

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Инженерно-технологический институт

Кафедра технических систем в агробизнесе, природообустройстве  
и дорожном строительстве

**Кузнецов В.В.**

# **Сельскохозяйственные машины**

**Сборник лекций по дисциплине**

*Часть 5*

Методическое пособие для студентов вузов очного и заочного обучения  
по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия, профили  
образовательной программы «Технические системы в агробизнесе»,  
«Технический сервис в АПК»

Брянск 2018

УДК 631.3 (076)  
ББК 40.72  
К 89

Кузнецов, В. В. Сельскохозяйственные машины. Сборник лекций по дисциплине: методическое пособие. Ч. 5 / В.В. Кузнецов. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. – 139 с.

Учебное пособие состоит из шести частей. Первая часть состоит из шести лекций, вторая – из восьми, третья – из шести, четвертая – из шести, пятая – из девяти, шестая – из семи.

В лекциях приведены: сведения о федеральной системе технологий и машин для растениеводства; передовой отечественный и зарубежный опыт применения машинных технологий и средств механизации в растениеводстве; основные направления и тенденции развития научно-технического прогресса в области сельскохозяйственной техники; назначение, устройство, технологические и рабочие процессы, регулировки сельскохозяйственных и мелиоративных машин, их достоинства и недостатки; методы обоснования и расчета основных параметров и режимов работы сельскохозяйственных машин, агрегатов и комплексов; особенности механизации процессов растениеводства в условиях рыночной экономики.

Приведенные в лекциях сведения формируют знания студентов по компетенциям, предусмотренным рабочей программой дисциплины «Сельскохозяйственные машины».

Рецензент: доцент кафедры технического сервиса,  
к.т.н., доцент Будко С.И.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института от 21.02.2018 года, протокол № 7.

© Брянский ГАУ, 2018  
© Кузнецов В.В., 2018

## Содержание

Введение.....	4
Лекция 1. Машины для уборки зерновых культур.....	5
Лекция 2. Основы теории мотвила и его совместная работа с режущим аппаратом.....	32
Лекция3. Теоретическое обоснование основных параметров режущих аппаратов.....	40
Лекция 4. Основы теории рабочего процесса молотильного аппарата и обоснование его конструктивных параметров.....	67
Лекция 5. Основы теории двухвальных клавишных соломотрясов и обоснование их основных параметров.....	75
Лекция 6. Зерноочистительные и сортировальные машины.....	89
Лекция 7. Теоретические основы и способы разделения компонентов вороха.....	107
Лекция 8. Зерносушилки и комплексы для доработки зерна.....	119
Список литературы.....	136

## Введение

В последние годы в России и за рубежом при возделывании и уборке сельскохозяйственных культур все шире внедряются ресурсосберегающие и инновационные технологии, для которых нужна техника нового поколения.

В многочисленных публикациях и рекламных материалах, в электронных ресурсах приводятся характеристики современных технических средств для реализации инновационных технологий в растениеводстве. Современные образцы машин представляются на ежегодных международных выставках, по которым публикуются аналитические обзоры.

Однако, информация носит, как правило, фрагментарный характер и не даёт системных знаний по всем компетенциям, отнесенным рабочей программой обучения студентов дисциплине «Сельскохозяйственные машины» по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия, профили образовательной программы «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК». Такая систематизация представлена в настоящем курсе лекций из шести частей.

## Лекция 1. Машины для уборки зерновых культур

Вопросы:

- 1 Способы уборки.
- 2 Агротехнические требования.
3. Тенденции развития зерноуборочных комбайнов.
- 4 Валковые жатки.
- 5 Устройство, рабочий процесс и регулировки зерноуборочных комбайнов.

### 1 Способы уборки

В зависимости от состояния растений, сорта и почвенно-климатических условий зерновые и другие культуры рядового посева убирают следующими способами:

- *Однофазный способ* (прямое комбайнирование).

При таком способе уборки на зерноуборочный комбайн навешивается комбайновая жатка. При движении комбайн скашивает растения, выделяет зерно из колосьев (обмолачивает), очищает его от крупных, мелких и легких примесей. Очищенное зерно накапливается в зерновом бункере комбайна и в последующем выгружается в транспортное средство. Выгрузку зерна можно осуществлять как при остановленном комбайне, так и при движении, не прерывая процесс уборки.

Незерновую часть (солому и полову) в зависимости от технологии уборки незерновой части собирает в копнитель, укладывает на поле в валок, измельчает и равномерно разбрасывает по полю или загружает в емкость прицепа соединенного с комбайном. Для этого применяют измельчитель ПУН – 5.

Все эти процессы комбайн выполняет одновременно.

Прямым комбайнированием убирают равномерно созревающие, мало засоренные, изреженные (густота стеблестоя менее 300 растений на 1 м<sup>2</sup>) и низкорослые (длина стеблей менее 50 см) зерновые культуры, а также культуры с подсевом трав. Уборку начинают при полной спелости зерна влажностью не более 25%.

*- Двухфазный (раздельный) способ.*

При таком способе валковыми жатками стебли скашивают и укладывают на поле в валки, которые через 5...6 дней подбирают зерноуборочными комбайнами и обмолачивают. Валковые жатки могут навешиваться на зерноуборочный комбайн или на самоходное энергетическое средство.

Уборку начинают на 4...12 дней раньше, чем прямым комбайнированием, с момента достижения спелости зерна середины восковой спелости, при влажности зерна 25...35%. После скашивания стебли подсыхают, зерно дозревает за счет питательных веществ находящихся в стеблях, становится полнее, плотность его увеличивается.

Раздельным способом убирают неравномерно созревающие культуры (горох, овес, ячмень, просо и др.), склонные к полеганию и осыпанию, высокостебельные культуры и сильно засоренные участки.

При таком способе уборки потери от осыпания и выбивания его рабочими органами жатки значительно меньше, чем при прямом комбайнировании.

В условиях высокой влажности при скашивании формируют тонкие, широкие валки, в сухих районах – толстые неширокие валки. Скашивание проводят поперек движения сеялки или по диагонали.

Зерно от комбайнов отвозят на стационарные зерноочистительно-сушильные комплексы для последующей доработки и закладки на хранение.

*- Индустриально-поточные способы (технологии).*

Такие способы применяют наряду с комбайновыми способами для уборки зерновых культур и семенников трав, при которых весь биологический урожай или его часть вывозят на стационарный пункт для обмолота, сепарирования и очистки зерна.

Существуют несколько вариантов таких способов:

- Для уборки высокоурожайных зерновых культур при нормальной влажности зерна и семенников трав используют способ, при котором мобильной молотилкой обмолачивают хлебную массу и разделяют ее на два потока:

- солому;

- невейку (смесь зерна с половой).

Невейку отвозят на стационарный пункт и разделяют высокопроизводительным (до 50 т/ч) ворохоочистителем на зерно и полову. Затем зерно подают на зерноочистительные машины, а полову – кормоцех.

*Индустриально-поточный способ уборки* влажных хлебов включает в себя операции скашивания или подбора хлебной массы из валков, транспортировки ее на стационар для сушки, обмолота и разделения на зерно, полову и солому.

Такой способ позволяет убирать зерновые культуры, почти не зависимо от погодных условий.

В некоторых районах применяют поточный способ уборки, при котором хлебную массу вывозят на край поля, складывают в стога, а затем обмолачивают передвижной молотилкой. При неблагоприятных погодных условиях для сушки массы в стогах используют установки активного вентилирования.

## **2 Агротехнические требования**

Зерноуборочные машины обеспечивают качественную уборку только в том случае, если их рабочие органы правильно выбраны и отрегулированы в соответствии со свойствами убираемой культуры, а растения приспособлены для машинной уборки.

- Приемлемая длина растений для зерновых колосовых должна быть не более 1...1,1 м и не менее 0,55...0,6 м, отклонение не более 15%.

- Допустимая полеглость длинностебельных хлебов до 55%, короткостебельных – 20%.

- Отношение массы зерна к массе соломы должно быть не менее 1 : 1,2 и не более 1 : 0,5.

- Кондиционной влажностью зерна и других частей растений является относительная влажность 14...15%. При влажности зерна 17...22% создаются наиболее благоприятные условия для качественной уборки.

- Допустимая засоренность участков – 5...26%. Если засоренность превышает 26%, то работа уборочных машин не возможна.

К зерноуборочным машинам предъявляются следующие агротехнические требования.

*Потери зерна при раздельной уборке:*

- за валковой жаткой:

- не более 0,5% - для прямостоячих хлебов;

- не более 1,5% - для полеглых.

При подборе валков - не более 1%.

Чистота зерна в бункере – не менее 96%.

*Потери зерна при прямом комбайнировании:*

- за жаткой:

- не более 1% - для прямостоячих хлебов;

- не более 1,5% - для полеглых.

Потери за молотилкой и с соломой:

- не более 1,5% - для зерновых культур;

- не более 2% - для риса.

Чистота зерна в бункере – не менее 95%.

*Дробление зерна:*

- семенного – не более 1%;

- продовольственного – не более 2%;

- зернобобовых и крупяных культур – не более 3%;

- риса – не более 5%.



### **3 Тенденции развития зерноуборочных комбайнов**

В настоящее время основными зарубежными производителями зерноуборочных комбайнов являются фирмы «Claas», «John Deere», «New Holland», «Case IH», «Massey Ferguson», «Fendt» и «Deutz-Fahr». Они постоянно модернизируют существующие модели и создают новые. Модернизации подвергаются в основном комбайны малой и средней мощности, на них, а также на вновь созданных моделях такой же мощности, внедряются конструктивные элементы и системы, уже апробированные на более мощных моделях. Некоторые фирмы наряду с обычными моделями предлагают их крутосклонные модификации. Большинство фирм включили в номенклатуру выпуска роторные зерноуборочные комбайны.

Наиболее характерная особенность комбайновой продукции зарубежных фирм состоит в разнообразии производимых комбайнов, как по базовым моделям, так и по их модификациям. Учитывая запросы потребителей, производители расширяют гамму комбайнов, отличающихся по производительности, мощности двигателей и оснащённости сменными приспособлениями для уборки различных культур. Совершенствование комбайнов направлено на обеспечение устойчивого протекания технологического процесса, улучшение качественных показателей, снижение расхода топлива, и воздействия движителей на почву повышение надёжности и экологической безопасности, создание комфортных условий работы при широком использовании элементов гидравлики и электроники. Классическая схема обмолота и сепарации сохраняется на комбайнах с мощностью двигателя до 185 кВт. На более мощных комбайнах увеличивается число барабанов в молотильном устройстве, совершенствуется их конструкция, вместо клавишного соломотряса на некоторых моделях (260-365 кВт) применяются роторные сепарирующие устройства тангенциального или аксиального типов (комбинированные молотильно-сепарирующие устройства). На комбайнах в основном используются молотильные барабаны диаметром 600-750 мм (на

новых моделях зерноуборочных комбайнов компании «Ростсельмаш» диаметр молотильного барабана равен 800 мм).

На 39% моделей комбайнов с клавишным соломотрясом ширина молотилки превышает 1500 мм (ACROS-530). Самую большую ширину молотилки (1700 мм) имеют комбайны серии Lexion фирмы «Claas». Восьмиклавишные соломотрясы на комбайнах используют фирмы «Fendt», «Challenger» и «Massey Ferguson», на остальных моделях устанавливаются в основном пять или шесть клавиш.

Аксиально-роторные молотильные аппараты совершенствуются в основном в трех направлениях: модернизация заходной части (увеличение числа заходов, изменение конструкции лопастей и подбарабанья); совершенствование конструкции ротора (формы бичей, их расположения, увеличение длины ротора до 3556 мм, диаметра до 800 мм (таблица 2.33); модернизация подбарабанья всего ротора (увеличение угла обхвата до 142°, введение секционной деки с различным расположением планок на каждой секции). Оригинальную конструкцию аксиально-роторной молотилки разработало ОАО «Ростсельмаш». На роторном комбайне Togum установлено подбарабанье, вращающееся вокруг ротора с небольшими оборотами (до 10 об/мин). Предусмотрен реверс вращения.

Ротор комбайнов фирм «Massey Ferguson» и «Challenger» в настоящее время является самым большим из всех роторных комбайнов других производителей.

Предлагаемые компаниями-производителями хедеры с шириной захвата от 3 до 12 м, обеспечивают оптимальную загрузку молотилок при разной урожайности. Равномерность подачи уборочного материала в молотильно-сепарирующее устройство обеспечивается различными конструкциями хедеров и наклонных камер. Большинство фирм устанавливают на хедеры шнеки с пальцами, расположенными по спирали по всей длине, а в комбайнах фирмы «Massey Ferguson» равномерность подачи уборочного материала обеспечивается путем установки перед шнеком хедера по всей ширине захвата

ленточного транспортера из секций прорезиненных лент. В комбайнах фирмы «John Deere» длина наклонной камеры увеличена до 1980 мм, что позволило уменьшить углы входа и таким образом улучшить плавность подачи уборочного материала в молотильно-сепарирующее устройство.

Для быстрого устранения забивания хедера и наклонной камеры уборочным материалом производители устанавливают на свои машины реверсивное устройство с гидро- или электроприводом, которое прокручивает шнек хедера и транспортер наклонной камеры в обратную сторону.

Зерноочистительные устройства комбайнов обычно имеют две стрясные доски, однако на высокопроизводительных комбайнах, используется дополнительное третье решето с обдувом от вентилятора с двумя выходными патрубками. В очистках используются радиальные или турбинные вентиляторы, частота вращения которых регулируется клиноременными вариаторами, управляемыми посредством гидроцилиндров или электродвигателей.

Компании применяют также различные приспособления для стабильной работы очистки при движении комбайнов на склонах. Например, система очистки «3D», фирмы «Claas» предназначена для работы на склонах до 20%. В этой системе зерновой ворох выравнивается по ширине решет в результате их дополнительной боковой вибрации. Некоторые комбайны фирмы «Deutz-Fahr» имеют решета, состоящие из двух половин, которые выравниваются на боковых склонах путем поворота вокруг продольных осей.

Вместимость бункеров увеличилась у наиболее мощных комбайнов до 10-12 м<sup>3</sup>, а время их разгрузки сокращается до 100 сек.

Применение гидропривода ведущих колес с бесступенчатым изменением поступательной скорости дает возможность выбирать оптимальный скоростной режим и рациональнее использовать пропускную способность комбайна.

Практически все комбайны, выпускаемые ведущими компаниями, имеют центральное расположение кабины. Обычно комбайны компоуются таким образом, что рядом, за кабиной, размещается бункер, за которым

устанавливается двигатель. Такая компоновка комбайнов способствует снижению шума и вибрации на рабочем месте оператора. Например, уровень шума в кабинах комбайнов «New Holland» снижен до 76 дБ. Справа от оператора обычно располагается многофункциональный рычаг управления, с помощью которого контролируются движение комбайна вперед-назад, подъем-опускание хедера, срочная остановка работы хедера и некоторые другие функции.

На комбайнах все шире внедряются системы автоматического вождения. Дальнейшим шагом на пути автоматизации уборочного процесса является одновременное использование систем автоматического вождения и регуляторов загрузки молотилки. Такой регулятор Cruise Pilot предлагает фирма «Claas» для комбайнов Lexion. В зависимости от толщины массы в наклонной камере и нагрузки на двигатель он оптимизирует скорость движения комбайна. Зерноуборочные комбайны фирмы «John Deere» оснащаются совместимыми компонентами систем сбора информации GreenStar, автоматического вождения AutoTrack и регулятором загрузки молотилки HarvestSmart. Комбинация системы автоматического вождения и регулятора загрузки молотилки позволяет достичь за счет равномерной загрузки молотилки высокой наработки и качества работы.

Ряд фирм («Massey Ferguson», «Fendt», «New Holland», «Gleaner» и др.) устанавливают на комбайнах двигатели, на которых используется технология избирательной каталитической нейтрализации SCR (Selective Catalytic Reduction). Ранее такие двигатели применялись на тракторах высокой мощности.

Наиболее используемыми в сельском хозяйстве являются зерноуборочные комбайны компании «Ростсельмаш», их диапазон мощности от 114 кВт до 372 кВт. К настоящему времени они прошли модернизацию. На них внедрены: улучшенное рабочее место (кроме ACROS 550, VECTOR и NIVA), наклонная камера с повышенной пропускной способностью, единый гидроразъем, бункер с влагозащитой. Самые мощные - роторные комбайны серии TORUM. Их

основное отличие и преимущество: система обмолота Advanced Rotor System (ARS), которая включает в себя три инновации – битерную наклонную камеру, вращающуюся деку ротора и бесступенчатый привод ротора. Битеры в наклонной камере разравнивают и ускоряют массу перед входом в ротор, обеспечивая стабильность технологического процесса. По мнению специалистов компании, подобная схема по сравнению с традиционными планчатыми транспортерами увеличивает пропускную способность наклонной камеры на 20 %, при этом энергопотребление снижается на 15 %. Вращение деки ротора обеспечивает её самоочищение, отсутствие «мертвых» зон в зазоре, исключает зависание массы и забивание ротора. Кроме того, на 8–10% снижается энергопотребление процесса обмолота.

Новинка компании – зерноуборочный комбайн РСМ-161 с двигателем мощностью 264 кВт. Молотильно-сепарирующее устройство включает в себя молотильный барабан, деку молотильного барабана, транспортирующий битер с декой, барабан-сепаратор с декой и отбойный битер, 6-клавишный соломотряс. Диаметр молотильного барабана – 800 мм, ширина молотилки – 1650 мм.

В ВИМ выполнено сравнение технического уровня отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов по пяти основным показателям.

Соответствие международным требованиям по технике безопасности, экологии и другим подобным нормативам ВТО. Отечественные комбайны в основном соответствуют этим требованиям. Так, комбайны «Дон-1500» имеют сертификат Франции, Канады, Австралии. Комбайны семейства «Вектор», «Дон» и «Енисей-1200» покупают несколько зарубежных стран.

Наличие типажа комбайнов и блочно-модульности их конструкции. Отечественные комбайны во многом удовлетворяют этому требованию. В РФ реализован четырехклассовый типаж базовых комбайнов по пропускной способности: 5-6; 7-8; 9-10 и 11-12 кг/с. Во многих зарубежных странах реализована более широкая номенклатура комбайнов - от 1 до 14 кг/с более

мелкой градацией внутри типажа. Каждая фирма благодаря блочно-модульной конструкции комбайнов освоила производство широкой гаммы комбайнов. Фирма Claas выпускает 22 модели; Fendt - 7; New Holland - 20; John Deere - 10. За каждым классом комбайнов стоит определенная группа реальных покупателей (свой сектор рынка), и каждая фирма пытается их сохранить.

Конструктивные и технологические особенности комбайнов и их энергонасыщенность. Как в зарубежных комбайнах, так и, новых отечественных («Vector», «Acros», «Torum») в настоящее время используется прогрессивная компоновка верхнего строения комбайна в такой последовательности расположения: центральная кабина, бункер, двигатель. Сохраняется значительная доля комбайнов с классической схемой молотилки: бильный барабан, клавишный соломотряс, ветрорешетная очистка с двумя решетками. За рубежом наблюдается увеличение моделей аксиально-роторных комбайнов. В России роторные комбайны «Torum» выпускает компания «Ростсельмаш».

Удельные показатели технического уровня комбайнов свидетельствуют о том, что отечественные комбайны по этому перечню находятся на уровне зарубежных или немного уступают им.

По некоторым показателям какой-либо существенной разницы с зарубежными комбайнами нет, а если и есть, то 5-15% в ту или другую сторону. Например, в классе 4-5 кг/с средняя эффективность использования ширины молотилки у зарубежных комбайнов 4,24, а у отечественного - 4,78, т.е. разница 11% в пользу последнего, а в классе 5-6 кг/с - соответственно 5,22 и 4,84, т.е. разница около 7% в пользу зарубежных комбайнов. В других классах по этому показателю отечественные комбайны не уступают зарубежным. Наблюдается небольшое отставание по эффективности единицы массы комбайна на 1 кг/с и по энергонасыщенности. Отечественные комбайны долгое время уступали зарубежным по дизайну, эргономике, комфортным условиям труда, однако новые модели «Vector», «Acros», «Руслан-950», «Torum» ликвидировали это отставание и не уступают зарубежным аналогам.

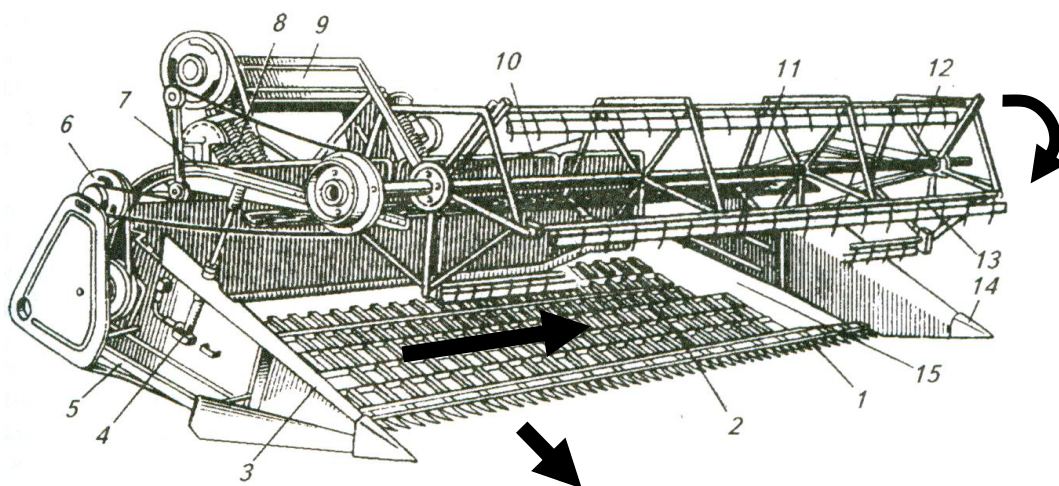
Эксплуатационно-технологические показатели (производительность, качество работы, надежность, универсальность, адаптивность к условиям уборки). По большинству этих показателей отечественные комбайны не уступают зарубежным, особенно по адаптивности к условиям уборки. По данным РосНИИТиМ, производительность и качество работы «Дон- 1500Б» и «Тогум» не ниже зарубежных аналогов, в частности комбайнов канадской фирмы «Вестерн» и др. Пока заметно отставание по эксплуатационной надежности. Нарботка на отказ у зарубежных комбайнов в 1,5-2 раза больше. Только по этому показателю наши комбайны существенно отстают от зарубежных, да и то не везде и не всегда. Замечено много отказов новых комбайнов из-за низкого уровня их сборки на заводах. Как и зарубежные комбайны, отечественные способны убирать с помощью навесных сменных адаптеров различные культуры (зерновые, кукурузу, масличные, семена трав, крупяные и т.п.). Зарубежные комбайны при уборке кукурузы на зерно оставляют стебли кукурузы на поле. Отечественные комбайны можно оборудовать специальным приспособлением для скашивания, измельчения и разбрасывания стеблей кукурузы по полю. Отпадает необходимость убирать ее стебли кормоуборочными комбайнами, то есть отпадает необходимость во второй уборке. Отечественные комбайны имеют явное преимущество по реализации разных вариантов технологий уборки незерновой части урожая. Они могут убирать ее по копенной, валковой, мульчирующей технологиям и со сбором в прицепную тележку: всю массу в измельченном виде или только наиболее ценную ее часть - половину. Зарубежные комбайны работают только по двум технологиям: валковой и мульчирующей.

