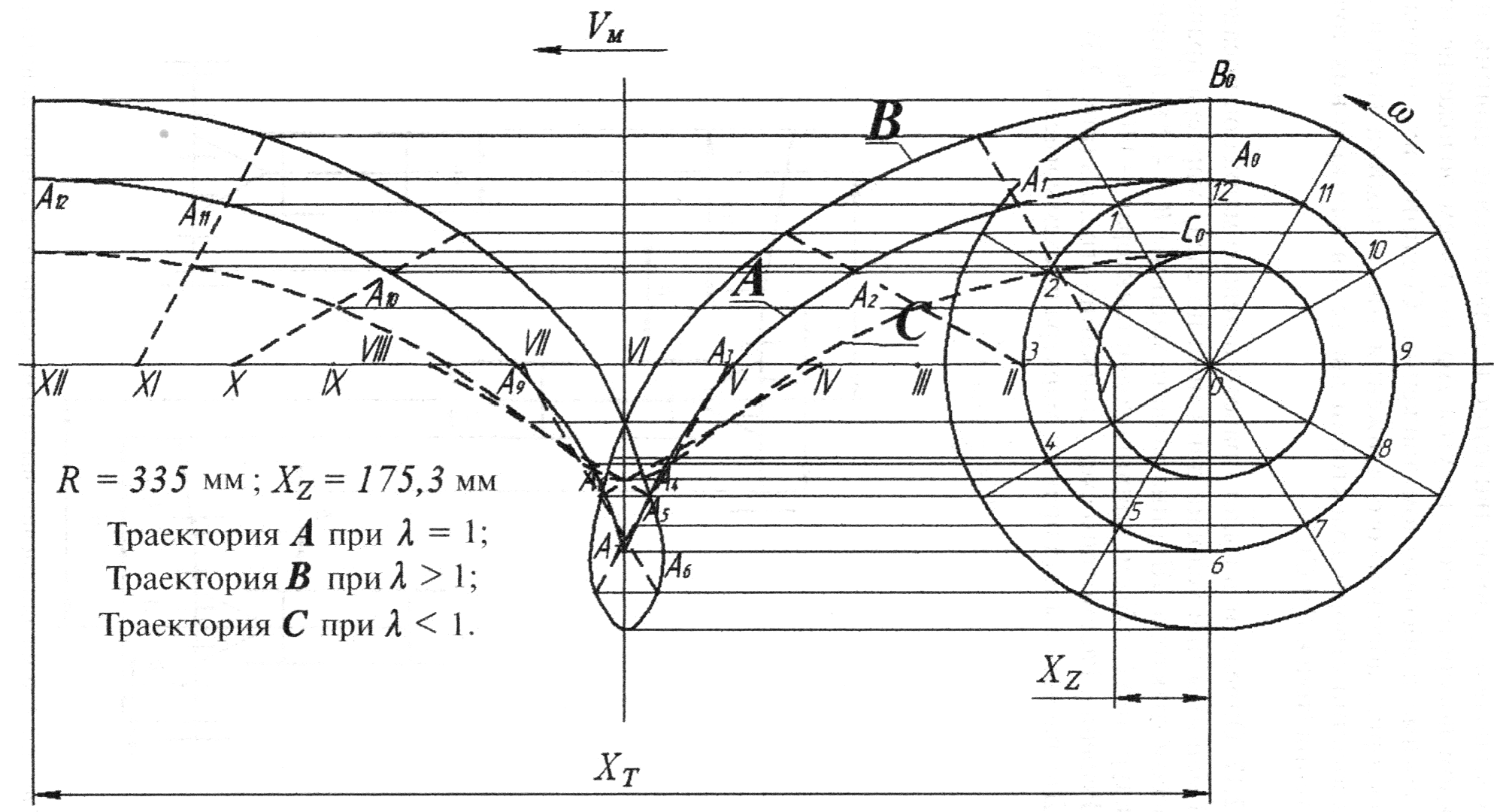
***Оснащение рабочего места*:** стенд с секцией рассадопосадочной машины, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

***Содержание работы*:** определить абсолютную траекторию дви- жения точки зажима рассадодержателя рассадопосадочной машины для обеспечения качественной посадки рассады.

## Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.7).