Экономические показатели. По критерию цена - производительность отечественные комбайны имеют явное преимущество. По сравнению с зарубежными срок окупаемости у них в 2-3 раза ниже, так как стоят они в 1,5-1,8 раза, а запчасти - в 5-6 раз меньше. Зарубежные комбайны эффективны на уборке зерновых с урожайностью более 30 ц/га, но площадей с такой урожайностью в России менее 20%. Отечественные комбайны всевозможные и

эффективнее на уборке влажных, длинносоломистых и засоренных хлебов, себестоимость уборки зерновых культур меньше на 20-30%.

#### 4 Валковые жатки

Для скашивания хлебов в валки при отдельном способе уборки используют отечественные валковые жатки ПН-310-6Н; ПН-320-6П «Простор»; ПН-325-5П «Простор»; ПН-330-10Н «Простор»; ЖНУ-6А; ЖВПУ-6; ЖВПУ-8; ЖВП-4,5Т «Роса»; ПН-360М-6П; ЖВН – 6Б; ЖВН – 6Б-01; ЖБВ-4,2; ЖВР – 10А; ЖВП – 6,4; ЖВП – 9,1; ЖРБ – 4,2А; ЖБВ-4,2М и др.



1 – режущий аппарат; 2 – транспортер; 3 – бортовой щит; 4 – гидроцилиндр; 5 – шатун; 6 – вариатор; 7 – поддержка мотовила; 8 – блок пружин; 9 – наклонная камера комбайна; 10 – ветровой щит; 11 – направляющий щит; 12 – мотовило; 13 – граблина; 14 – мыс-делитель; 15 – окно.

Рисунок 1.1 – Вид валковой жатки ЖВН – 6А

*Навесная жатка ЖВН – 6А* предназначена для скашивания и укладки в валок хлебной массы при отдельном способе уборки зерновых культур. Жатку навешивают на зерноуборочный комбайн СК – 5 «НИВА» или на косилку-плющилку КПС – 5Б.

При работе жатки граблины мотовила 13 подводят растения к режущему аппарату 1, удерживают их в момент среза и укладывают срезанные растения



на транспортер 2. Режущий аппарат – сегментно-пальцевый. Длина транспортера меньше длины транспортера, поэтому слева от транспортера расположено окно 15. Ленты транспортера движутся в сторону окна и сбрасывают срезанные растения через окно на стерню в виде непрерывного валка.

Во время работы корпус жатки опирается на два башмака, установленные под днищем жатки. Башмаки скользят по стерне, копируют рельеф поля и поддерживают режущий аппарат на заданной высоте.

Регулировки жатки:

- высоту среза – регулируют перемещением башмаков по высоте;
- ширину валка – перемещением направляющего щитка 11;

В зависимости высоты и состояния хлебной массы изменяют положение мотовила:

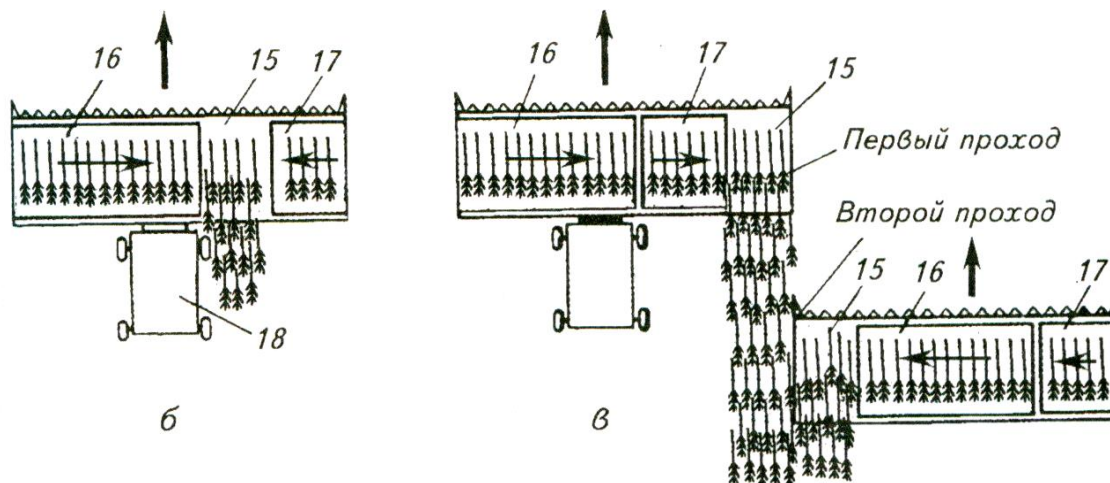
- положение мотовила по высоте – гидроцилиндрами 4;
- частоту вращения – вариатором 6;
- угол наклона планок мотовила – регулируют вручную.
- вынос мотовила относительно режущего аппарата (вперед или назад) – происходит автоматически при подъеме (опускании) мотовила посредством системы рычагов.

Режущий аппарат регулируют аналогично режущим аппаратам косилок.

*Сдвигаящая жатка ЖВР – 10А.*

Жатка снабжена двумя ременно-планчатыми транспортерами 16 и 17, смонтированными на подвижных рамках. Рамки можно перемещать таким образом, чтобы выгрузное окно 15 находилось:

- справа жатки;
- слева жатки;
- внутри жатки.



15 – окно; 16, 17 – транспортеры; 18 – энергетическое средство.

Рисунок 1.2 – Вид валковой жатки ЖВР – 10А

Направление движения транспортеров относительно окна изменяют при помощи реверсивных редукторов.

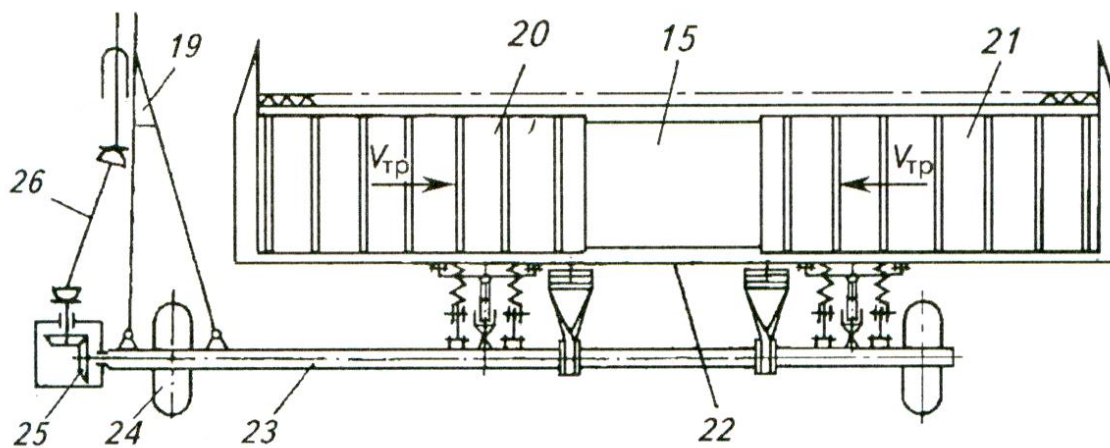
При скашивании высокоурожайных хлебов окно располагают в зоне жатки (а), при скашивании низкорослых и изреженных хлебов окно располагают слева или справа поочередно. В этом случае можно сформировать сдвоенный валок с ширины захвата 20 м.

#### *Универсальная жатка ЖРБ – 4,2А.*

Жатка предназначена для скашивания бобовых, крупяных культур, семенных посевов трав и сахарной свеклы, полеглых зерновых культур. Жатка по устройству аналогична ранее рассмотренным жаткам. Жатка оборудована эксцентриковым мотовилом и беспальцевым режущим аппаратом. Такое сочетание обеспечивает качественный срез запутанных и полеглых стеблей. При работе на полеглых участках на жатке устанавливаю стеблеподъемники.

#### *Прицепная жатка ЖВП – 6А (рис. 1.3).*

Жатка агрегатируется с тракторами класса 1,4. Транспортеры движутся навстречу друг другу. Срезанные стебли через выгрузное окно 15 укладываются непрерывным валком на стерню.



15 – окно; 19 – прицепная сница; 20, 21 – транспортеры; 22 – платформа; 23 – рама; 24 – колесо; 25 – редуктор; 26 – карданный вал.

Рисунок 1.3 – Вид валковой жатки ЖВП – 6А

Для подбора валков на комбайн навешивают подборщик.

Подборщики бывают двух типов:

- полотенно-транспортерные;
- барабанные.

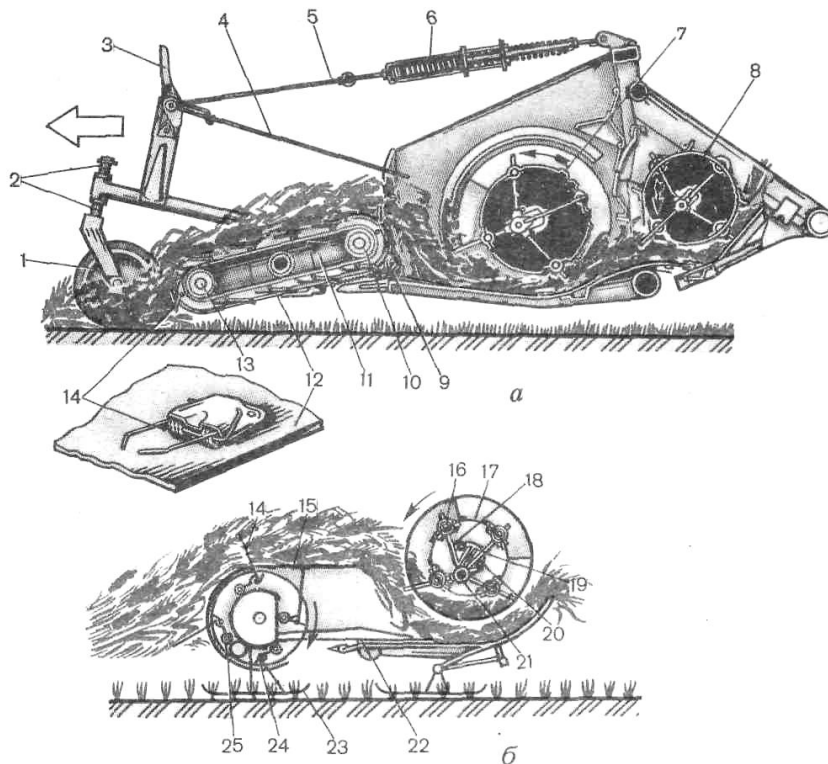


Рисунок 1.3 а – Вид - полотенно-транспортерного подборщика

## **5 Устройство, рабочий процесс и регулировки зерноуборочных комбайнов**

Лидерами в области производства и продажи зерноуборочных комбайнов являются - «Дир и К» («John Deere»), «Клаас» («Claas»), «Нью Холланд» («New Holland»), «Кейс» («Case»), «Дойц Фар» («Deutz-Fahr») и другие, которые имеют производственные и товаропроводящие устройства, расположенные по всему миру. Почти все производители являются международными корпорациями, имеющими заводы в различных странах. Крупным отечественным производителем зерноуборочных комбайнов является Ростсельмаш, а в Республике Беларусь – Гомсельмаш.

Зерноуборочные комбайны предназначены для уборки зерновых колосовых культур. При оборудовании комбайнов специальными приспособлениями ими убирают кукурузу на зерно, просо, гречиху, рапс, подсолнечник, сою, семенные посевы трав, сахарной свеклы, овощных и лекарственных культур.

*Основные операции, выполняемые комбайном:*

- скашивание растений или подбор из валков;
- транспортирование растений в уборочной машине;
- вымолот зерна из колосьев;
- сепарация зерна из соломы;
- очистка зерна от примесей и транспортировка его в бункер комбайна;
- сбор соломы в цельном, измельченном виде или разбрасывание ее по полю.

Комбайны бывают:

- самоходные;
- прицепные.

Наиболее распространены самоходные.

По типу молотильно-сепарирующих рабочих органов комбайны делят на две группы:

- с классической молотилкой:

- однобарабанные VECTOR 410, VECTOR 425, VECTOR 450, ACROS 550, ACROS 585, ACROS 595 и др.

- двухбарабанные RSM 161, «Дон-2600» ВД и др.

- с аксиально – роторной молотилкой СК – 10В «Ротор», «Дон - 2600», прицепной комбайн ПН – 100 «Простор», TORUM 750, TORUM 780. КЗСР-5 "Русь" КЗСР-9, Claas «LEXION 570/580, Jon Deere 9780 CTS. «Lexion 570 и 580» и др.

#### *Рабочий процесс комбайна.*

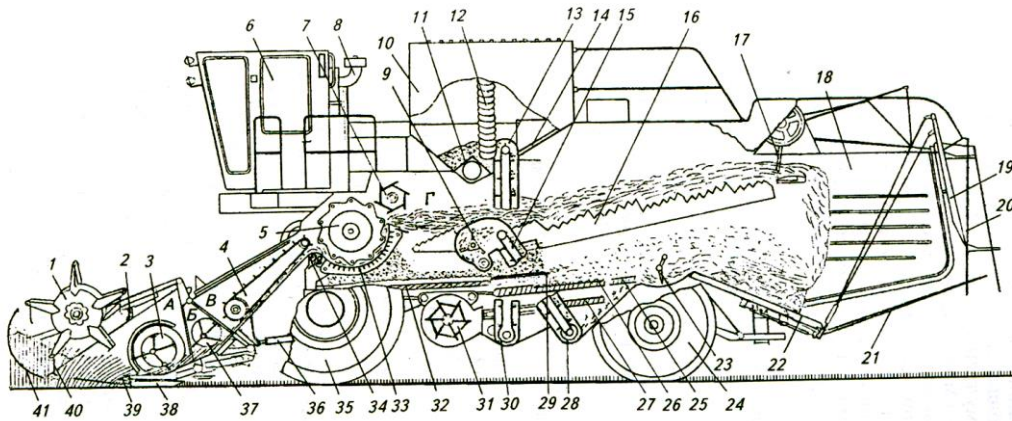
При работе комбайна жатка скользит по полю на башмаках 38 (при работе с копированием) или удерживается на заданной высоте гидроцилиндрами 36 (при работе без копирования). Граблины мотовила 40 отделяют порцию хлебной массы от общего массива и подводят к режущему аппарату 39. Режущий аппарат срезает растения, и граблины отбрасывают их к шнеку жатки 3.

Шнек сужает массу к середине жатки и направляет через окно к битеру проставки 37. Битер проставки разравнивает массу и направляет ее в наклонную камеру к плавающему транспортеру 4, который дополнительно разравнивает ее и равномерным потоком направляет в молотилку.

Молотилка состоит из барабана 5 и подбарабанья 33. Барабан вращается и ударами бичей выбивает и вытирает (вымолачивает) зерно из колосьев. Около 70...80% зернового вороха (зерно, солома и примеси) в процессе обмолота проходят через отверстия подбарабанья 33 и попадают на транспортную доску 32. Солома с остатками зерна выбрасывается из молотильного аппарата и отбойным битером 7 направляется на соломотряс 16.

Клавиши соломотряса совершают плоско-параллельные движения, встряхивают солому и перемещают ее к задней части комбайна. Соломонабиватель сбрасывает солому в копнитель 18, где она собирается в копну в подпрессованном виде. При встряхивании соломы свободное зерно

просыпается через отверстия соломотряса и скатываются на пальцевую решетку транспортной доски 29, где объединяется с общим потоком зернового вороха прошедшего через отверстия подбарабанья.



А – жатвенная часть; Б – проставка; В – наклонная камера; Г – молотилка; 1 - мотовило; 2, 36 – гидроцилиндры; 3 – шнек жатки; 4 – плавающий транспортер; 5 – молотильный барабан; 6 – кабина; 7 – отбойный битер; 8 – двигатель; 9 - домолачивающее устройство; 10 – зерновой бункер; 11 – выгрузной шнек; 12 - загрузочный шнек; 13 – зерновой элеватор; 14 – вибропобудитель; 15 – колосовой элеватор; 16 – соломотряс; 17 – соломонабиватель; 18 – копнитель; 19 – клапан копнителя; 20 – датчик; 21 – пальцы; 22 – днище копнителя; 23 - половонабиватель; 24, 35 – колеса; 25 – удлинитель верхнего решета; 26 – верхнее решето; 27 – нижнее решето; 28 – колосовой шнек; 29 – пальцевая решетка; 30 – зерновой шнек; 31 – вентилятор; 32 – транспортная доска; 33 – подбарабанье; 34 - камнеуловитель; 37 – битер проставки; 38 – копирующие башмаки; 39 – режущий аппарат; 40 – граблина; 41- делитель.

Рисунок 1.4 - Схема рабочего процесса зерноуборочного комбайна Дон – 1500Б.

Транспортная доска совершает колебательные движения и своей рифленой поверхностью перемещает зерновой ворох на пальцевую решетку 29.

При колебании транспортной доски происходит начальное расслоение зернового вороха. При этом мелкие и тяжелые частицы (зерно и тяжелые примеси) концентрируются в нижнем слое вороха, а наиболее крупные и легкие частицы - в верхнем. Попадая на пальцевую решетку 29, мелкие фракции проходят через нее и попадают на переднюю часть верхнего жалюзийного решета 26, а наиболее крупные сходят с решетки и попадают на среднюю часть верхнего решета.

Вентилятор 31 создает поток воздуха, который выдувает легкие примеси и уносит их в переднюю часть копнителя 18, где они оседают на сплошном днище 22.

Зерно и мелкие тяжелые примеси (семена некоторых сорняков) проходят через отверстия верхнего 26, а затем нижнего 27 решет и скатываются в колосовой шнек, который перемещает их к зерновому элеватору 13. Элеватор поднимает массу вверх и направляет ее в загрузочный шнек 12, который загружает ее в зерновой бункер 10.

Крупные примеси не прошедшие через отверстия верхнего решета 26 и удлинителя верхнего решета 25 соломонабивателем 23 выбрасываются на днище копнителя 22.

Оторванные от стеблей не вымолоченные колосья, прошедшие через отверстия подбарабанья сходят с верхнего решета 26 на удлинитель 25 и пройдя через его отверстия попадают в колосовой шнек 28. Сюда же попадает неочищенное зерно, сошедшее с нижнего решета 27. Колосовой шнек подает не обмолоченные колосья и неочищенное зерно к колосовому элеватору, который направляет массу на домолачивающее устройство 9 и после обмолота распределительным шнеком на систему очистки.

Накопившая в копнителе солома и полова по команде комбайнера или автоматически выгружается на поле, после чего клапан копнителя 19 автоматически закрывается.

*Основные регулировки.*

*Жатка.*

Режущий аппарат (рис. 1.5)

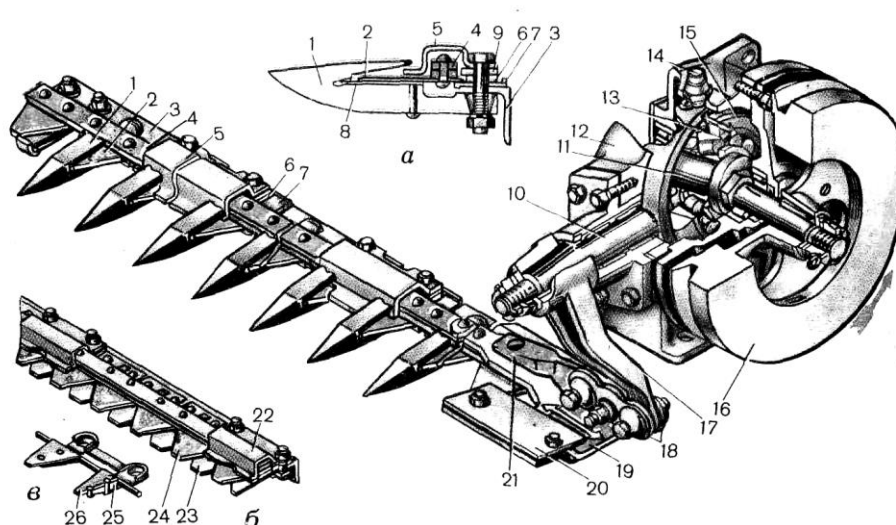


Рисунок 1.5 - Режущий аппарат комбайна Дон 1500Б.

Режущий аппарат – сегментно-пальцевого типа. Привод ножа механизм качающаяся шайба (МКШ). Пальцы могут быть закрытого (а) и открытого (в) типа.

- носки сегментов 2 и 24 должны прилегать к противорежущим пластинам 8 и 26 (зазор не более 0,5 мм);

- зазор между сегментом и задним краем пластины – должен быть 0,5...1 мм

- высоту среза растений - регулируют:

- (50, 100, 145, 185мм) перемещая копирующие башмаки (при работе с копированием рельефа поля);

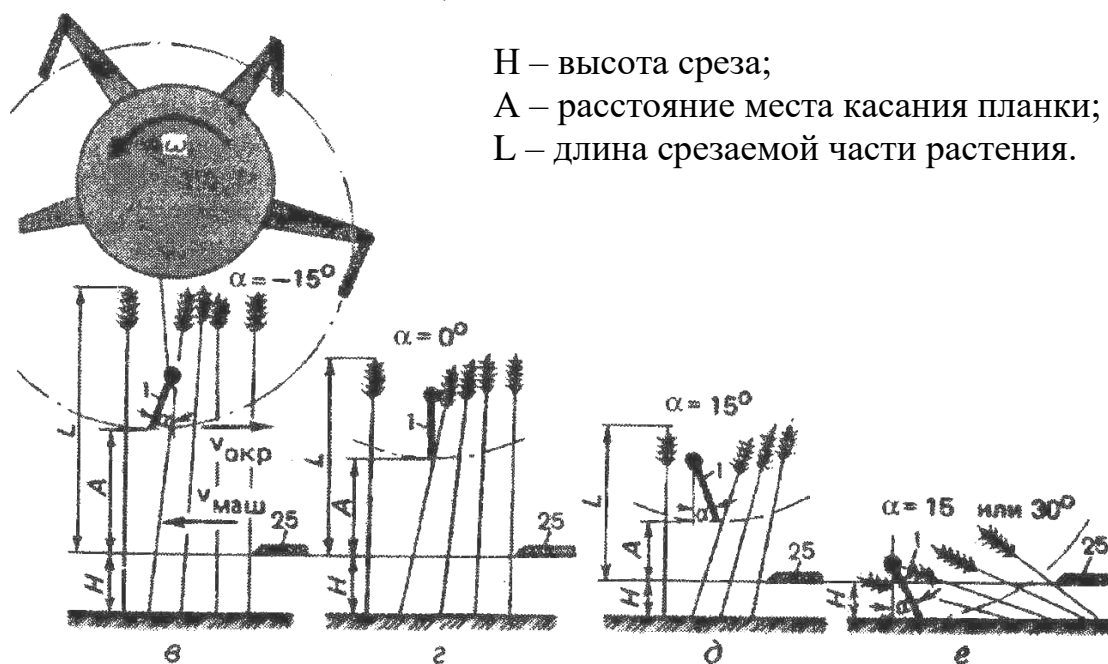
- (100...1130мм) гидроцилиндрами подъема (опускания) жатки (при работе без копирования рельефа поля).

- *Мотовило.*

- Угол наклона граблин ( $\alpha$ ) – регулируется от  $- 15^\circ$  до  $+ 30^\circ$  - регулируется в зависимости от высоты и состояния хлебной массы автоматически при перемещении мотовила в вертикальном или горизонтальном направлении:

-  $\alpha = - 15^\circ$  - высокостебельные прямостоячие культуры выше 800 мм (рожь);





Н – высота среза;  
 А – расстояние места касания планки;  
 L – длина срезаемой части растения.

Рисунок 1.6 – Схема работы мотовила

- Угол наклона граблин ( $\alpha$ ) – регулируется от  $-15^\circ$  до  $+30^\circ$  - регулируется в зависимости от высоты и состояния хлебной массы автоматически при перемещении мотовила в вертикальном или горизонтальном направлении:

-  $\alpha = -15^\circ$  - высокостебельные прямостоячие культуры свыше 800 мм (рожь);

-  $\alpha = 0^\circ$  - нормальные (400...500 мм) прямостоячие или частично пониклые культуры (пшеница, овес и т.д.);

-  $\alpha = +15^\circ$  - низкорослые культуры (менее 400 мм), (ячмень);

-  $\alpha = +15^\circ$  или  $+30^\circ$  - полеглые культуры.

- Предохранительная муфта – рассчитана на передачу крутящего момента 600 Н\*м. ( $\approx 60$ кг).

- Частота вращения мотовила (угловая скорость  $V_{окр}$ ) – регулируют в зависимости от поступательной скорости комбайна  $V_{маш}$  на ходу комбайна при помощи гидравлического вариатора:  $V_{окр} / V_{маш} = 1,2...1,8$ .

При скорости движения комбайна до 5 км/ч это соотношение равно 1,5...1,8, при скорости комбайна свыше 5 км/ч равно 1,2...1,5.

- Расположение мотовила по высоте – регулируют в зависимости от высоты растений при помощи гидроцилиндров подъема (опускания) мотовила. Планка мотовила должна коснуться выше центра тяжести срезанной части растения, но ниже колосьев. Расстояние  $A > 0,5L$ .

- Расположение пружинных пальцев граблин относительно режущего аппарата: Зазор между пальцами граблин и режущим аппаратом при максимально опущенном мотовиле должен быть 25 мм. Регулируют винтами на штоке гидроцилиндров подъема (опускания) мотовила.

- Вынос мотовила относительно режущего аппарата:

- при уборке высокостебельных культур (свыше 800мм) вал максимально смещают назад, к ножу;

- при уборке культур (400...800 мм) – мотовило смещают вперед на 40 мм от крайнего заднего положения;

- при уборке низкорослых (< 400 мм) опускают и сдвигают режущему аппарату.

- при уборке полеглых культур – мотовило максимально выдвигают вперед и опускают вниз.

- Шнек (рис. 1.7).

- Зазор между пальцами и днищем жатки – регулируют рычагом 37 в зависимости от урожайности и высоты растений:

- 6...20 мм – при уборке малоурожайных, низкостебельных культур.

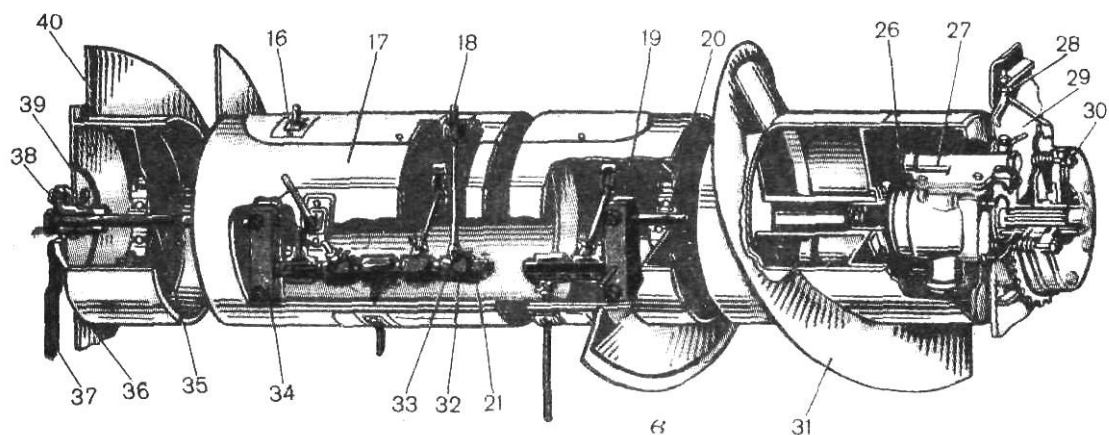


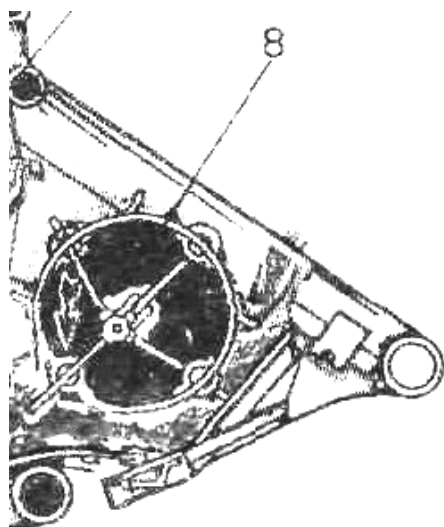
Рисунок 1.7 – Вид шнека жатки

- 20...30 мм – при уборке высокоурожайных длинностебельных культур.

- Зазор между витками шнека и днищем жатки – регулируют перемещая плиты 29 и 39 таким образом, чтобы хлебная масса не накапливалась перед шнеком.

В противном случае масса будет подаваться в молотилку порциями, что приведет к потере зерна за молотилкой.

*Проставка* (рис. 1.8).



Зазор между пальцами битера и днищем проставки регулируют в зависимости от высоты и густоты хлебной массы в пределах 28...35 мм, поворачивая рычаг.

Рисунок 1.8 – Вид проставки.

*Наклонная камера с плавающим транспортером* (рис. 1.9) .

- Натяжение цепей транспортера регулируют винтами, чтобы длина сжатой пружины натяжного устройства бала 90...95 мм.

- Зазор между планками транспортера и днищем под нижним валом – 5...10 мм, - регулируют устанавливая шайбы между гайками болта подвески и угольником боковины камеры.

- Частоту вращения барабана ( $517...954 \text{ мин}^{-1}$ ) регулируют вариатором в зависимости от убираемой культуры, сорта, степени зрелости, влажности и др. факторов.

- Зазоры между барабаном 1 и подбарабаньем 2 (А и Б) регулируют рычагом из кабины комбайна в зависимости от убираемой культуры, сорта, степени зрелости, влажности и др. факторов в пределах:

- на входе – А = 18...60мм;

- на выходе – Б = 2...58мм

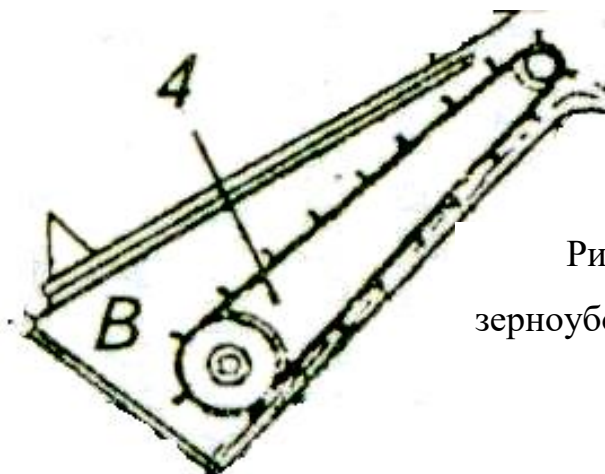
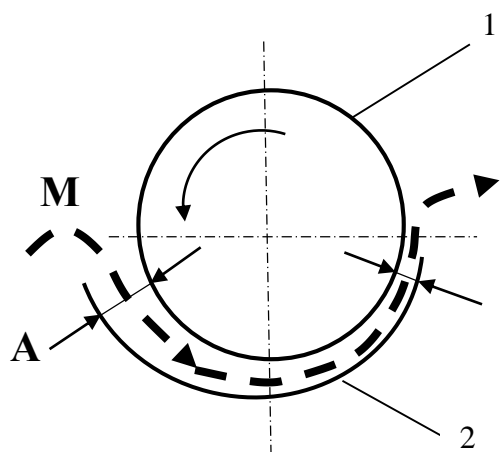


Рисунок 1.9 – Вид наклонной камеры зерноуборочного комбайна

Молотильный аппарат (рис. 1.10) .



1 – барабан; 2 – подбарабанье

М – движение хлебной массы.

Рисунок 1.10 – Схема молотильного аппарата.

- Установочные зазоры – при максимально поднятом подбарабанье регулируют винтовыми стяжками: на входе А =  $18 \pm 1$ мм, на выходе Б =  $2 \pm 1$ мм

Соломотряс (рис. 1.11).

При уборке влажных, остистых культур периодически осматривают и очищают от остей забившиеся клавиши.

Если решетки клавиш деформировались – их необходимо выправить.

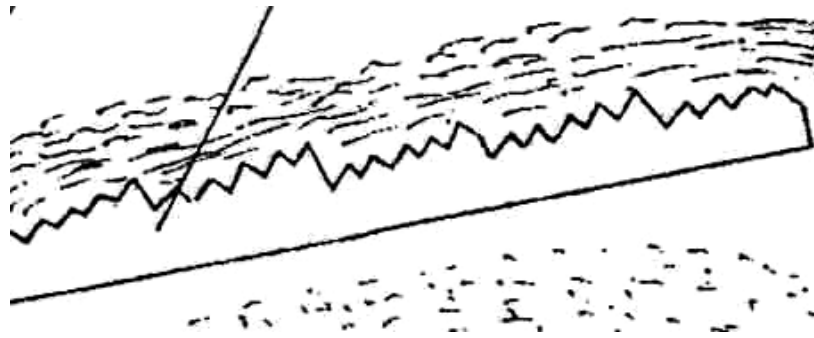


Рисунок 1.11 – Схема соломотряса

*Очистка комбайна (рис. 1.12).*

На качество очистки зерна влияют:

- частота вращения вентилятора – регулируют гидравлическим вариатором;
- угол наклона пластин верхнего, нижнего решет и удлинителя верхнего решета.

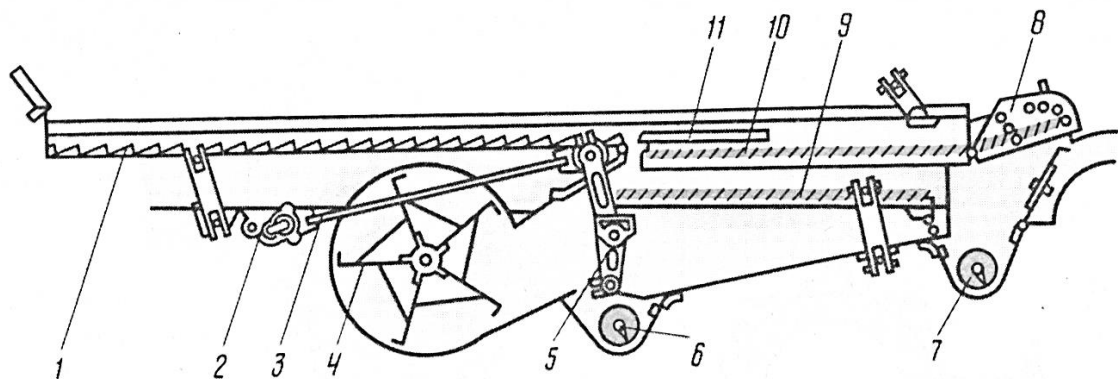


Рисунок 1.12 – Схема системы очистки комбайна

*Гидрофицированный копнитель (рис. 1.13).*

Регулировки копнителя заключаются в следующем.

Вращением стяжки 21 добиваются, чтобы зазор между задней кромкой лотка половонабивателя и передней кромкой днища составлял 10...40 мм.

Натягивая пружину 23, необходимо следить за тем, чтобы ее длина при закрытом днище составляла 630 мм.

Крюк защелки 15 должен свободно заходить за зацеп заднего клапана. Для этого регулируют длины тяг 10 и 12.

Перемещая щиток 24 сброса соломы, изменяют зазор между щитками и клавишами (10...15 мм) и между щитком и зубом 4 граблины (5...10 мм).

Объем сформированной копны изменяют, переставляя скобы электромагнитов датчика 7 сигнализатора заполнения копнителя.

*Измельчитель* (рис. 1.14).

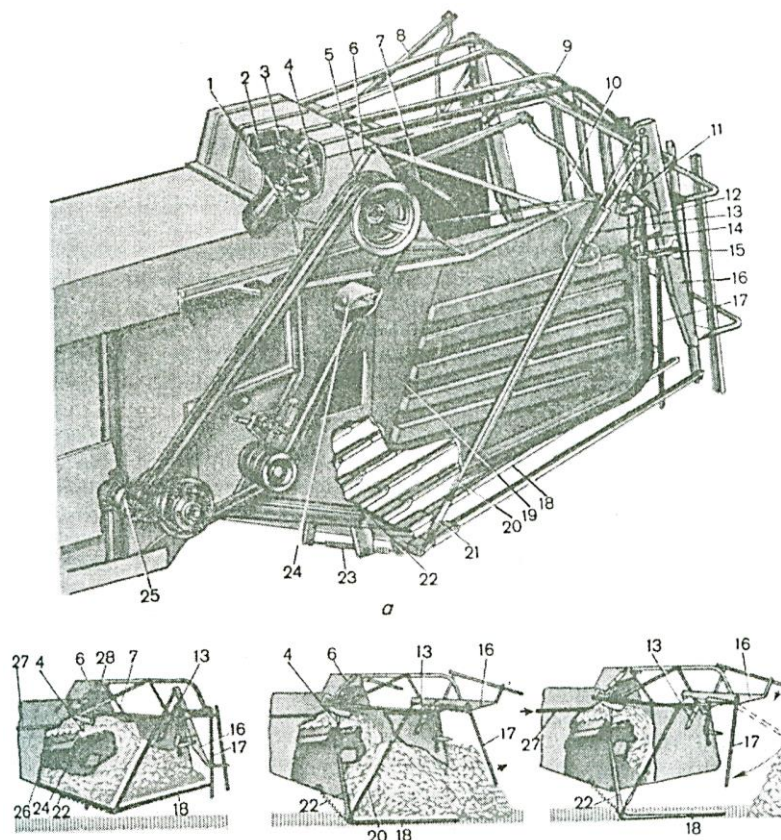
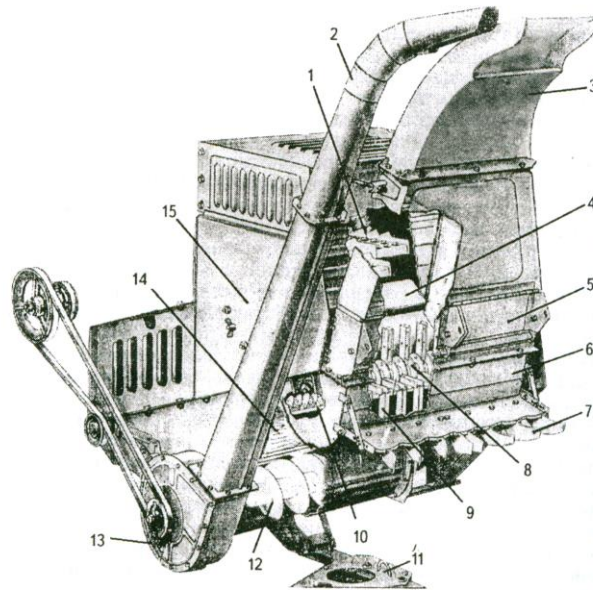


Рисунок 1.13 – Вид копнителя зерноуборочного комбайна.

Измельчитель – это устройство, предназначенное для уборки незерновой части урожая по следующим технологиям:

- Измельченную солому и полову загружают в кузов самосвального прицепа, соединенного с прицепным устройством комбайна.

Степень измельчения соломы (40...50 или 100...250 мм) регулируют поворотом бруса противорезающего устройства и выключают из работы часть молотков.



1 – соломотряс; 2, 3 – трубопроводы; 4 – щиток сброса соломы; 5 – клапан проставки; 6 – заслонка; 7 – направитель; 8 – барабан измельчителя; 9 – молотки; 10 – противорежущее устройство; 11 – прицепное устройство; 12 – шнек; 13 – вентилятор; 14 – скатная доска; 15 – капот.

Рисунок 1.14 – Вид измельчителя.

## Лекция 2. Основы теории мотовила и его совместная работа с режущим аппаратом

Вопросы:

- 1 Построение траектории движения планки мотовила.
- 2 Обоснование рациональных параметров мотовила.
- 3 Совместная работа мотовила и режущего аппарата и показатели её характеризующие.

### 1 Построение траектории движения планки мотовила

Мотовило предназначено для подвода стеблей к ножу, направления их после среза на транспортирующие устройства и освобождения режущего аппарата для приёма новых стеблей.

В процессе работы планки мотовила радиусом  $r$  равномерно вращаются вокруг горизонтальной оси с угловой скоростью  $\omega$  и одновременно участвуют в поступательном движении вместе с машиной со скоростью  $V_m$ :

В связи с этим траектория движения планки будет представлять собой циклоиду (2.рис. 1), форма которой зависит от соотношения окружной и поступательной скоростей

$$\lambda = \omega r / V_m = U / V_m \quad (2.1)$$

При  $\lambda < 1$  она будет укороченной, а при  $\lambda > 1$  - удлиненной. При этом путь, пройденный машиной за один оборот мотовила равен

$$X_T = \frac{2\pi R}{\lambda} \quad (2.2)$$

где  $R$  – радиус мотовила, м.



Чтобы мотовило было работоспособным, его планки должны совершать движение по удлинённым циклоидам. Обычно значение  $\lambda$  принимают в пределах 1,5...1,7. При  $\lambda > 1,7$  планки, ударяя по колосу, могут вымолачивать зерно, создавая потери. А при  $\lambda < 1,5$ , наоборот, мотовило будет захватывать мало стеблей, и большая часть стеблестоя не будет подвергаться его воздействию.

Шагом планки мотовила называется расстояние между одинаковыми точками двух циклоид, описанных одноимёнными точками соседних планок. Зная число планок  $z$  (рис. 2.1) и перемещение машины за время одного оборота мотовила  $X_T$ , находим значение шага  $X_z$

$$X_z = \frac{2\pi R}{\lambda z} \quad (2.3)$$

Шаг мотовила прямо пропорционален радиусу мотовила  $r$  и обратно пропорционален числу планок  $z$  и отношению скоростей  $\lambda$ .

Выражая  $X_z$  и  $R$  в метрах, находим число ударов  $K$  планками на 1 м пути движения жатки:

$$K = 1 / X_z = z\lambda / (2.2\pi R) \quad (2.4)$$

Число ударов  $K$  оказывает большое влияние на вымолот зерна из колоса. Для сокращения числа ударов, а следовательно, и потерь зерна прибегают к использованию мотовил с уменьшенным числом планок. Это особенно важно для жаток, работающих на повышенных скоростях.