Абсолютное движение рассадодержателя складывается из отно- сительного движения с угловой скоростью ω и переносного движе- ния со скоростью *V*м (рис. 2.8).



*Рис. 2.8.* Схема построения траектории абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочного диска

Для построения траектории абсолютного движения точки зажима необходимо определить значение перемещения машины *X*т за один оборот диска. При показателе кинематического режима λ = 1 пере- мещение

*X*т = π*D*, (2.19)

где *D* – расчетный диаметр посадочного диска (по точке зажима), см. Длина пути *X*т и окружность делится на *Z* равных частей, например

*Z* = 12 (рис. 2.8). Перемещение машины за время поворота диска на угол

равно

φ 2π

*Z*

(2.20)

*X* *X* т .

*Z Z*

(2.21)

Путем сложения значений углового движения и перемещения машины при каждом повороте диска на угол Δφ получают положе- ния точки зажима в абсолютном движении. Соединив их, опреде- ляют траекторию абсолютного движения точки зажима (точки *А*). Аналогично строятся траектории движения крайних точек растения длиной *l*р (точек *В* и *С*).

Заполнить табл. 2.6 согласно варианту исходных данных (табл. 2.7).

*Таблица 2.6*

Исходные данные

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *D*, см | λ | *l*р, см |
|  |  |  |  |

В соответствии с исходными данными определить абсолютную траекторию движения точки зажима рассадодержателя рассадопоса- дочной машины. Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

## Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

* изобразить в масштабе на миллиметровой бумаге диаметры описываемых окружностей точки зажима и концов высаживаемого растения при вращении рассадодержателя;
* построить графически траектории абсолютного движения точки зажима и концов высаживаемого растения при полном обороте рассадодержателя.

*Таблица 2.7*

Варианты исходных данных

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *D*, cм | λ | *l*р, cм |
| 1 | 68 | 1,0 | 20 |
| 2 | 64 | 0,9 | 18 |
| 3 | 62 | 0,8 | 16 |
| 4 | 60 | 0,7 | 22 |
| 5 | 58 | 0,6 | 24 |
| 6 | 56 | 0,5 | 18 |
| 7 | 54 | 1,1 | 14 |
| 8 | 52 | 1,2 | 18 |
| 9 | 50 | 1,3 | 16 |
| 10 | 68 | 1,4 | 20 |
| 11 | 64 | 1,5 | 18 |
| 12 | 66 | 2,0 | 16 |

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу рассадопоса- дочной машины?
2. Что такое траектория абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочного диска?
3. Как влияет кинематический режим рассадопосадочной машины на процесс высаживания рассады?

## Определение уравнения движения гранулы в зависимости

**от конструктивно-кинематических параметров дискового центробежного разбрасывателя**

***Цель работы*:** определить основные технологические показатели процесса разбрасывания гранулированных минеральных удобрений; построить схему движения гранулы, определить траекторию и даль- ность ее полета.

***Оснащение рабочего места*:** центробежный разбрасыватель РДУ-1,5, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

***Содержание работы*:** изучить условия обеспечения требуемой дальности полета гранул при разбрасывании гранулированных мине- ральных удобрений.

## Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.9).

При движении машины для внесения гранулированных мине- ральных удобрений с дисковым центробежным разбрасывателем (рис. 2.9) окружная скорость диска

*V* π*n*д *D*д

0  60 ,

(2.22)

где *n*д – частота вращения диска разбрасывателя, мин–1;

*D*д – диаметр диска, м.

Тогда абсолютная скорость гранулы в момент схода с диска

*V*  *V* 2 *V* 2 2*VV* cos(90ψ) ; (2.23)

а *r* 0 *r* 0

cos(90ψ)  *r*0 *R*

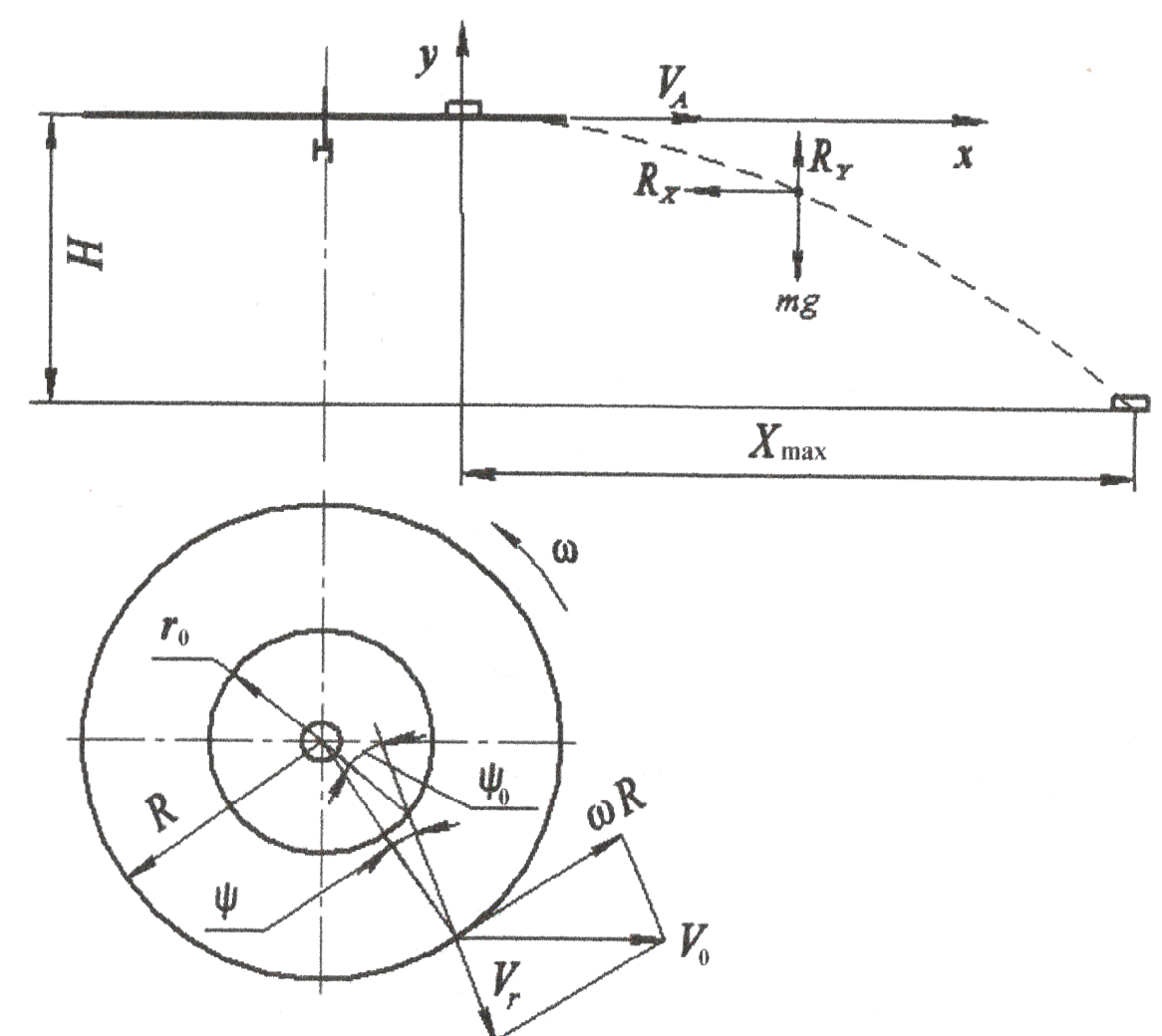
sin ψ  sin ψ0 ,

(2.24)

где *Vr* – относительная скорость движения гранулы вдоль лопасти, м/с; ψ – угол между радиальным направлением и направлением

лопасти в момент попадания гранулы на диск, град.;

*r*0 – расстояние от места подачи гранулы на диск до его центра, м.



*Рис. 2.9.* Схема для определения траектории и дальности полета гранулы минерального удобрения, сходящей с центробежного диска

Дальность полета гранулы минерального удобрения, сходящей с центробежного диска:



ln *V*а *K*п

2*H* 1 

*g*



*X* max 

 ,

*K*

(2.25)

п

где *K*п – коэффициент парусности частицы;

*H* – высота расположения диска относительно поверхности поля, м.

Заполнить табл. 2.8 согласно варианту исходных данных (табл. 2.9).