Для того, чтобы построить на миллиметровой бумаге траекторию конца планки мотовила, необходимо:

- в выбранном масштабе радиусом  $r$  провести окружность (рис. 2.1) и разделить ее на равные части (не менее 8). Полученные точки обозначить цифрами 0, 1, 2, 3, 4 и т. д. и соединить их с центром окружности. В результате получим положения луча планки через равные промежутки времени;

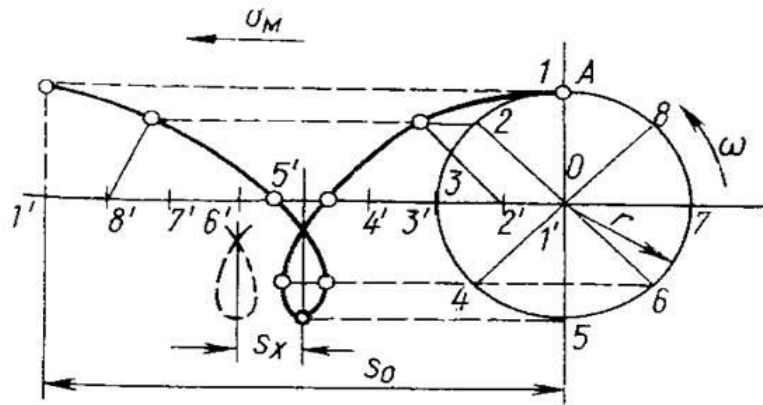


Рисунок 2.1 - Траектория движения точек планки мотовила

- отложить путь машины за один поворот мотовила от центра окружности и разделить его на столько же частей, что и окружность, пронумеровав полученные точки 1', 2', 3', 4' и т. д.;

- из точек 0, 1, 2, 3 и т. д. провести прямые линии, параллельные направлению движения машины, затем из точек 0', 1', 2' и т. д. радиусом  $r$  сделать засечки на соответствующих прямых, проведенных из точек 0, 1, 2, 3 и т.д.;

- полученные методом засечек точки пронумеровать 0'', 1'', 2'' и т.д., соединить их плавной кривой, которая будет представлять траекторию движения планки.

Если расположить оси, как указано на (рис. 2.1), то координаты крайней точки планки определяются выражениями

$$x = O_0C + R\cos\omega t = v_M t + R\cos\omega t \quad (2.5)$$

$$y = H + h - R\sin\omega t \quad (2.6)$$

где  $h$ - высота установки режущего аппарата над землей;

$H$  - высота установки вала мотовила над режущим аппаратом.

## 2 Обоснование рациональных параметров мотовила

Планка (граблина) подводит стебли к режущему аппарату, когда горизонтальная проекция скорости планки направлена к режущему аппарату,

т. е. отрицательна,  $v_x < 0$ .

Учитывая, что

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_M - R\omega \sin \omega t \quad (2.7)$$

получаем

$$v_M - \omega R \sin t < 0$$

или

$$v_M < u \sin \omega t \quad \text{и} \quad v_M < \omega R$$

В пределах от  $0^\circ$  до  $\pi$  наибольшее значение  $\sin \omega t = 1$ . Следовательно, нужно иметь  $v_M < u$ .

Обычно отношение  $\frac{u}{v_M} = \frac{\omega R}{v_M} = \lambda$  находится в пределах 1,4-1,9.

Соотношение между окружной скоростью мотовила и скоростью машины, обеспечивающее наилучшие результаты работы мотовила, определяется состоянием стеблестоя убираемой культуры и величиной скорости перемещения машины.

Принято считать, что в момент входа планки в хлебостой следует иметь  $v_x = 0$ , и, следовательно,  $v_M - \omega R \sin \varphi_1 = 0$ . Это положение планки в относительном движении определяется углом  $\varphi_1$  причем

$$\sin \varphi_1 = \frac{v_M}{\omega R} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.8)$$

Тогда высота установки вала мотовила над режущим аппаратом определяется из выражения



Радиус мотовила определяется с учетом того, чтобы планки мотовила, внедряясь в стеблестой, не оказывали давления на стебли ниже их центра тяжести, в противном случае стебель будет падать не на транспортер, а через планку в поле. Обозначив расстояние от центра тяжести срезанной части стебля до его вершины через  $l_{ц}$ , получим

$$R \leq H + h - l + l_{ц} + \frac{a}{2}, \quad (2.13)$$

где  $a$  - ширина планки, м.

### 3 Совместная работа мотовила и режущего аппарата и показатели её характеризующие

Если стеблестой негустой и взаимодействием стеблей при наклоне их планкой можно пренебречь, то без учета изгиба стеблей совместная работа мотовила и режущего аппарата может быть рассмотрена в следующей схеме.

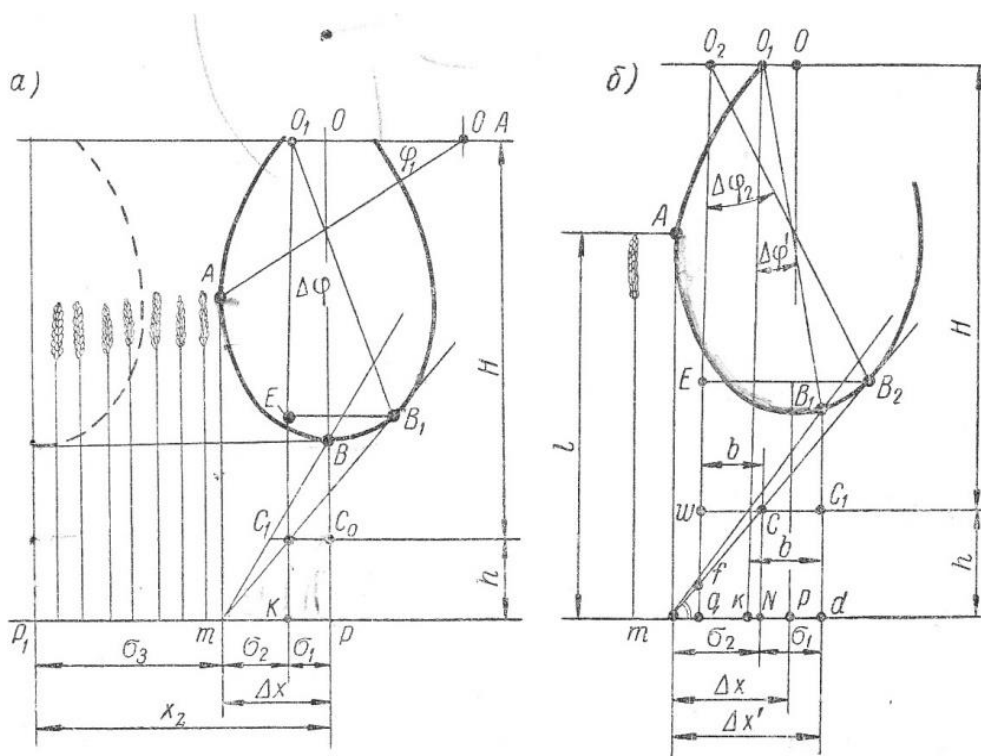


Рисунок 2.3 - Схема совместной работы мотовила и режущего аппарата

Планки, войдя в хлебостой в точке  $A$  (рис. 2.3. а), воздействуют на стебли, наклоняя их по направлению к режущему аппарату. Если вал мотвила установлен над линией резания, то в момент, когда планка придет в точку  $B$ , режущий аппарат придёт в точку  $C_0$  и на полоске  $\Delta x$  будет срезать первый ряд стеблей  $C_0$  шириной, равной длине планки мотвила. Срезание всех стеблей полоски  $\Delta x$  будет завершено в момент, когда линия резания переместится в точку  $C_1$ ; при этом стебель  $mA$  занимает положение  $mB_1$ .

Из (рис. 2.2) имеем

$$\Delta x = x_1 - x_2$$

Так как

$$x = v_M t + R \cos \omega t ,$$

то

$$x_1 = v_M t_1 + R \cos \omega t_1 ,$$

где

$$\omega t_1 = \varphi_1; \quad t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega} .$$

Учитывая это, можем записать

$$x_1 = v_M \frac{\varphi_1}{\omega} + \frac{R}{\lambda} \sqrt{\lambda^2 - 1} \quad (2.14)$$

Аналогично получаем

$$x_2 = v_M t_2 + R \cos \omega t_2 \quad (2.15)$$

где  $\omega t_2 = \pi/2$ ;  $t_2 = \pi/2\omega$ .

Так как  $\cos(2.\pi/2) = 0$ , то

$$x_2 = v_M \pi / (2.2\omega) = \pi R/2\lambda \quad (2.16)$$

Используя полученные выражения, можем записать

$$\Delta x = v_M \frac{\varphi_1}{\omega} + \frac{R}{\lambda} \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi R}{2\lambda} = \frac{R}{\lambda} \left( \varphi_1 - \frac{\pi}{2} + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right). \quad (2.17)$$

Таким образом, при перемещении машины на расстояние  $\sigma_1$  режущий аппарат срезает уплотненный пучок стеблей, растущих на полоске длиной  $\Delta X$ .

На расстоянии  $\sigma_2$  режущий аппарат работает вхолостую; на расстоянии  $\sigma_3$  происходит срезание стеблей без воздействия на них мотвила. Степень полезности мотвила в совместной работе с ножом оценивается следующими показателями:

- коэффициент полезности  $\eta_1 = \frac{\sigma_1}{x_z} \quad (2.17)$

- коэффициент холостого хода режущего аппарата

$$\eta_2 = \frac{\sigma_2}{x_z} \quad (2.18)$$

- коэффициент пропусков мотвила.

$$\eta_3 = \frac{\sigma_3}{x_z} \quad (2.19)$$

## Лекция 3. Теоретическое обоснование основных параметров режущих аппаратов

Вопросы:

1. Кинематические характеристики ножа.
2. Технологический процесс работы режущих аппаратов.
3. Обоснование формы и размеров деталей режущих аппаратов.

### 1 Кинематические характеристики ножа

Кинематическими показателями хода ножа являются перемещение  $x$ , скорость  $v$  и ускорение  $j$  в зависимости от угла поворота кривошипного вала.

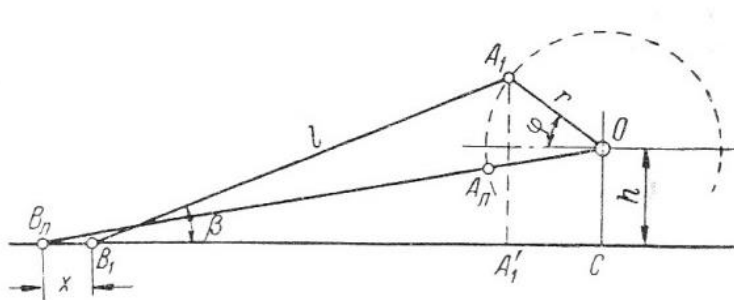


Рисунок 3.1 - Схема к определению перемещения ножа

Если обозначить угол поворота кривошипного вала, отсчитываемый от горизонтального диаметра (рис. 3.1),  $\varphi = \omega t$ , а угол между шатуном и горизонтальной осью -  $\beta$ , то перемещение  $x$  будет равно

$$x = \sqrt{(l+r)^2 - h^2} - r \cos \varphi - l \cos \beta. \quad (3.1)$$

Из (рис. 3.1) видно, что

$$l \sin \beta = h + r \sin \varphi,$$



откуда

$$\sin \beta = \frac{h+r \sin \varphi}{l}$$

Подставляя это выражение в уравнение (3.1), получим

$$x = \sqrt{(l+r)^2 - h^2} r \cos \varphi - l \sqrt{1 - \left(\frac{h+r \sin \varphi}{l}\right)^2} \quad (3.2)$$

Принимая во внимание, что отношения  $\frac{h}{l}$ , и  $\frac{r}{l}$  меньше единицы, второй радикал разложим в ряд

$$\left[1 - \left(\frac{h+r \sin \varphi}{l}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{h+r \sin \varphi}{l}\right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{h+r \sin \varphi}{l}\right)^4 - \dots$$

Если ограничиться первыми двумя членами ряда, то выражение для перемещения ножа можно записать в таком виде

$$x = \sqrt{(r+l)^2 - h^2} - r \cos \omega t - l + \frac{h^2}{2l} + \frac{rh}{l} \sin \omega t + \frac{r^2}{2l} \sin^2 \omega t. \quad (3.3)$$

Скорость ножа определится, если взять первую производную от перемещения  $x$ ,

$$v = \frac{dx}{dt} = r\omega \left( \sin \omega t + \frac{h}{l} \cos \omega t + \frac{r}{2l} \sin 2 \omega t + \dots \right) \quad (3.4)$$

а ускорение  $j$  — производную от скорости  $v$

$$j = \frac{dv}{dt} = r\omega^2 \left( \cos \omega t - \frac{h}{l} \sin \omega t + \frac{r}{l} \cos 2\omega t + \dots \right) \quad (3.5)$$

Если в уравнениях (3.3), (3.4) и (3.5) принять  $h = 0$ , то получим

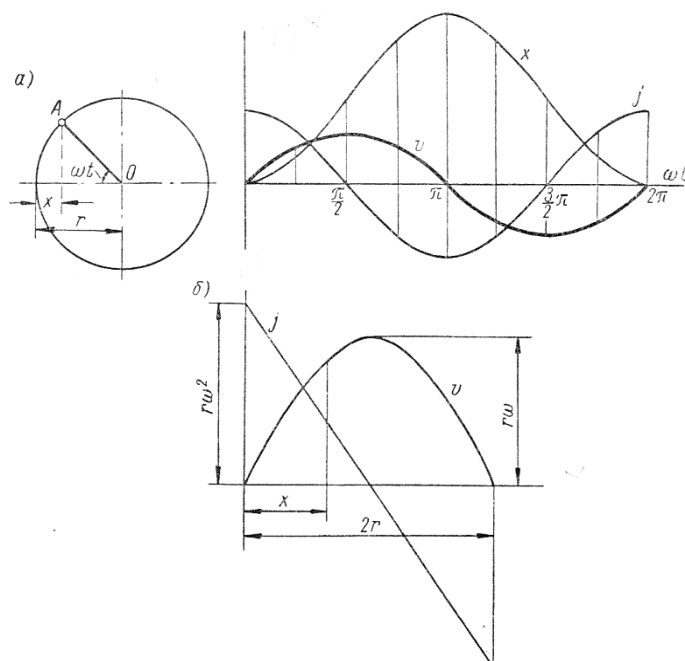


Рисунок 3.2 - Кинематические характеристики ножа

приближенные выражения для перемещения, скорости и ускорения нормального кривошипно-шатунного механизма:

$$x = (1 - \cos \omega t) + \frac{r^2}{2l} \sin^2 \omega t; \quad (3.6)$$

$$v = r\omega \left( \sin \omega t + \frac{r}{2l} \sin 2\omega t \right); \quad (3.7)$$

$$j = r\omega^2 \left( \cos \omega t + \frac{r}{l} \cos 2\omega t \right). \quad (3.8)$$

В уборочных машинах отношение  $\frac{r}{l}$  довольно мало и колеблется в пределах от 0,1 до 0,04, а поэтому без особых погрешностей последним членом в уравнениях (3.6), (3.7) и (3.8) можно пренебречь.

Тогда уравнения, перемещения, скорости и ускорения примут вид

$$x = r(1 - \cos \omega t); \quad (3.9)$$

$$v = r\omega \sin \omega t; \quad \dots \quad (3.10)$$

$$j = r\omega^2 \cos \omega t. \quad (3.11)$$

т. е. вид уравнений гармонического колебательного движения, который определяется движением проекции пальца кривошипа А на линию ножа (рис. 3.2).

На (рис. 3.2, а) представлены кривые изменения  $x$ ,  $v$  и  $j$  в зависимости от угла поворота кривошипа. Они изменяются по синусоидальным кривым. Из рисунка видно, что максимум ускорения получается при крайних положениях ножа, а максимум скорости - при среднем положении ножа.

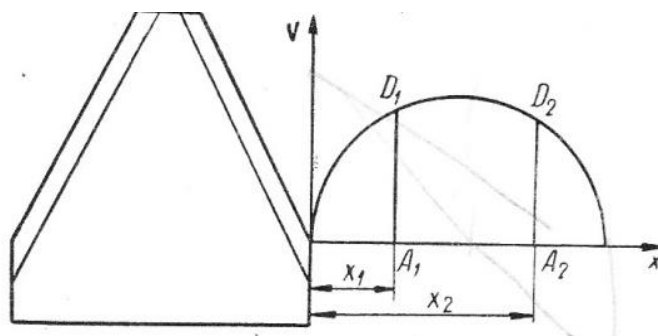


Рисунок 3.3 - График скоростей ножа в зависимости от перемещения

Для анализа кинематического режима и установления связи с основными параметрами режущих аппаратов различных типов пользование формулами (3.9), (3.10) и (3.11) из-за их сложности неудобно.

Значительно проще выразятся скорость и ускорение, если поставить их в зависимость от перемещения  $x$ . Так, если из формул (3.9) и (3.10) исключить угол поворота, получим

$$\left(\frac{r-x}{r}\right)^2 + \left(\frac{v}{r\omega}\right)^2 = 1 \quad (3.12)$$

Решая совместно уравнения (3.9) и (3.11), получим

$$j = \omega^2 r - \omega^2 x \quad (3.13)$$

Уравнение (3.12) представляет собой уравнение эллипса, а уравнение (3.3) - уравнение прямой (рис. 3.2. б).

В крайних положениях при  $x = 0$  и  $x = 2r$  скорость будет равна нулю, а ускорение будет иметь максимальное значение

$$j_{\max} = \omega^2 r.$$

При  $x = r$  скорость будет иметь максимальное значение,  $v = r\omega$ , а ускорение  $j = 0$ .

Если график скоростей ножа построить в масштабе  $\omega = 1$ , то получим уравнение окружности (в системе  $x, v$ )

$$(r - x)^2 + v^2 = r^2. \quad (3.14)$$

На (рис. 3) изображен график скоростей ножа в зависимости от его перемещения в масштабе  $\omega = 1$ . Пользуясь этим графиком, можно определить скорость для любого перемещения. Так, для положения ножа, определяемого координатой  $x_1$  скорость  $v_1 = A_1 D_1 \omega$ ; для  $x_2$  скорость  $v_2 = A_2 D_2 \omega$  и т. д

## **2 Технологический процесс работы режущих аппаратов**

Срезание растений режущим аппаратом происходит по, принципу ножниц; режущую пару при этом образуют сегмент и вкладыш. Качество среза зависит от многих факторов: расстановки пальцев, остроты лезвия, углов наклона лезвий сегмента и пальца к линии движения, плотности прилегания

сегмента к опорной плоскости пальца, скорости ножа и др. Опыты показали, что технологическая скорость  $v_T$ , т. е. скорость, обеспечивающая чистый срез растений с минимальным сопротивлением, при срезании трав не превышает 1,0 - 1,2 м/сек, а при срезании зерновых культур - 0,6 - 0,8 м/сек.

Чтобы осуществить качественный срез растений ножом, необходимо меть

$$v > v_T, \quad (3.15)$$

где  $v$  — скорость ножа.

Скорость ножа является величиной переменной, изменяющейся от нуля до максимального его значения, равного  $r\omega$ . В зависимости от перемещения ножа  $x$  скорость его выражается зависимостью

$$v = r\omega \sqrt{\frac{x}{r} \left(2 - \frac{x}{r}\right)}, \quad (3.16)$$

а графически эту скорость можно определить методом, представленным на (рис. 4).

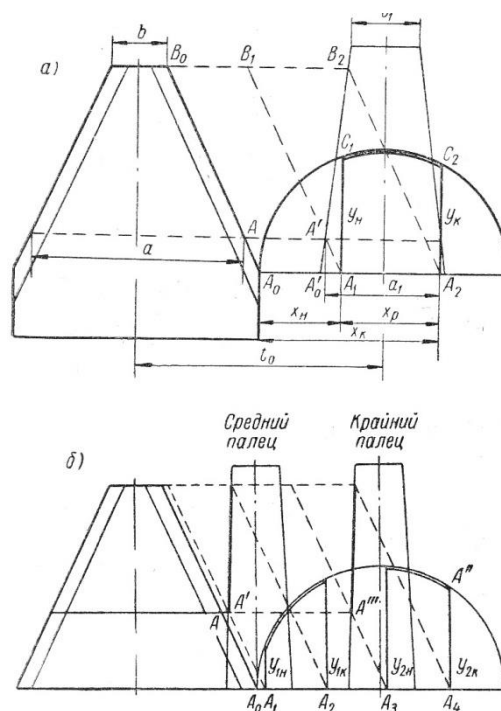


Рисунок 3.4 - Определение рабочих скоростей резания

Так как в основном стебли перерезаются сегментом у кромки пальца, то графически можно определить скорость, при которой будет происходить срез стеблей.

На рис. 4, а представлена диаграмма изменения этой скорости у аппарата нормального типа. Здесь  $A_0B_0$  - режущая кромка сегмента,  $A'_0B_2$  - опорная кромка вкладыша. Часть лезвия  $AA_0$  исключается из работы, так как она перекрывается отростком пальцев, имеющимся у режущих аппаратов косилок и жаток.

При перемещении сегмента слева направо на участке, определяемом отрезком  $x_n$ , сегмент будет подводить растения к пальцевому вкладышу. Резания при этом происходить не будет. Начало резания определяется расположением режущей кромки  $A_0B_0$  по линии  $A_1B_1$ . Скорость ножа при этом в масштабе  $\omega = 1$  определится отрезком  $y_n = A_1C_1$ . При дальнейшем движении сегмента вправо режущая кромка его  $A_0B_0$ , соприкасаясь с кромкой  $A_{(3.)}B_0$  вкладыша, будет зажимать растения и перерезать их. Очевидно, конец резания растений, попавших в данную режущую пару, определится таким перемещением  $x_k$ , при котором верхняя точка  $B_0$  режущей кромки коснется опорной кромки пальца, т. е. окажется в точке  $B_2$ .

Скорость конца резания, также в масштабе  $\omega = 1$ , определится отрезком  $y_k = A_2C_2$ .

При известном значении  $\omega$  можно найти и истинное значение скорости в начале и конце резания. Она будет равна  $v_n = y_n\omega$  и  $v_k = y_k\omega$ .

Процесс резания растений будет осуществляться при перемещении сегмента на участке  $A_1A_2$ , определяемом  $x_p = x_k - x_n$ .

Из (рис. 3.4, а) видно, что скорость ножа в конце резания меньше, чем в начале, т. е.

$$v_k < v_n$$

Очевидно, для получения качественного среза необходимо иметь

$$V_T \leq v_k \quad (3.17)$$

или  $v_T \leq y_k \omega$  откуда

$$\omega \geq \frac{v_T}{y_k}$$

Итак, пользуясь опытными данными о значении технологической скорости  $v_T$  и размерами режущего аппарата, можно определить необходимую угловую скорость кривошипного вала.

На (рис. 3.4, б) представлена диаграмма скоростей резания для аппарата низкого резания. Здесь срез происходит у среднего и крайнего пальцев. Так, начальная скорость у среднего пальца определяется величиной  $y_{1н}$ , а конечная -  $y_{1к}$  для крайнего пальца соответственно -  $y_{2к}$  и  $y_{2н}$ .

Из (рис. 4, б) видно, что у аппарата низкого резания скорость ножа в начале резания у среднего пальца довольно низкая. Это может быть причиной плохого среза стеблей в тот момент, когда за счет поступательной скорости машины стебель, зажатый между лезвиями сегмента и кромкой пальца (3.точка А'), будет оторван или обломан, а при слабой заточке и при наличии зазора между сегментами и пальцевой пластиной стебель может быть зажат в зазоре и вырван с корнем из земли.

Стремление ослабить такой отрицательный факт, как наличие малой скорости при срезании у среднего пальца, побудило, по-видимому, конструкторов отодвинуть палец вправо, т. е. прибегнуть к аппарату среднего резания.

Следует отметить, что при известных параметрах режущего аппарата скорость в начале и конце резания может быть выражена аналитически. В самом деле, из рис. 4, а видно, что

$$x_H = t_0 - \frac{a + a_1}{2} = t_0 - a_0; \quad (3.18)$$

$$x_k = t_0 - \frac{b + b_1}{2} = t_0 - b_0, \quad (3.19)$$

где

$$a_0 = \frac{a + a_1}{2}; \quad (3.20)$$

$$b_0 = \frac{b + b_1}{2}. \quad (3.21)$$

Подставляя значение  $x_n$  и  $x_k$  в формулу (3.16), получим

$$v_n = \omega \sqrt{2r(t_0 - a_0) - (t_0 - a_0)^2}; \quad (3.22)$$

$$v_k = \omega \sqrt{2r(t_0 - b_0) - (t_0 - b_0)^2}; \quad (3.23)$$

Перемещение ножа в период резания определится выражением

$$x_p = x_k - x_n = a_0 - b_0. \quad (3.24)$$

Диаграмма движения сегмента. Сегмент участвует в сложном движении. Оно складывается из относительного движения по уравнению (3.9) и переносного вместе с машиной со скоростью  $v_M$ , определяемого уравнением

$$Y = v_M t \quad (3.25)$$

Путь, проходимый машиной за один ход ножа или за половину оборота кривошипа, называется подачей и определяется так



$$h = v_M \frac{T}{2} = v_M \frac{\pi}{\omega} = \frac{30v_M}{n}. \quad (3.26)$$

Из уравнения (3.26) получим

$$v_M = \frac{h\omega}{\pi}.$$

Подставив это значение в уравнение (3.25), будем иметь

$$y = \frac{h}{\pi} \omega t \quad (3.27)$$

По этому уравнению составлена таблица координат траектории точки  $A$  (табл. 3.1) и на (рис. 3.5) построена кривая  $AA_1$ . Траектория точки  $B$  строится аналогично кривой  $AA_1$ .

Аналогично строятся траектории точек сегмента и при движении его справа налево.

Таблица 3.1 - Координаты траектории точки  $A$  сегмента (рис. 3.5)

$\omega t$	$y = \frac{h}{\pi} \omega t$	$x = r(1 - \cos \omega t)$
0	0	0
$\frac{\pi}{6}$	$\frac{h}{6}$	0.14r
$\frac{\pi}{3}$	$\frac{h}{3}$	0.50r
$\frac{\pi}{2}$	$\frac{h}{2}$	1.00r
$\frac{2}{3}\pi$	$\frac{2}{3}h$	1.5r
$\frac{5}{6}\pi$	$\frac{5}{6}h$	1.86r
$\pi$	h	2.00r

Траектория точки  $A$  сегмента показывает, что в начале хода ножа скорость машины превышает скорость ножа, затем начинает преобладать скорость ножа, и в конце хода опять преобладает скорость перемещения машины.

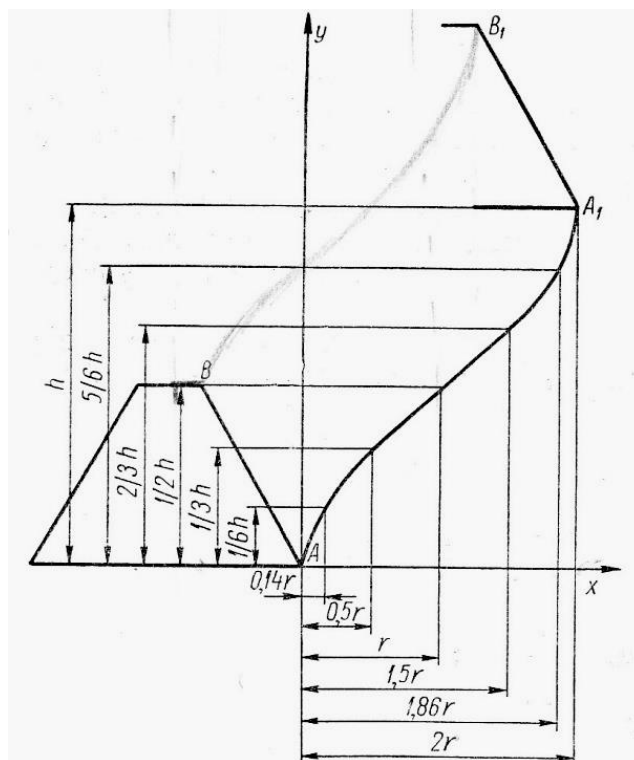


Рисунок 3.5 - Построение диаграммы движения сегмента

На (рис. 3.6) представлена диаграмма движения двух соседних режущих кромок в продолжении трех следующих друг за другом перемещений слева направо и наоборот. Как видно, поверхность, по которой проходит режущий аппарат режущими кромками покрывается не вся. Не заштрихованная поверхность движущимися кромками сегмента не покрывается. Стебли растений, находящиеся на этой поверхности, при движении сегмента срезаны не будут. Они будут отогнуты пальцевым брусом вперед и при обратном движении сегмента будут срезаны, находясь на другой площадке. Высота среза этих стеблей будет выше.

Площадки, покрытые перекрещивающейся штриховкой, показывают, что по ним режущая кромка проходила дважды. Однако в действительности

картина среза стеблей сегментом происходит несколько иначе. Усложняют эту картину пальцы режущего аппарата, которые при своем движении отклоняют стебли. В этом случае лезвие сегмента срезает растения с площади большей, чем оно покрывает непосредственно при своем движении. Для объяснения этого явления примем ширину пальца (вкладыша) одинаковой по всей его длине. При движении машины стебли пальцами будут отклоняться от оси симметрии пальца в стороны и на угол трения от перпендикуляра к лезвию вкладыша. Положение отклоненных стеблей на (рис. 3.7) показано стрелками, выходящими из линий  $kn$  и  $ef$ . Из (рис. 3.7) видно, что стебли будут срезаны сегментом при движении слева направо не со всей площади  $AA_1B_1B$ , покрываемой лезвием, а только с части ее, ограниченной контуром  $abdefignkla$ . Растения с площади  $Aab$  срезаются предыдущим движением ножа справа налево.

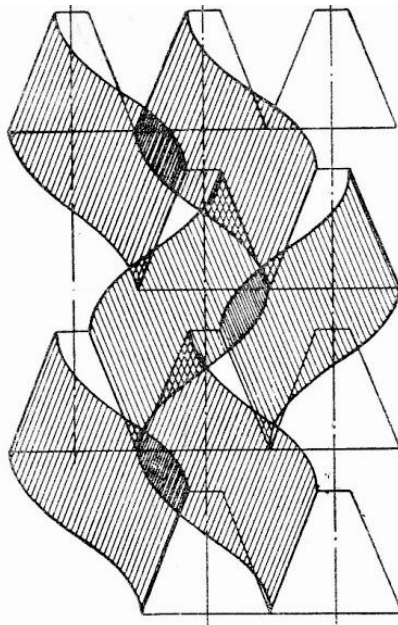


Рисунок 3.6 - Диаграмма движения сегмента аппарата нормального резания

*Отгибы стеблей.* При срезании стеблей режущим аппаратом часть стеблей отгибается пальцами и сегментами и срезается в наклонном положении (рис. 3.7).

В результате стерня оказывается неодинаковой и больше, чем высота среза, на которую установлен режущий аппарат. Из-за увеличения высоты стерни теряется часть урожая трав при скашивании и возможны потери колоса при срезе низкорослых или полегших хлебов. Отгиб стеблей лезвием ножа от пальца к пальцу называют поперечным отгибом.

Предполагают, что стебель отклоняется от пальца к пальцу по абсолютной траектории сегмента. Наибольший поперечный отгиб получают те стебли, которые расположены на осевой линии пальца (под пальцем).

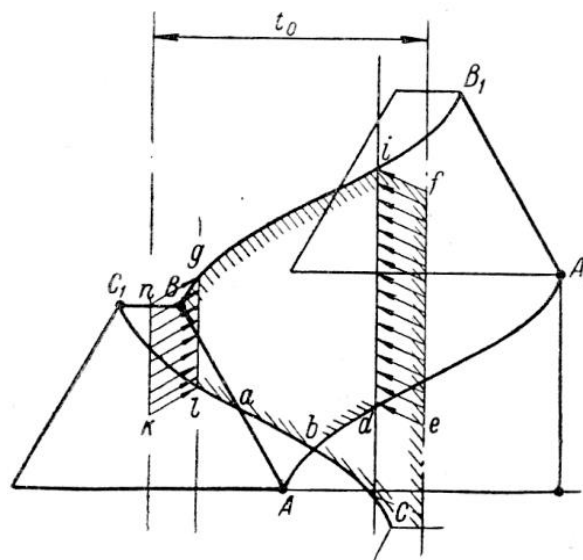


Рисунок 3.7 - Площадь срезаемых растений при движении ножа

Наибольший поперечный отгиб измеряют отрезком (рис. 3.8, а) касательной  $q$ , проведенной к абсолютной траектории любой точки сегмента в месте ее перегиба. Направление этой касательной определяется углом  $\gamma_{\min}$  наклона касательной к оси, параллельной пальцевому брусу.

Если обозначить через  $2b$  ширину пальца, то отгиб

$$q = \frac{t_0 - b}{\cos \gamma} \quad (3.28)$$

а длина оставшейся стерни с учетом этого отгиба составит

$$L = \sqrt{H^2 + q^2}, \quad (3.29)$$

где  $H$  — высота среза.

Как видно из (рис. 8, а), угол  $\gamma$  является наименьшим из всех углов, образуемых с осью  $x$ , касательной к абсолютной траектории.

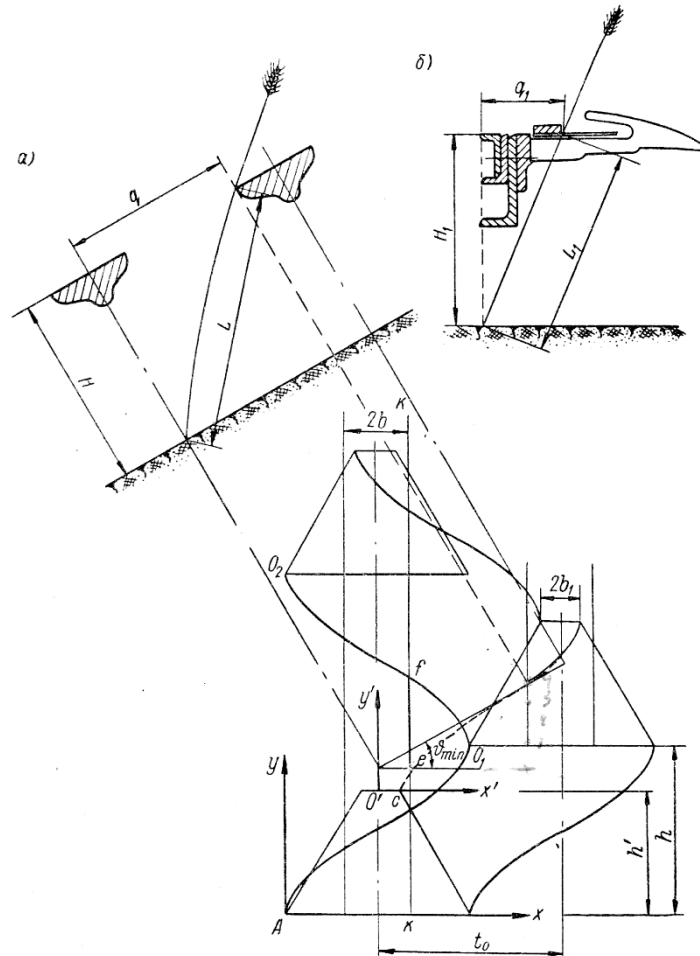


Рисунок 3.8 - Поперечный и продольный отгибы стебля

Уравнения движения сегмента будут иметь вид

$$x = r(3.1 - \cos \omega t); \quad (3.30)$$

$$y = v_M t \quad (3.31)$$

Угол  $\gamma$  определяется через тангенс угла из уравнения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}} = \frac{v_M}{r\omega \sin \omega t} \quad (3.32)$$

Наименьшее значение угла  $\gamma$  будет при  $\omega t = \frac{\pi}{2}$ . Следовательно,

$$\operatorname{tg} \gamma_{\min} = \frac{v_M}{r\omega}.$$

Из уравнения (3.26)  $\frac{v_M}{\omega} = \frac{h}{\pi}$ , тогда

$$\operatorname{tg} \gamma_{\min} = \frac{h}{\pi r}.$$

Учитывая, что

$$\cos \gamma_{\min} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_{\min}}},$$

после преобразования получим

$$q = (t_0 - b) \sqrt{1 + \left(\frac{30v_M}{\pi r n}\right)^2} = (t_0 - b) \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\pi r}\right)^2}. \quad (3.33)$$

Таким образом, поперечный отгиб прямо пропорционален  $t_0$ ,  $v_M$ ,  $h$  и обратно пропорционален  $n$ .

Отгиб стеблей пальцевым брусом по направлению движения машины с непробегаемого лезвием участка называется продольным отгибом (рис. 3.8, б).

Наибольший продольный отгиб стеблей, оказавшихся на площадке, не захватываемой активным лезвием, определяется длиной отрезка  $ef$  (рис. 3.8, а) и зависит главным образом от высоты сегмента  $h'$  и подачи  $h$ . Чтобы убедиться в этом, вычислим длину отрезка  $q_1 = ef$ . На рис. 8, а можно видеть, что точка  $e$  получается в месте пересечения косинусоиды, описываемой верхней крайней точкой с активного лезвия сегмента, с правой кромкой пальцевой пластинки, отстоящей от средней линии пальца на расстоянии  $b$ .

Другая крайняя точка  $f$  получается в пересечении с той же кромкой пальцевой пластинки косинусоиды, описываемой нижней точкой активного лезвия.

Уравнение этой косинусоиды, отнесенной к осям  $ox$  и  $oy$ , будет

$$x = r \left( 1 - \cos \frac{\pi}{h} y \right). \quad (3.34)$$

Прямая  $KK$ , проведенная параллельно оси  $y$  на расстоянии  $x_l = r + b$ , пересечет косинусоиду в нескольких точках. В данном случае требуется определить координату той точки пересечения, которая относится к обратному ходу ножа, т. е. точки  $f$ .

По уравнению (3.34) получаем

$$\frac{x_f}{r} - 1 = -\cos \frac{\pi}{h} y_f.$$

Принимая во внимание, что

$$-\cos \frac{\pi}{h} y_f = \sin \left( \frac{3}{2} \pi - \frac{\pi}{h} y_f \right),$$

Получим

$$\sin \left( \frac{3}{2} \pi - \frac{\pi}{h} y_f \right) = \frac{x_f}{r} - 1 = \frac{r + b}{r} - 1 = \frac{b}{r},$$

отсюда

$$y_f = \frac{3}{2} h - \frac{h}{\pi} \arcsin \frac{b}{r}. \quad (3.35)$$

Чтобы определить координату  $y_e$  точки  $e$ , заметим, что ветвь косинусоиды  $ce$  является той же косинусоидой, какую описывает точка  $A$ ,

только сдвинутой вверх по оси  $ou$  на длину  $h'$  (высоту сегмента) и вправо  $r+b'$ , где  $b'$  - половина верхнего основания сегмента.

Так, если за начало новых координат принять точку  $o'$ , а направление осей сохранить прежним, то косинусоида  $ce$  будет написана в той же форме, что и косинусоида  $AO_1fo_2$ . Таким образом,

$$x' = r \left( 1 - \cos \frac{\pi}{h} y'_e \right). \quad (3.36)$$

Координата  $y'_e$ , очевидно, найдется для такого значения  $x'_e$ , которое соответствует расстоянию кромки  $KK$  пальца от оси  $ou'$ . Это расстояние равно  $b$ .

Следовательно,

$$b = r \left( 1 - \cos \frac{\pi}{h} y'_e \right), \quad (3.37)$$

Откуда

$$y'_e = \frac{h}{\pi} \arccos \left( 1 - \frac{b}{r} \right). \quad (3.38)$$

Искомая величина продольного отгиба определяется по выражению

$$q_1 = y_f - y_e = \frac{3}{2}h - \frac{h}{\pi} \left[ \arcsin \frac{b}{r} - \arccos \left( 1 - \frac{b}{r} \right) \right]. \quad (3.39)$$

Из формулы (3.39) видно, что продольный отгиб зависит от подачи  $h$  и размеров вкладыша и сегмента.

*Нагрузка на лезвие.* Нагрузка на лезвие определяется по скашиваемой площади  $f$  и по количеству стеблей  $v$ , приходящихся на 1 см длины лезвия.

Ранее отмечалось, что активное лезвие не пробегает всей площади подачи  $F = 2rh$ , а обходит некоторые участки в пределах промежутка между пальцами. Однако за счет отгиба стеблей ножом, пальцевым брусом и пальцами стебли,



оказавшиеся вне покрываемых площадок лезвием, наклоняются, попадают в область, пробегаемую ножом, и срезаются.

Таким образом, все стебли на площади подачи срезаются лезвием за один рабочий ход ножа.

Для аппарата нормального резания

$$F = Sh \text{ см}^2. \quad (3.40)$$

Так как длина лезвия

$$l = \frac{h'}{\cos \alpha},$$

то

$$f = \frac{F}{l} = \frac{Sh \cos \alpha}{h'} \frac{\text{см}^2 \text{ площади}}{\text{см длины лезвия}}. \quad (3.41)$$

Если обозначить через  $k$  число стеблей на  $1 \text{ м}^2$ , то на площади  $F$  число стеблей будет

$$N = kSh * 10^{-4},$$

а на единицу длины лезвия

$$v = \frac{N}{l} = k \frac{Sh \cos \alpha}{h'} * 10^{-4}. \quad (3.42)$$

#### 4 Обоснование формы и размеров деталей режущих аппаратов

Сегмент имеет форму трапеции. Нижним основанием трапеции является ширина сегмента, верхним основанием - ширина сегмента вверху, а боковые стороны трапеции, расположенные под углом  $\alpha$  к нижнему основанию, являются режущими кромками сегмента. Высота сегмента складывается из двух частей: расчётной  $h'$  и необходимой для крепления сегмента к полосе  $\Delta h$ .

*Ширина сегмента.*

Ширина сегмента устанавливается при выборе типа режущего аппарата и условий его работы.

Выбор угла наклона лезвия. Режущие кромки сегмента с осью симметрии составляют угол  $\alpha$ . Величина этого угла в процессе резания стеблей оказывает влияние на усилие сопротивления срезу. Как показали опыты, с увеличением угла  $\alpha$  усилие сопротивления среза уменьшается, однако при некотором значении угла  $\alpha$  стебель начинает выскальзывать из раствора режущей пары.

У гладких лезвий выскальзывание становится заметным при углах свыше  $30^\circ$ . Насеченные лезвия лучше удерживают стебли, и выскальзывание у них наблюдается при углах наклона выше  $45-50^\circ$ .

Предельный угол раствора режущей пары, при котором не происходит выскальзывание стебля, называется углом защемления. Угол защемления зависит от коэффициентов трения стеблей о лезвие.