*Таблица 2.8*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *D*д, м | *n*д, мин–1 | *Vr*, м/с | *r*0, м | *K*п | *H*, м |
|  |  |  |  |  |  |  |

В соответствии с исходными данными определить технологиче- ские параметры дальности полета гранулы.

## Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

* изобразить на миллиметровой бумаге диск – вид сбоку и сверху

(рис. 2.9);

* теоретически рассчитать параметры траектории движения гра- нулы;
* согласно проведенным расчетам построить траекторию полета гранулы после схода с диска;
* определить дальность полета гранулы.

*Таблица 2.9*

Варианты исходных данных

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | *D*д, м | *n*д, мин–1 | *Vr*, м/с | *r*0, м | *K*п | *H*, м | ψ, град. |
| 1 | 0,50 | 800 | 12 | 12 | 0,12 | 0,60 | 15 |
| 2 | 0,60 | 750 | 11 | 14 | 0,11 | 0,55 | 12 |
| 3 | 0,55 | 700 | 10 | 16 | 0,10 | 0,50 | 17 |
| 4 | 0,45 | 650 | 13 | 10 | 0,13 | 0,45 | 14 |
| 5 | 0,65 | 600 | 14 | 18 | 0,14 | 0,65 | 16 |
| 6 | 0,50 | 800 | 12 | 12 | 0,12 | 0,60 | 15 |
| 7 | 0,60 | 750 | 11 | 14 | 0,11 | 0,55 | 12 |
| 8 | 0,55 | 700 | 10 | 16 | 0,10 | 0,50 | 17 |
| 9 | 0,45 | 650 | 13 | 10 | 0,13 | 0,45 | 14 |
| 10 | 0,65 | 600 | 14 | 18 | 0,14 | 0,65 | 16 |
| 11 | 0,50 | 800 | 12 | 12 | 0,12 | 0,60 | 15 |
| 12 | 0,60 | 750 | 11 | 14 | 0,11 | 0,55 | 12 |

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу разбрасы- вателей минеральных удобрений?
2. Какие параметры определяют окружную скорость диска?
3. Что характеризует угол между радиальным направлением и направлением лопасти в момент попадания гранулы на диск?
4. Что характеризует коэффициент парусности частицы?
5. Как влияет высота расположения диска относительно поверх- ности поля на дальность полета гранулы?
6. Как определяется абсолютная скорость гранулы в момент схода с диска?

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

* 1. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года : рекомендации по применению / Националь- ная академия наук Беларуси [и др.] ; подгот.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : НАН Беларуси, 2014. – 138 с.
  2. Ежевский, А. А. Тенденции машинно-технологической модер- низации сельского хозяйства / А. А. Ежевский, В. И. Черноиванов, В. Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2015. – 292 с.
  3. Трубилин, Е. И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур : учебник / Е. И. Трубилин, В. А. Абликов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар : КГАУ, 2012. – 325 с.
  4. Долгов, И. А. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, конструкция, использование : учебник : в 5 т. / И. А. Долгов. – Зер- ноград : АЧГАА, 2011. – Т. 1. – 416 с. ; т. 2. – 521 с. ; т. 3. – 543 с. ;

т. 4. – 581 с. ; т. 5. – 719 с.

* 1. Гуляев, В. П. Сельскохозяйственные машины. Краткий курс :

учебное пособие / В. П. Гуляев. – СПб. : Лань, 2018. – 240 с.

* 1. Степук, Л. Я. Производство и применение органических удоб- рений: технологии, техника и экология / Л. Я. Степук, А. Е. Пешко. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – 242 с.
  2. Клочков, А. В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет : учебное пособие / А. В. Клочков, В. Г. Ковалев, П. М. Новицкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 436 с.
  3. Крук, И. С. Научно-технические основы проектирования рабо- чих органов штанговых опрыскивателей / И. С. Крук. – Минск : БГАТУ, 2018. – 272 с.
  4. Калинин, А. Б. Мировые тенденции и современные технические системы для возделывания картофеля : учебное пособие / А. Б. Ка- линин, В. А. Ружьев, И. З. Теплинский. – СПб. : Проспект Науки, 2016. – 160 с.
  5. Пиуновский, И. И. Машины для уборки трав и силосных культур (теория и расчет рабочих органов) / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец, Н. И. Дудко. –