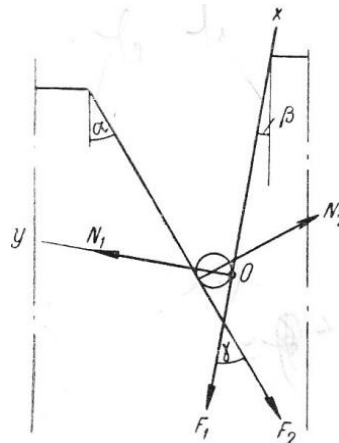


Рисунок 3.9 - К определению угла  $\alpha$

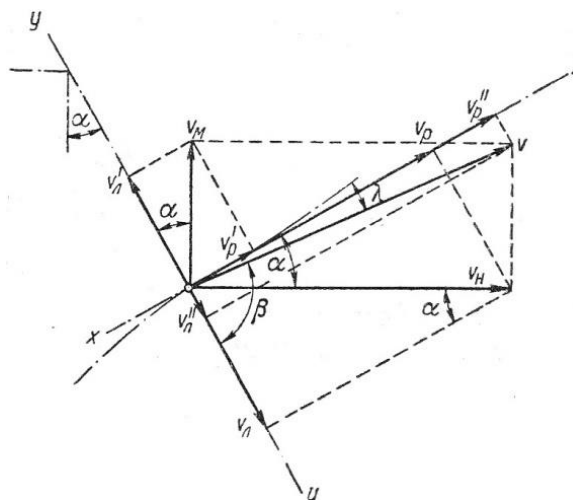


Рисунок 3.10 - К определению возможности затягивания стеблей при срезе

Обозначим через  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  углы трения, а  $N_1$  и  $N_2$  - нормальные реакции на стемель со стороны активного и пассивного лезвия соответственно (рис. 3.9). В таком случае силы трения, возникающие между стемлем и лезвием, будут соответственно равны.

$$F_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 \quad \text{и} \quad F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2$$

Угол между активным и пассивным лезвиями обозначим через  $\gamma$ . Условием равновесия стебля будет

$$\sum x = N_2 \sin \gamma - F_1 - F_2 \cos \gamma = 0;$$

$$\sum y = N_1 - F_2 \sin \varphi - N_2 \cos \varphi = 0. \quad (3.43)$$

Чтобы не было выскальзывания стебля, необходимо

$$F_1 \geq N_2 \sin \gamma - F_2 \cos \gamma \quad (3.44)$$

или

$$N_1 \geq N_2 \frac{\sin(\gamma - \varphi_2) \cos \varphi_1}{\cos \varphi_2 \sin \varphi_1}.$$

Из второго уравнения (3.43) следует

$$N_1 = F_2 \sin \gamma + N_2 \cos \gamma = N_2 \frac{\cos(\gamma + \varphi_2)}{\cos \varphi_2}. \quad (3.45)$$

Приравнивая выражение (3.44) к (3.45), после преобразования получим

$$\operatorname{tg} \gamma \leq \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2) \quad \text{или} \quad \gamma \leq \varphi_1 + \varphi_2.$$

Так как  $\gamma = \alpha + \beta$ , ( $\beta$  - угол, составленный пассивным лезвием с осью симметрии), то

$$\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2 - \beta \quad (3.46)$$

На качество среза, а следовательно, на выбор угла  $\alpha$  оказывают влияние также и соотношения скоростей машины и ножа. Соотношение это должно быть таким, чтобы составляющая абсолютной скорости сегмента  $v$  по лезвию ножа была бы направлена к нижнему его основанию.

Из (рис. 3.10) видно, что скорость  $v$  получена как геометрическая сумма скорости машины  $v_M$  и скорости ножа  $v_H$ . Скорость машины принимается нами постоянной, а скорость ножа меняется по закону синуса (3.10) и равна  $v_H = r\omega \sin \omega t$ .

Разложим скорость машины  $v_M$  и скорость ножа  $v_H$  на направление вдоль лезвия (ось  $y$ ) и направление, перпендикулярное ему (ось  $x$ ). Тогда, очевидно,

$$v'_l = v_M \cos \alpha;$$

$$v'_p = v_M \sin \alpha;$$

$$v_l = v_H \sin \alpha;$$

$$v_p = v_H \cos \alpha.$$

Разложим далее абсолютную скорость  $v$  на те же направления. Составляющие этой скорости обозначим через  $v''_l$  (3. по оси  $y$ ) и  $v''_p$  (3. по оси  $x$ ). Очевидно,

$$v''_l = v_l - v'_l = v_H \sin \alpha - v_M \cos \alpha \quad (3.47)$$

и

$$v''_p = v_p + v'_p = v_H \cos \alpha + v_M \sin \alpha. \quad (3.48)$$

Если разделить уравнение (3.47) на (3.48), то получим

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{v''_l}{v''_p} = \frac{v_H \sin \alpha - v_M \cos \alpha}{v_H \cos \alpha + v_M \sin \alpha}. \quad (3.49)$$

Это выражение будет характеризовать способность затягивания стеблей аппаратом при заданных угле  $\alpha$  и соотношении скоростей, а поэтому назовем его коэффициентом возможности затягивания. Разделив числитель и знаменатель уравнения (3.41) на  $v_H \cos \alpha$ , получим

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \frac{v_M}{v_H}}{1 + \frac{v_M}{v_H} \operatorname{tg} \alpha}. \quad (3.50)$$

Из уравнения (3.50) видно, что коэффициент возможности затягивания при срезе зависит от угла  $\alpha$  и от соотношения скорости. На (рис. 3.11) эта зависимость представлена графически, причем положительная или отрицательная величина  $\operatorname{tg} \lambda$  соответствует скорости, направленной к большему или меньшему основанию сегмента. Из рисунка видно, что с увеличением или уменьшением отношения  $\frac{v_M}{v_H}$  величина  $\operatorname{tg} \lambda$  изменяется по-разному в зависимости от значения угла  $\alpha$ . Так, с уменьшением отношения  $\frac{v_M}{v_H}$  увеличивается  $\operatorname{tg} \lambda$ . Для  $\alpha = 15^\circ$  скорость по лезвию  $v''_l$  при разных соотношениях скоростей направлена к верхнему основанию сегмента. При  $\alpha = 30^\circ$  и  $\frac{v_M}{v_H} > \frac{1}{2}$  скорость по лезвию  $v_A$  направлена к верхнему основанию, при  $\frac{v_M}{v_H} \approx \frac{1}{2}$  она равна нулю, а при  $\frac{v_M}{v_H} < \frac{1}{2}$  эта скорость направлена к нижнему основанию и она увеличивается при дальнейшем уменьшении  $\frac{v_M}{v_H}$ .

При  $\alpha = 75^\circ$  и  $\frac{v_M}{v_H} = 4$  скорость по лезвию  $v'' = 0$ . При уменьшении отношения составляющая вдоль лезвия  $v''_l$  увеличивается, причем она направлена постоянно к нижнему основанию сегмента. Очевидно, пока скорость по лезвию направлена к нижнему основанию сегмента, то нет

опасности, что срезанные стебли наклонятся вперед и лягут перед пальцевым брусом. Поэтому надо добиваться, чтобы скорость в течение хода ножа как можно дольше оставалась направленной к нижнему основанию сегмента или, другими словами, чтобы угол  $\beta$  (рис. 3.10) достаточно долго оставался меньше  $\frac{\pi}{2}$ ; с этой целью должен быть подобран такой угол  $\alpha$ , при котором для скорости ножа как можно дольше сохранилось бы неравенство

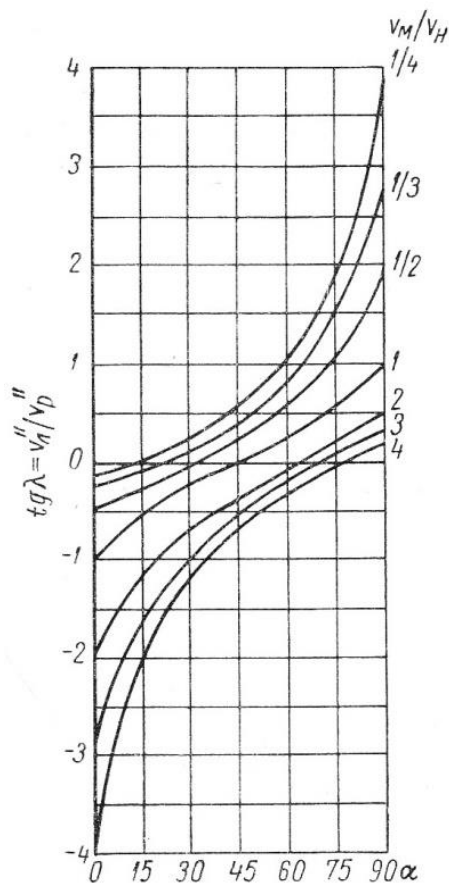


Рисунок 3.11 - Значение коэффициента возможности затягивания от угла  $\alpha$  и соотношения  $\frac{v_m}{v_H}$

$$v_{m \text{ ср}} \sin \alpha > v_m \cos \alpha$$

или

$$\frac{v_m}{v_{H \text{ ср}}} < \operatorname{tg} \alpha \quad (3.51)$$

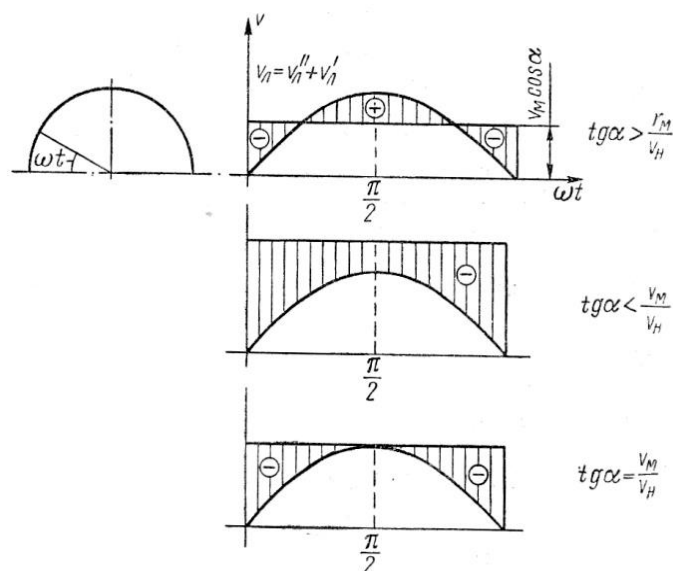


Рисунок 3.12 - Диаграмма слагающей скорости вдоль лезвия сегмента

На (рис. 3.12) представлена диаграмма слагающей скорости вдоль лезвия в течение всего хода ножа для трех значений угла  $\alpha$ . Ординаты, обозначенные знаком «плюс», представляют величину скорости вдоль лезвия, направленной к нижнему основанию сегмента, в то время как ординаты, отмеченные знаком «минус», обозначают направление скорости к верхнему основанию. Из этой диаграммы следует, что даже  $\text{tg } \alpha > \frac{v_M}{v_H}$  слагающая скорости в начале и в конце хода ножа вследствие превосходства скорости передвижения машины над скоростью ножа направлена к верхнему основанию.

При  $\text{tg } \alpha \leq \frac{v_M}{v_H}$  слагающая скорости вдоль лезвия направлена к верхнему основанию во все время хода ножа. Исходя из сказанного, для выбора угла  $\alpha$  следует использовать уравнение (3.51).

Таким образом, при выборе угла  $\alpha$  следует руководствоваться выражениями (3.46) и (3.51).

*Определение высоты сегмента.* При определении высоты сегмента исходим из того, что вся длина его лезвия принимает участие в прорезании стеблей, которые помещены на площадке подачи

$$F = 2rh, \quad (3.52)$$

где  $h$  - подача машины.

При работе режущего аппарата активное лезвие сегмента накроет площадь, ограниченную двумя синусоидами  $A_0D_0$  и  $B_0C_0$  (рис. 3.13). Эта площадь в зависимости от высоты  $h'$  сегмента может оказаться больше или меньше площади подачи  $F$ . Условимся называть нормальной такую высоту  $h'$ , при которой площадь, ограниченная косинусоидами  $A_0B_0C_0D_0$ , равна площади подачи  $F$ .

$$\text{Площадь } A_0B_0C_0D_0 = \text{площади } ABCD - 2 \text{ площади } AB_0A_0 - 2 \text{ площади } A_0D_0D \quad (3.53)$$

Из (рис. 3.13) видно:

$$\text{площадь } ABCD = (3.2r + h' \operatorname{tg} \alpha) (3.h + h');$$

$$\text{две площади } AB_0A_0 = h' \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\text{две площади } A_0D_0D = 2 \text{ площадям } EFD_0D = 2 rh.$$

Подставив эти значения в выражение (3.53), получим

$$A_0B_0C_0D_0 = (3.2r + h' \operatorname{tg} \alpha) (3.h' + h) - h'^2 \operatorname{tg} \alpha - 2rh = 2rh' - hh' \operatorname{tg} \alpha. \quad (3.54)$$

Приравняв уравнения (3.52) и (3.54), получим

$$h' = \frac{2rh}{2r + h \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.55)$$

$$\text{Или} \quad h = \frac{60rv_M}{2rn + 30v_M \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.56)$$

Из выражений (3.55) и (3.56) следует, что высота сегмента зависит не только от его хода ( $3.2r$ ) и скорости машины  $v_M$ , но и от угла  $\alpha$ . При  $2r = \operatorname{const}$  и  $v_M = \operatorname{const}$  увеличение угла вызывает уменьшение высоты сегмента  $h'$ . Из уравнения (3.55) следует, что  $h' < h$ . У косилок обычно для обеспечения более чистого среза делают  $h' > h$  и принимают  $h' = h + 5$ . Тогда, очевидно, в косилках площадка, ограниченная синусоидами, будет больше площади подачи. Разность между площадью пробега сегмента ножа и площадью подачи выразит излишнюю площадь пробега ножом, равную  $2rh' + hh' \operatorname{tg} \alpha - 2rh$ . Отношение



этой площади к площади подачи определит так называемый коэффициент излишне пробегаемой лезвием площади

$$\eta = \frac{2rh' + hh' \operatorname{tg} \alpha - 2rh}{2rh} = \frac{h'}{2r} \left( \frac{2r}{h} + \operatorname{tg} \alpha \right) - 1 \quad (3.57)$$

Для косилки, у которой  $h = 50$  мм;  $2r = 76,2$  мм и  $\alpha = 28^\circ 40'$ , этот коэффициент будет равен

$$\eta = \frac{55}{76.2} \left( \frac{76.2}{50} + \operatorname{tg} 28^\circ 40' \right) - 1 = 0.5$$

Это показывает, что у косилки имеет место значительное перекрытие площади пробега одним активным лезвием площади пробега другого, иными словами, при работе ножа по некоторым площадкам нож пробегает дважды.

Ширина сегмента сверху определяется по известным уже величинам  $t$ ,  $h'$  и  $\alpha$ . Так, если обозначить ее через  $2b$ , то из (рис. 3.13) будем иметь

$$2b = t - 2h' \operatorname{tg} \alpha. \quad (3.58)$$

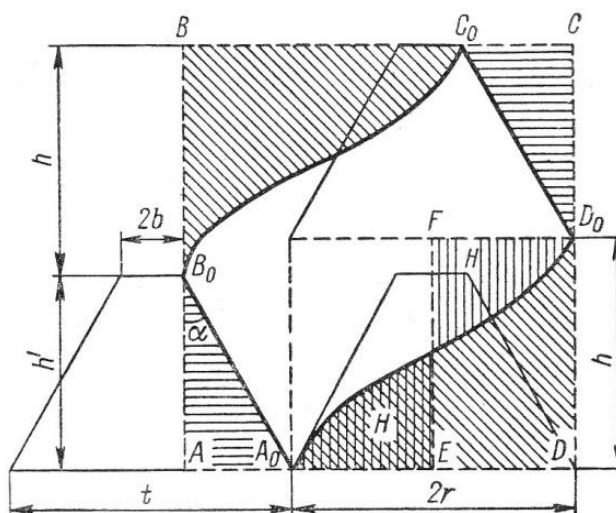


Рисунок 3.13 - К определению высоты сегмента  $h'$

У режущих аппаратов ширина сегмента сверху равна 0 - 17 мм. Следует при этом иметь в виду, что верхний предел относится к сегментам, подверженным частой заточке.

## Лекция 4. Основы теории рабочего процесса молотильного аппарата и обоснование его конструктивных параметров

Вопросы:

1. Основы теории рабочего процесса.
2. Обоснование конструктивных параметров.

### 1 Основы теории рабочего процесса

Энергия, подведенная к молотильному аппарату, расходуется на преодоление вредных сопротивлений  $L_{вр}$  и на обмолот  $L$ , т. е.

$$L_{общ} = L_{вр} + L \quad (4.1)$$

или

$$75N_{общ} = 75N_{вр} + 75N. \quad (4.2)$$

Мощность, потребная на преодоление вредных сопротивлений, изменяется в зависимости от угловой скорости по кубической параболе с уравнением, выведенным В. П. Горячкиным в его теории барабана.

$$75N_{вр} = A\omega + B\omega^3, \quad (4.3)$$

Первый член правой части этого уравнения отражает потери на трение в подшипниках, а второй - на сопротивление о воздух.  $A$  и  $B$  - опытные коэффициенты. По данным М. А. Пустыгина, они имеют значения:

- для зубового барабана

$$A = 0.4 \cdot 10^{-2}; \quad B = 0.64 \cdot 10^{-6};$$

- для бильного барабана

$$A = 0.4 \cdot 10^{-3}; \quad B = 0.91 \cdot 10^{-6}.$$

Мощность, потребную на обмолот, можно получить, если предположить, что хлебная масса, поступающая в барабан, в результате неупругого удара, приобретает скорость, равную окружной скорости барабана.

Удары сообщаются непрерывно поступающим массам  $\Delta m$ , которые приобретают скорость  $v$  за время  $\Delta t$ . При этом импульс силы равен приращению количества движения  $P_1 \Delta t = \Delta m v$ .

Окружное усилие на зубьях барабана или на поверхности бичей, преодолевающее силы инерции хлебной массы, равно

$$P_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t} v = m' v \quad (4.4)$$

где  $m' = \frac{\Delta m}{\Delta t}$  - секундная подача.

Барабан при вращении преодолевает также сопротивление подбарабанья.

В. П. Горячкин полагает это сопротивление пропорциональным всему окружному усилию, т. е.  $P_2 = fP$ . Полное усилие

$$P = P_1 + P_2 = m'v + fP, \quad (4.5)$$

откуда

$$P = \frac{m' v}{1-f} \quad (4.6)$$

Умножая обе части этого равенства на  $i$ , получим мощность, потребную на обмолот,

$$75N = \frac{m' v^2}{1-f} \quad (4.7)$$

Величина коэффициента  $f$ , по данным исследований В. П. Горячкина, Н.С. Комарова, М. А. Пустыгина и др., находится в пределах 0,6.....0,8. Для зубовых барабанов рекомендуется брать  $f = 0.7 \div 0.8$ , для бильных  $f = 0.65 \div 0.75$ . Коэффициент  $f$  имеет меньшую величину при снижении нагрузки или при увеличении скорости вращения барабана и увеличивается при повышении влажности хлебной массы.

Энергия, подведенная от двигателя к молотильному барабану с моментом инерции  $J$ , расходуется на угловое ускорение разгона согласно уравнению

$$75N = J\omega \frac{d\omega}{dt}. \quad (4.8)$$

Совмещая формулы (4.7) и (4.8), получим основное уравнение молотильного барабана

$$75N = J\omega \frac{d\omega}{dt} = \frac{m' v^2}{1-f}, \quad (4.9)$$

связывающее между собой характеристики двигателя  $N$ , барабана  $J$ , и хлебной массы  $m'$ . Сопоставляя между собой эти характеристики, можно сделать ряд ценных выводов. Так, из уравнения (4.8) получим

$$\frac{dy}{dx} = \frac{75N}{f\omega} \quad (4.10)$$

т. е. ускорение, которое получает барабан, будет тем больше, чем больше затрачиваемая мощность и меньше момент инерции и угловая скорость. При постоянных  $N$  и  $J$  угловое ускорение разгона (приход ускорения) будет падать с увеличением угловой скорости по гиперболе (рис. 4.1), кривая 1.

Сопоставляя характеристики барабана и хлебной массы, из уравнения (4.9) получим

$$\frac{dy}{dx} = \frac{m' r^2}{(1-f)} \omega, \quad (4.11)$$

т. е. расход ускорения на единицу подачи растет со скоростью вращения барабана  $\omega$  по закону прямой (4.рис. 1, линия 2).

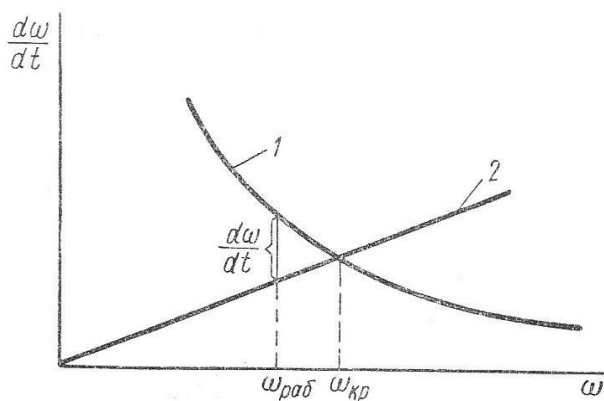


Рисунок 4.1 - Определение критической угловой скорости барабана

Точка пересечения линий 1 и 2 соответствует критической угловой скорости  $\omega_{кр}$ , при которой приход ускорения барабана равняется расходу ускорения его.

Если приравнять уравнения (4.10) и (4.11), то получим

$$\omega_{кр} = \frac{8.65}{r} \sqrt{\frac{N(1-f)}{m'}}. \quad (4.12)$$

Рабочая угловая скорость  $\omega_{раб}$  молотильного барабана должна быть меньше критической  $\omega_{кр}$ .

У современных молотилок и комбайнов  $\omega \approx 100 \text{ } 1/\text{сек}^2$ . Из уравнения (4.8) по В. П. Горячкину  $N = 10J$  для малых барабанов и по М. Н. Летошневу  $N = (16 \div 20)J$  для мощных барабанов. Этими данными можно пользоваться при подборе двигателя к барабану известной конструкции с тем, чтобы было обеспечено условие

$$\omega_{\text{раб}} < \omega_{\text{кр}}$$

Далее, из уравнения (4.9) имеем

$$\frac{N}{m'} = \frac{r^2 \omega^2}{75(1-f)} \quad (4.13)$$

$$\frac{m'}{N} = \frac{75(1-f)}{r^2 \omega^2}. \quad (4.14)$$

Из выражений (4.13) и (4.14) видно, что:

- 1) мощность, потребная на единицу подачи, меньше у барабанов с малым радиусом и малыми окружными скоростями;
- 2) количество продукта, перерабатываемого каждой полезной лошадиной силой, будет больше у барабанов с малым радиусом и на малых скоростях.

Поэтому в целях повышения работоспособности двигателя следует стремиться к возможно меньшему радиусу барабана. Чрезмерное же его уменьшение ограничивается  $\omega_{\text{кр}}$ .

## 2 Обоснование конструктивных параметров

Основными параметрами бильного барабана являются длина, диаметр, число бил и число оборотов в минуту. Параметрами зубового барабана, кроме диаметра, длины, числа оборотов, являются также данные о размещении зубьев на барабане и подбарабанье.

Длину бильного барабана можно определить, если принять на основании опытных данных удельную подачу на 1 дм общей длины всех бичей, равной

$$q' = 0,020 \div 0,025 \text{ кг/с}.$$

Для комбайнов, работающих на полях с ровным стеблестоем и хорошо уложенными валками, удельную подачу можно допускать  $q' = 0,035 \text{ кг/с}$  на 1 дм длины бича. Тогда длина барабана

$$l = \frac{q}{q \cdot M} \text{ дм} \quad (4.15)$$

где  $q$  — секундная подача хлебной массы в кг;

$M$  — число бичей.

Число бичей у бильных барабанов должно быть четным. Только в этом случае, возможно разместить их с поочередным чередованием рифов.

Диаметр барабана выбирают из условия размещения необходимого количества бичей, обеспечения требуемого момента инерции массы и уменьшения возможности наматывания влажного длинносоломистого хлеба.

В прямоточных комбайнах применяются барабаны с диаметром от 380 до 550 мм, в остальных — от 450 до 600 мм.

Окружная скорость устанавливается из условия наиболее приемлемых величин недомолота и дробления зерна. Так, при обмолоте разных сортов пшеницы с различной влажностью окружная скорость колеблется от 25 до 32 м/с.

Задаваясь окружной скоростью и диаметром барабана, можно определить число оборотов

$$n = \frac{60v}{\pi d}, \quad (4.16)$$

где  $v$  — окружная скорость в м/сек;

$d$  — диаметр барабана в м.

Число бичей устанавливается из условий создания оптимального рибочего эффекта обмолачивания. Он определяется промежутком времени между ударами по хлебу двух смежных планок.

Н. С. Комаров на основании опытов рекомендует этот промежуток брать в пределах :  $\Delta t = 0,0045 + 0,0065$  сек. Исходя из этих данных

$$M = \frac{\pi d}{v \Delta t}. \quad (4.17)$$

Для средних условий практикой установлена производительность хлебной массы на 1 зуб  $q_0 = 0,020 \div 0,035$  кг/с.

Число зубьев на барабане по заданной его производительности определяется из выражения

$$z = \frac{q}{q_0}. \quad (4.18)$$

Если принять размещение зубьев на барабане как развертку  $K$ -ходового винта, то рабочая длина (расстояние между крайними следами) зубового барабана определится по формуле

$$l_1 = \left( \frac{z}{K} - 1 \right) 2(s + \delta), \quad (4.19)$$

где  $s$  - толщина зуба по средней линии раствора барабана и подбарабанья при ее верхнем положении;

$\delta$  - зазор между зубьями барабана и подбарабанья.

Число ходов  $K$  принимается равным 3, 4 и 5. Для мощных барабанов с целью повышения их производительности  $K = 4 \div 5$ . Длина планки барабана принимается равной

$$l = l_1 + 2\Delta l \quad (4.20)$$

Для барабанов с саблевидным зубом  $\Delta l = 18$  мм, а с клиновидным и симметричным  $\Delta l = 22$  мм.

Число планок  $M$  и частота вращения  $n$  зубового барабана определяется по тем же формулам, что и бильного. Мощность, потребную на обмолот, определяют по формуле (4.7), а общую с учетом мощности сопротивлений - по формуле (4.5).

Зная число планок  $M$ , диаметр  $d$ , число ходов  $K$ , размер зуба  $s$  и зазор  $\delta$ , можно построить развертку барабана. Предварительно определим еще



расстояние  $b$  между двумя зубьями на планке, шаг  $t$  развертки винта и число зубьев на каждой планке барабана.

Из основного свойства зубового поля имеем  $b = Ma$ . Но так как по каждому следу у молотильного барабана проходит  $K$  зубьев, то расстояние между смежными следами  $a_k$  будет не  $a$ , как у борон, а в  $K$  раз больше, т. е.

$$a_k = aK = 2(s + \delta) \quad (4.21)$$

Количество междуследий на участке  $b$  в этом случае будет в  $K$  раз меньше и равно

$$m = \frac{M}{K} \quad (4.22)$$

Тогда

$$b = ma_k, \quad (4.23)$$

а шаг винтовой линии

$$t = Kb = Ma_k = 2M(s + \delta). \quad (4.24)$$

## Лекция 5. Основы теории двухвальных клавишных соломотрясов и обоснование их основных параметров

Вопросы:

- 1 Обоснование основных конструктивных параметров.
- 2 Обоснование кинематического режима клавиш.
- 3 Расход энергии на работу.

### 1 Обоснование основных конструктивных параметров.

Ширину  $B_c$  соломотряса устанавливают в соответствии с длиной и типом молотильного аппарата, а также общей компоновкой рабочих органов машины. Обычно при бильном молотильном аппарате и прямоточном комбайне  $B_c = L_6$ , при зубовом барабане  $B_c = 1.4 \div 1.6L_6$ .

Длина  $L_c$  соломотряса должна быть такой, чтобы за время обработки слоя вороха на соломотрясе из соломы было выделено все зерно и во всяком случае потери зерна с соломой не превышали бы допустимых значений. Если пренебречь просыпанием соломы сквозь поверхность соломотряса, то при равномерной подаче и одинаковой по всей длине соломотряса средней скорости перемещения  $(5.v_{my})_{cp}$  ворох расположится слоем со средней толщиной  $H_c$ . Не учитывая объем зерна, содержащегося в ворохе, имеем

$$H_c = \frac{q(1-\beta)}{B_c \gamma_c (v_{my})_{cp}} \text{ м}, \quad (5.1)$$

где  $q$  - подача хлебной массы в молотилку;

$\beta$  - относительное содержание зерна в хлебной массе;

$\gamma_c$  = объемный вес соломы в состоянии вспушенности на соломотрясе.

$$y_c = 10 \div 20 \text{ кг/м}^3;$$

$(v_{my})_{cp}$  - средняя скорость слоя (находится расчетом или определяется опытным путем).

Ворох, поступающий из молотильного аппарата, на соломотрясе подвергается следующим друг за другом встряхиваниям и ворошениям, при каждом из которых слой перемещается вдоль соломотряса к выходу из молотилки.

Отделение зерна от соломы из слоя толщиной  $H$  осуществляется в следующем порядке: сначала зерно пронизывает пространственную решетку, образованную соломой, и достигает поверхности соломотряса, затем зерно просеивается сквозь отверстия рабочей поверхности его. Можно считать, что вероятность  $w$  просеивания зерна под соломотряс за одно встряхивание равна произведению вероятности  $\chi$  просеивания сквозь слой соломы и вероятности  $\lambda$  просеивания сквозь отверстия рабочей поверхности соломотряса

$$w = \chi\lambda \quad (5.2)$$

причем

$$\lambda = \frac{\sum F_{отв}}{F_c}, \quad (5.3)$$

где  $\sum F_{отв}$  — суммарная площадь отверстий рабочей поверхности соломотряса;

$F_c$  - площадь рабочей поверхности соломотряса.

Если промежуток времени между встряхиваниями равен  $\Delta t_{вс}$ , то перемещение вороха вдоль соломотряса, при котором осуществится вероятность  $w$ , равно  $l_{вс} = \Delta t_{вс}(v_{my})_{cp}$ .

Вероятность просеивания на 1 м пути перемещения слоя вдоль соломотряса определяется по формуле

$$\mu = \frac{w}{\Delta t_{\text{вс}}(v_{\text{мy}})_{\text{ср}}}. \quad (5.4)$$

Для данного соломотряса вероятности  $\omega$  и  $\mu$  зависят от толщины, состава, влажности, упругости и ряда других свойств слоя вороха. Процесс просеивания зерна на соломотрясе может быть охарактеризован дифференциальным уравнением

$$-\frac{dq}{dy} = \mu q_y \quad (5.5)$$

где  $q_y$  - подача зерна на элемент соломотряса длиной  $dy$ , находящейся на расстоянии  $y$  от начала соломотряса.

Интегрируя дифференциальное уравнение, получаем

$$q_y = q_{\text{зс}} e^{-\mu y} \text{ и } q_{\text{сх}} = q_{\text{зс}} e^{-\mu L_c} \quad (5.6)$$

где  $q_{\text{сх}}$  - сход зерна с соломотряса в кг/с;

$q_{\text{зс}}$  - подача зерна на соломотряс в кг/с;

$L_c$  - длина соломотряса в м.

Тогда сход зерна с соломотряса в процентах от зерна, поступившего в машину, определится по формуле

$$P = (100 - b) e^{-\mu L_c}, \quad (5.7)$$

где  $b$  - количество зерна, выделенного из вороха подбарабаньем молотильного аппарата, в процентах от поступившего в молотилку.

Длину соломотряса, обеспечивающую при заданной подаче потери не свыше допустимых, найдем из выражения

$$L_c = \frac{2 - \lg\left(P_0 \frac{100}{100-b}\right)}{0.4343\mu} \quad (5.8)$$

где  $P_0$  - расчетные допустимые потери свободного зерна с соломой.

В первом приближении можно считать, что изменение коэффициента  $\mu$  с толщиной слоя подчиняется следующей зависимости

$$\frac{\mu_1}{\mu_0} = \left(\frac{H_0}{H_1}\right)^m \quad (5.9)$$

где  $m = 0.8 \div 1.2$ , причем нижние значения относятся к легким условиям работы, а верхние - к тяжелым.

Значение коэффициента просеивания  $\mu_0$ , соответствующее толщине слоя  $H_0$ , вычисляется на основании опытных данных по формуле

$$\mu_0 = \frac{2 - \lg\left(P_0 \frac{100}{100-b}\right)}{0.4343L_c} \quad (5.10)$$

По данным испытаний комбайнов, значения  $\mu$  получены в довольно широких пределах:  $\mu = 0.6 \div 1.8$ .

При расчете платформенных соломотрясов можно использовать приведенные зависимости, однако необходимо учитывать, что эти соломотрясы работают менее активно и допускают нагрузку на  $1 \text{ м}^2$  поверхности в 1,5 раза меньшую, чем клавишные.

## 2 Обоснование кинематического режима клавиш

Основные зависимости. Рассмотрим процесс встряхивания слоя вороха клавишами, приняв: а) что солома, когда она находится на клавишах, полностью разделяет их движение, т. е. двигается круговым поступательным

движением; б) при соударениях с клавишами слой мгновенно приобретает скорость клавиш; в) воздух не оказывает влияния на движение слоя вороха.

При этом будем считать, что в трех-, четырех- и шестиклавишных соломотрясах каждая из клавиш работает независимо от других - подбрасывает и соударяется только с той частью слоя, которая расположена на данной клавише, а в пятиклавишном соломотрясе слой располагается, подбрасывается и соударяется сразу со всеми клавишами первой или второй групп и клавиши первой и второй групп обрабатывают весь слой совместно.

Пусть рабочая поверхность каскада клавиши наклонена к горизонту на угол  $\alpha = \alpha_0 + \alpha_1$  (рис. 5.1, а). В двухвальных соломотрясах клавиши совершают круговое поступательное движение, при котором каждая точка клавиши описывает окружность, радиус которой равен радиусу  $r$  окружности, описываемой центром шейки коленчатого вала. Направим ось абсцисс перпендикулярно рабочей поверхности и вверх, а ось ординат вдоль рабочей поверхности и навстречу движению слоя. Угол поворота коленчатого вала будем отсчитывать от оси  $y$  в сторону вращения вала по часовой стрелке.

Тогда положение точки  $M_I$  поверхности клавиши определится уравнениями (рис. 5.1, б)

$$x_I = r \sin \omega t, \quad y_I = r \cos \omega t. \quad (5.11)$$

Движение клавиш второй группы пятиклавишного соломотряса смещено по фазе на  $180^\circ$  и для них можно записать

$$x_{II} = -r \sin \omega t, \quad y_{II} = -r \cos \omega t. \quad (5.12)$$

Дифференцируя уравнения (5.11) и (5.12), получаем сначала уравнения для скорости, а затем для ускорения любой точки клавиши. Уравнения, определяющие движение точек клавиш двухвального соломотряса, можно записать в следующем виде

$$x = \pm r \sin \omega t, \quad y = \pm r \cos \omega t; \quad (5.13)$$

$$v_x = \pm r\omega \cos \omega t, \quad v_y = \pm r\omega \sin \omega t; \quad (5.14)$$

$$j_x = \pm r\omega^2 \sin \omega t, \quad j_y = \pm r\omega^2 \cos \omega t. \quad (5.15)$$

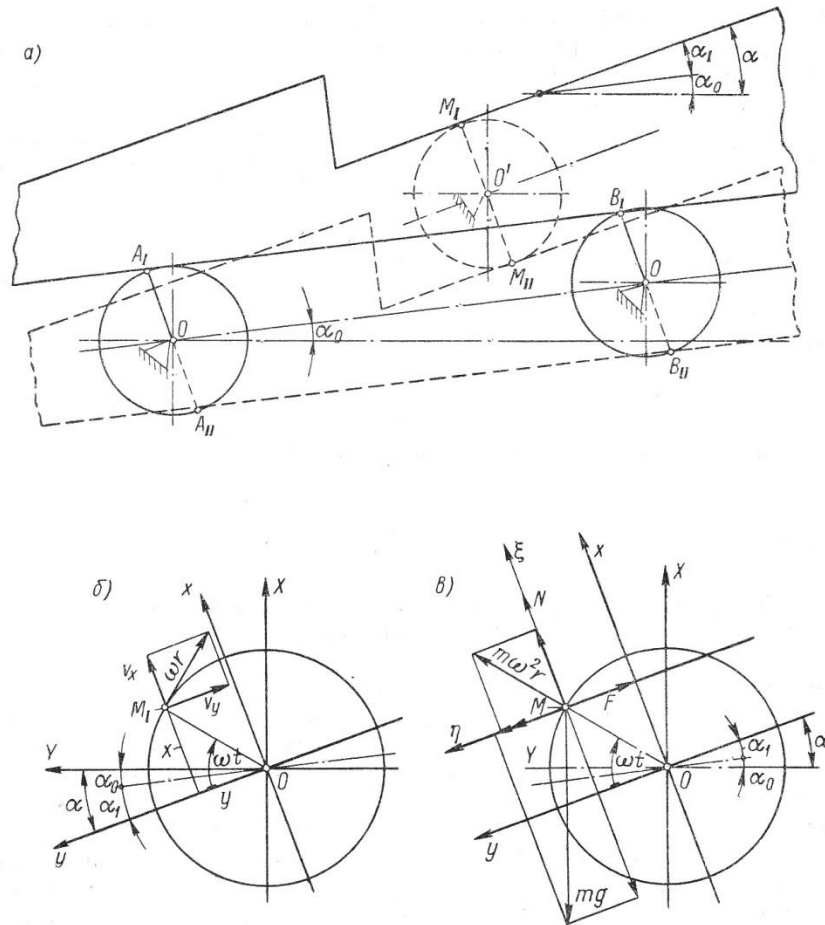


Рисунок 5.1 - Кинематическая схема механизма клавиш (5.1, а, б) и схема сил, действующих на мелкий ворох, находящийся на рабочей поверхности (5.1, в)

Здесь верхние знаки относятся к движению клавиш трех-, четырех- и шестиклавишных соломотрясов и первой группы пятиклавишных соломотрясов, нижние - второй группы пятиклавишных.

На частицу слоя вороха, лежащего на решетчатой рабочей поверхности клавиши, действуют следующие силы (рис. 5.1, в):  $Q = mg$  - вес частицы;  $N$  -

реакция поверхности;  $m\omega^2 r$  - сила инерции от переносного движения;  $F$  - сила трения, направленная в сторону, противоположную относительному движению.

Поместим в точку  $M$ , где находится частица, начало подвижных осей координат  $\xi$  и  $\eta$ , связанных с клавишей и направленных параллельно осям  $Ox$  и  $Oy$  соответственно. Запишем суммы проекции на эти оси всех сил, действующих на частицу в точке  $M$

$$N + m\omega^2 r \sin \omega t - mg \cos (\alpha_0 + \alpha_1) = 0; \quad (5.16)$$

$$m\omega^2 r \cos \omega t + mg \sin (\alpha_0 + \alpha_1) - F = 0. \quad (5.17)$$

Отсюда

$$N = m [g \cos (\alpha_0 + \alpha_1) - \omega^2 r \sin \omega t] \quad (5.18)$$

Для того чтобы слой не скользил вниз и назад вдоль рабочей поверхности, должно быть удовлетворено условие

$$F = fN = N \operatorname{tg} \varphi \geq m [\omega^2 r \cos \omega t + g \sin (\alpha_0 + \alpha_1)] \quad (5.19)$$

Будем считать, что смещение по поверхности клавиши исключено устройством этой поверхности. Тогда условием равновесия действующих сил будет равенство нулю суммы проекций сил на ось  $\xi$ .

Частица находится на поверхности, пока  $N > 0$ , т. е. когда

$$g \cos (\alpha_0 + \alpha_1) > \omega^2 r \sin \omega t.$$

Частица теряет связь с поверхностью в момент  $t_1$ , когда  $N = 0$ , откуда

$$\cos (\alpha_0 + \alpha_1) = k \sin \omega t_1$$

и 
$$\sin \omega t_1 = \frac{\cos(\alpha_0 + \alpha_1)}{k}.$$

Фаза отрыва частицы от поверхности клавиш равна



$$\omega t_1 = \arcsin \frac{\cos(\alpha_0 + \alpha_1)}{k} = \arcsin \frac{\cos \alpha}{k}, \quad (5.20)$$

где  $k = \frac{\omega^2 r}{g}$  - показатель кинематического режима движения клавиш;

$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1$  - угол наклона рабочей поверхности к горизонту;

$r$  - радиус колена.

Солома не отрывается от поверхности клавиши, если  $k < \cos \alpha$ .

С момента отрыва частицы от поверхности клавиши она движется по параболе, как тело, брошенное со скоростью, равной  $\omega r$ , под углом  $\beta = \frac{\pi}{2} + \alpha - \omega t_1$  к горизонту.

Ворох будет подбрасываться вертикально вверх,  $\beta = \frac{\pi}{2}$ , и перемещение его к выходу прекратится, когда угол наклона рабочей поверхности клавиши к горизонту будет равен

$$\alpha^* = \arctg \frac{1}{k}. \quad (5.21)$$

Когда  $k > \cos \alpha$  и  $\alpha < \alpha^*$ , то частица, подброшенная клавишей в момент  $t_1$  летит из точки  $I$  (рис. 5.2а, б) с координатами  $X_1$  и  $Y_1$  свободным движением по параболе до момента  $t_3$  соударения - падения на клавишу. Координаты точки  $I$  отрыва частицы от поверхности клавиши и составляющие скорости частицы в момент  $t_1$  отрыва определяются выражениями

$$X_1 = r \sin(\omega t_1 - \alpha), \quad Y_x = r \cos(\omega t_1 - \alpha); \quad (5.22)$$

$$v_{x1} = \omega r \cos(\omega t_1 - \alpha), \quad v_{y1} = \omega r \sin(\omega t_1 - \alpha). \quad (5.23)$$

В момент  $t_2$  в точке 2 частица достигает наибольшей высоты подъема, после чего падает вниз до соударения с поверхностью клавиши. Обозначим точку, в которую упадет частица на клавишу, точкой  $a_3$ , положение, которое

займет точка 1 в этот момент, - точкой 3, а угол поворота колена вала, соответствующий этому моменту, назовем фазой соударения  $\omega t_3$ .

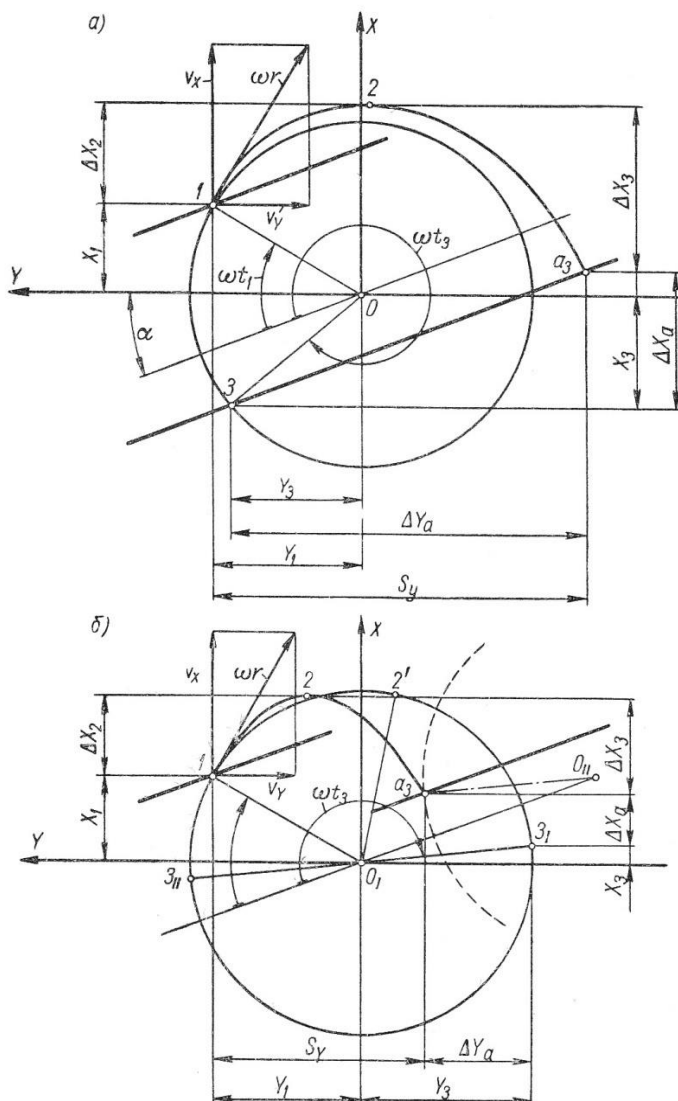


Рисунок 5.2 - Схема свободного движения - полета слоя: а - в четырехклавишном соломотрясе; б - в пятиклавишном соломотрясе

Координаты точки 3 определяются выражениями

$$X_3 = \pm r \sin(\omega t_3 - \alpha), \quad Y_3 = \pm r \cos(\omega t_3 - \alpha) \quad (5.24)$$

Для выявления действия кинематического режима движения клавиш на характер движения слоя найдем функциональную зависимость фазы соударения от фазы отрыва  $\omega t_3 = f(5.\omega t_1)$ .

Нетрудно установить (рис. 5.2, а, б), что

$$X_I + \Delta X_2 + \Delta X_I = \Delta X_3 + X_3 + \Delta X_a \quad (5.25)$$

Выразим эти отрезки через заданные  $\alpha$ ,  $r$ ,  $\Omega$  и  $k$ . Высота подъёма  $\Delta X_2$  частицы определяется по известной начальной скорости свободного полета

$$\Delta X_2 = \frac{v_{X1}^2}{2g} = \frac{\omega^2 r^2 \cos^2(\omega t_1 - \alpha)}{2g} \quad (5.26)$$

Выражение для высоты падения  $\Delta X_3$  получаем следующим путём

$$\Delta X_3 = \frac{g \Delta t_3^2}{2} = \frac{\omega^2 r}{2k} \Delta t_3^2 = \frac{r}{2k} (\omega t_3 - \omega t_2)^2. \quad (5.27)$$

Так как

$$t_2 = t_1 + \Delta t_2, \text{ а } \Delta X_2 = \frac{\omega^2 r^2 \cos^2(\omega t_1 - \alpha)}{2g} = \frac{g t_2^2}{2},$$

Откуда

$$\Delta t_2 = \frac{\omega r}{g} \cos(\omega t_1 - \alpha) = \frac{k}{\omega} \cos(\omega t_1 - \alpha)$$

то

$$t_2 = t_1 + \frac{k}{\omega} \cos(\omega t_1 - \alpha) \quad (5.28)$$

Учитывая приведенные выражения, получаем

$$\Delta X_3 = \frac{r}{2k} [\omega t_3 - \omega t_1 - k \cos(\omega t_1 - \alpha)]^2 \quad (5.29)$$

Вертикальное смещение  $\Delta X_a$  точки  $a_3$  падения частицы на клавишу относительно точки отрыва 1, которая в момент  $t_3$  соударения занимает положение 3, может быть выражено через горизонтальное смещение этой же

точки  $\Delta Y_a$ , поэтому  $\Delta X_a = \Delta Y_a \operatorname{tg} \alpha$

В соответствии с (рис. 5.2. а, б) имеем

Причём  $Y_1 = r \cos(\omega t_1 - \alpha)$ , а  $Y_3 = r \cos(\omega t_3 - \alpha)$

Так как сопротивление воздуха перемещению слоя не учитывается, то горизонтальная составляющая  $v_{yt}$  скорости, которую имела частица в момент отрыва, остается неизменной в течение всего времени полета. Поэтому можно записать

$$S_Y = v_{x_1}(t_3 - t_1) = \omega r \sin(\omega t_1 - \alpha)(t_3 - t_1). \quad (5.30)$$

С учетом уравнения (5.30) получаем (рис. 5.2, б)

$$\Delta Y_a = r \cos(\omega t_1 - \alpha) - r \cos(\omega t_3 - \alpha) - \omega r \sin(\omega t_1 - \alpha)(t_3 - t_1)$$

$$\Delta X_a = r \operatorname{tg} \alpha (\cos(\omega t_1 - \alpha) - \cos(\omega t_3 - \alpha) - \sin(\omega t_1 - \alpha)(\omega t_3 - \omega t_1)) \quad (5.31)$$

Подставив в равенство (5.25) вместо  $X_1$ ,  $X_3$ ,  $\Delta X_2$ ,  $\Delta X_3$  и  $\Delta X_a$  полученные выражения, после необходимых преобразований имеем

$$(\omega t_3 - \omega t_1)^2 - 2(\omega t_3 - \omega t_1) \operatorname{ctg} \omega t_1 - 2 \left( 1 \pm \frac{\sin \omega t_3}{\sin \omega t_1} \right) = 0 \quad (5.32)$$

Решив это квадратное уравнение, получаем следующее трансцендентное уравнение получим

$$\omega t_3 = \omega t_1 + \operatorname{ctg} \omega t_1 + \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \omega t_1 + 2 \pm 2 \frac{\sin \omega t_3}{\sin \omega t_1}}. \quad (5.33)$$

Верхний знак перед  $\sin \omega t_3$  относится к случаю, когда ворох соударяется с клавишей, которая его подбросила. Это имеет место в трех-, четырех- и шестиклавишных соломотрясах и при некоторых режимах работы пятиклавишного соломотряса. Нижний знак перед  $\sin \omega t_3$  следует брать в слу-

чаях, когда в пятиклавишном солоотрясе слой, подброшенный клавишами одной группы, соударяется с клавишами другой группы.

В уравнении (5.33) фаза соударения  $\omega t_3$  является функцией фазы отрыва  $\omega t_1$ , которая, в свою очередь, является функцией  $\alpha$ ,  $\omega$  и  $r$ , так как, согласно зависимости (5.20),

$$\sin \omega t_1 = \frac{\cos \alpha}{k} = \frac{g \cos \alpha}{\omega^2 r} \quad (5.34)$$

Когда известны  $\alpha$ ,  $r$  и  $\omega$ , то, определив  $\omega t_1$ , находят по уравнению (5.33) фазу  $\omega t_3$  методом последовательных приближений. Изменение фазы  $\omega t_3$  в функции фазы отрыва  $\omega t_1$  характеризуют графики на (рис. 5.3, а, б).

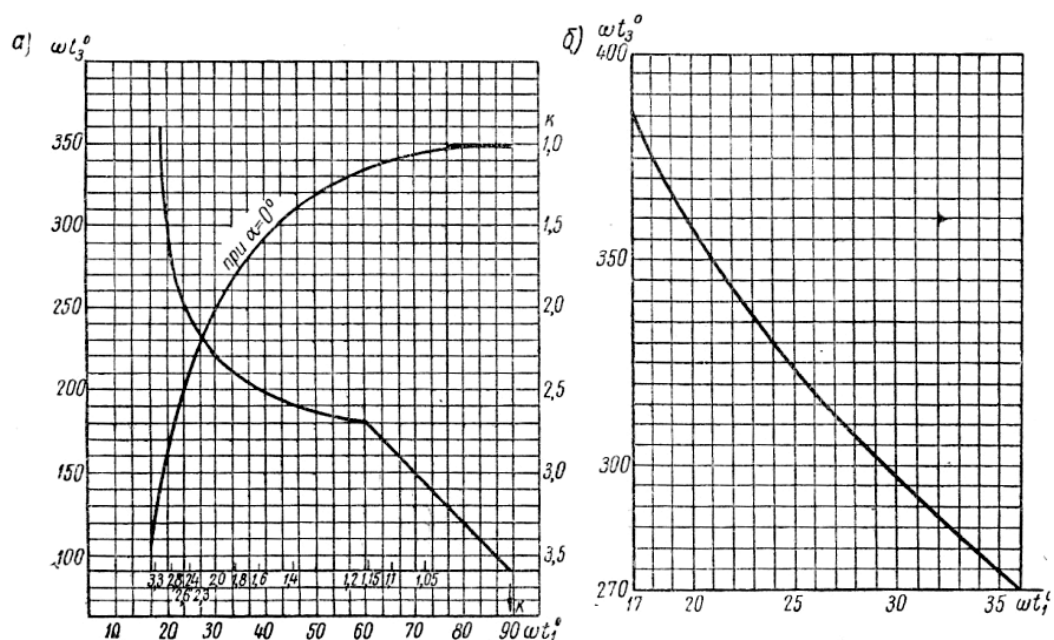


Рисунок 5.3 График изменения фазы  $\omega t_3$  в функции  $\omega t_1$ : а - для пятиклавишного солоотряса; б - для четырехклавишного солоотряса

При данном значении  $\alpha$  с увеличением кинематического фактора  $k$  фаза отрыва  $\omega t_1$  уменьшается, а фаза соударения  $\omega t_3$  увеличивается. В результате этого характер встряхивания слоя изменяется, что сказывается на эффективности работы солоотряса. Выделение зерна из слоя вороха происходит успешно при определенном сочетании и соответствии силы и частоты ударов, а также средней скорости перемещения слоя некоторым

свойствам соломистого вороха. Для теоретического обоснования оптимального режима и выполнения анализа экспериментальных данных требуется обстоятельная динамическая характеристика режимов работы соломотряса.

Область эффективных режимов тех соломотрясов, у которых каждая из клавиш подбрасывает лежащую на ней часть слоя и соударяется с ней, можно установить, рассмотрев закономерности изменения перемещения и скорости слоя и клавиши. На (рис. 5.4) синусоида и косинусоида являются графиками составляющей перемещения  $x = \omega r \sin \omega t$  и составляющей скорости  $\vartheta_x = \omega r \cos \omega t$  клавиши, вектор  $\vartheta_{mx}$  указывает направление скорости слоя, падающего на клавишу. Наибольшей величины импульсы ударов достигают в том случае, если при соударении движение клавиши направлено вверх, навстречу падающему слою, а составляющая  $\vartheta_x$  скорости клавиши близка к наибольшему значению. Встречное движение клавиши и слоя имеем при условии, если фаза соударения  $\omega t_3$  находится в пределах  $1,5\pi < \omega t_3 < 2,5\pi$ . Однако вблизи граничных значений составляющая скорости клавиши  $V_{x3}$  невелика. Наибольшие значения  $V_{x3}$  имеет при фазах  $\omega t_3$  в границах  $2\pi - \omega t_1 < t_3 < 2\pi + \omega t_1$ . Подставив в уравнение (5.33) крайние значения фазы  $\omega t_3$ , получаем выражения, позволяющие определить значения показателя кинематического режима движения клавиш, ограничивающие область эффективных кинематических режимов работы трех-, четырех- и шестиклавишных соломотрясов.

Для фазы соударения  $\omega t_3 = 2\pi - \omega t_1$  уравнение оптимальной фазы соударения примет вид:

$$\frac{\cos \alpha}{\mathcal{R}_H} = \sin \left[ \pi - \frac{1}{2 \cos \alpha} (\sqrt{\mathcal{R}^2 - \cos^2 \alpha} + \sqrt{\mathcal{R}^2 + 3 \cos^2 \alpha}) \right] \quad (5.35)$$

При  $\omega t_3 = 2\pi + \omega t_1$  имеем

$$\mathcal{R}_B = \cos \alpha \sqrt{\pi^2 + 1} = 3.3 \cos \alpha \quad (5.36)$$

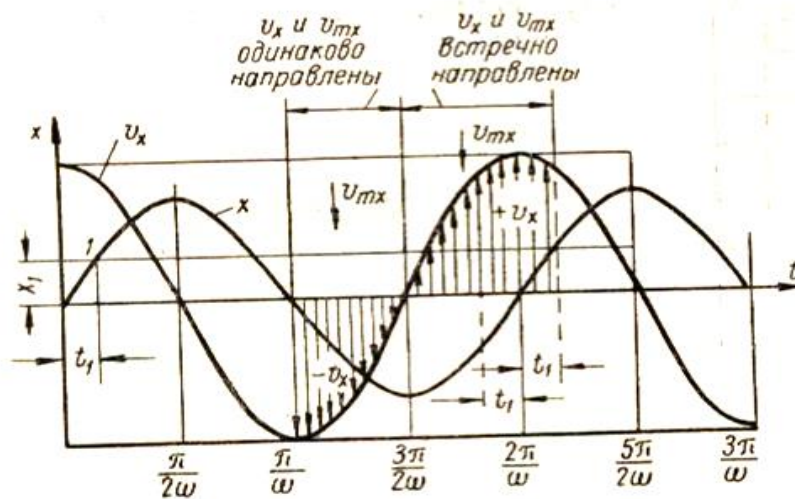


Рисунок 5.4 – Определение фаз  $\omega t_3$ , обеспечивающих встречные соударения в четырёхклавишном солломлтрясе

Пользуясь этими уравнениями и выражением, определяющим предельный угол наклона рабочей поверхности, можно найти значения нижней и верхней границ области эффективных режимов для ряда значений  $\alpha \leq \alpha^*$ .

## Лекция 6. Зерноочистительные и сортировальные машины

Вопросы:

- 1 Технологические процессы и агротехнические требования.
- 2 Способы очистки и сортирования.
- 3 Зерноочистительные машины.
- 4 Технологические процессы и агротехнические требования.

### 1 Технологические процессы

От зерноуборочных комбайнов на пункт доработки зерна (на ток) привозят зерновой ворох.

Зерновой ворох включает в себя:

- зерно (полноценное, дробленое, щуплое);
- примеси:
  - а) крупные примеси (колосья, кусочки соломы, семенные коробочки сорняков);
  - б) легкие примеси (пыль, полова, ости (усы), легкие семена сорняков);
  - в) мелкие примеси (семена некоторых сорняков, комочки почвы, мелкие камни).

Поэтому зерновой ворох необходимо в кратчайшие сроки очистить от примесей, высушить и рассортировать. При необходимости зерно калибруют.

Основные термины:

- *Очистка* – это разделение (сепарация) зерновой смеси на отдельные фракции, различающиеся по каким-либо физико-механическим свойствам.

Очистка может быть:

а) Предварительная – применяют для свежееубранного зерна влажностью до 35%. При этом из зернового вороха удаляются крупные и легкие примеси, удаляется часть избыточной влаги, увеличивается его сыпучесть, повышается



устойчивость зерна к самосогреванию при временном хранении. Содержание примесей снижается с 15...20 до 3%.

б) Первичная – подвергается свежесобранное зерно влажностью не более 22% или предварительно обработанное и высушенное зерно влажностью не более 18%. При этом из зерна выделяются крупные, легкие и мелкие примеси, дробленое и щуплое зерно. Содержание примесей снижается с 8...10 до 1...3%. Зерновой ворох разделяется на три фракции: очищенное зерно, фуражные отходы, и примеси.

в) Вторичная – способствует выделению из зерна близких к нему по размерам примесей, трудноотделимых семян сорняков. В результате такой обработки ворох разделяют на: семенную фракцию, зерно второго сорта, легкие, мелкие и крупные примеси.

Продовольственное и фуражное зерно подвергают предварительной и первичной очистке, а семенное – еще и вторичной.

- *Сушка* – это процесс снижения влажности зерна от исходной до кондиционной 14...17%. При такой влажности зерно может длительно храниться. Кроме того сушка облегчает выделение примесей при очистке, выравнивает механические свойства зерновой массы, облегчает транспортирование зерна по самотечным трубам.

- *Сортирование зерна* – это разделение зерна на фракции, различающиеся хлебопекарными или посевными качествами.

- *Калибрование* – это разделение очищенных семян на фракции по их размерам. Калиброванием семена подготавливают к высеву сеялками точного высева или к переработке зерна в муку и крупу.

#### *Агротехнические требования.*

При предварительной очистке потери зерна в отходах – не более 0,05%, дробление – не более 0,1%, выделение сорной примеси – не ниже 50%.

При первичной очистке потери полноценного зерна с фуражными отходами – не более 1,5% и не более 0,05% с примесями. Дробление – не более 1%, выделение примесей – не менее 60%.

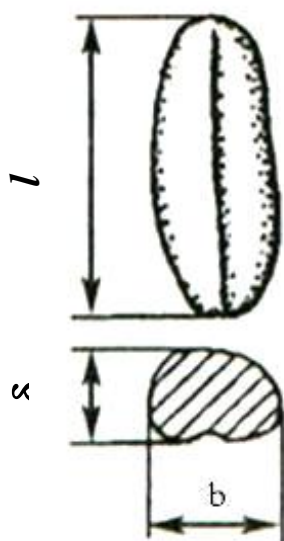
При вторичной очистке потери семян основной культуры с отходами – не более 7%, дробление – не более 0,8%. Чистота семян – 98...99%, всхожесть – 90...95%.

## 2 Способы очистки и сортирования

Очистка и сортирование зерна проводится по следующим признакам и свойствам:

### а) Разделение семян по размерам

а) Разделение по толщине  $\delta$  и ширине  $b$  – проводят на плоских или цилиндрических решетках с продолговатыми или круглыми пробивными отверстиями. Плоские решета помещают в решетный стан, который подвешен к раме горизонтально или наклонно на пружинных или шарнирных подвесках и приводят в колебательное движение от эксцентрика.



$\delta$  – толщина;  
 $l$  – длина;  
 $b$  – ширина.

Рисунок 6.1 – Схема геометрических размеров семян

Горизонтальное и наклонное цилиндрическое решета устанавливают на подшипниках и приводят во вращательное движение, а вертикальное – во вращательное и колебательное.

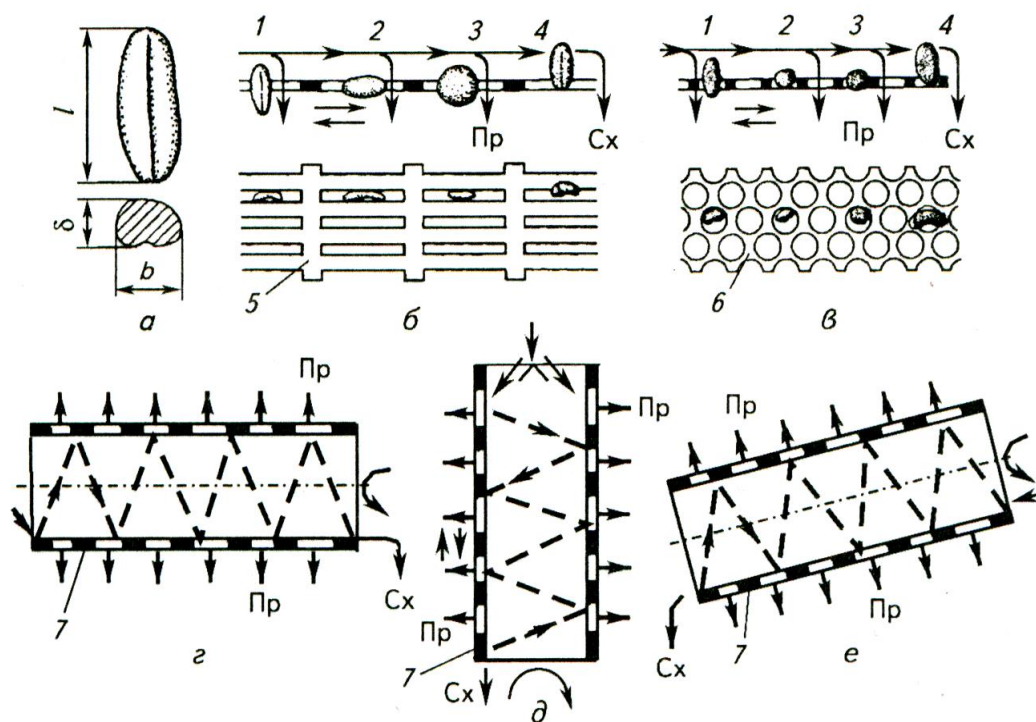


Рисунок 6.2 – Схема решёт

Зерновой ворох подают на начало решета тонким слоем. Частицы начинают двигаться по его поверхности и много раз перемещаются над отверстиями. Те частицы, размер которых меньше размера отверстий проходят через них образуют массу, которую называют *проход (Пр.)*, а если размер частиц больше размера отверстий, то они сходят с поверхности решета и образуют *сход (Сх.)*. Зерна, размер которых близок размеру отверстий, могут застревать в них и нарушать процесс разделения. Для выталкивания застрявших зерен применяются щеточные или шариковые очистители.

Качество очистки зерна на плоских решетках зависит от угла наклона, частоты и амплитуды колебаний, а на цилиндрических – от частоты вращения и угла наклона.

- По толщине  $\delta$  семена делят на решетках с продолговатыми отверстиями.
- По ширине  $b$  семена делят на решетках с круглыми отверстиями.
- По длине  $l$  семена делят в дисковых или цилиндрических триерах.

Цилиндрические триеры бывают:

- кукольные;

- овсюжные.

При повороте цилиндра в кукольном триере в ячейки западают короткие частицы, длинные выпадают раньше, короткие позже и забрасываются в желоб.

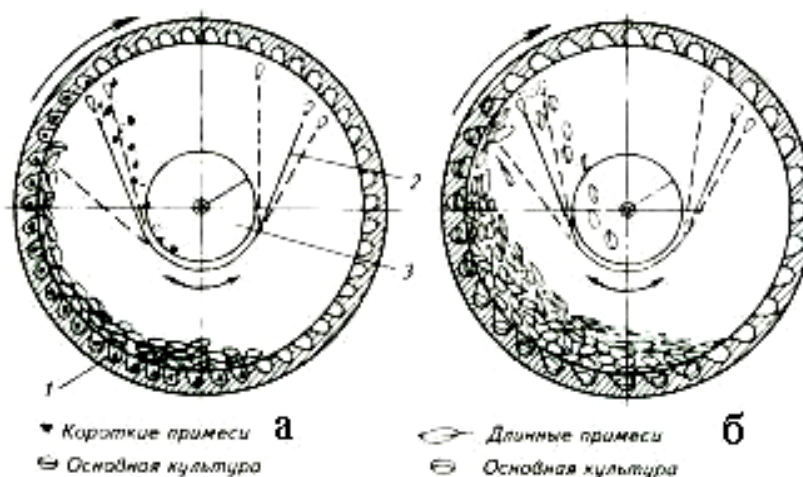


Рисунок 6.3 – Схема разделения семян по длине

В овсюжном цилиндре ячейки крупнее. В них западают культурные семена и забрасываются в желоб, длинные частицы выпадают из ячеек раньше.

На качество разделения влияют:

- частота вращения цилиндра ( $35 \dots 50 \text{ мин}^{-1}$ );
- угол наклона желоба;
- диаметр ячеек.

Промышленность выпускает триерные цилиндры с диаметром ячеек:

- для зерновых культур – 6,3; 8,5; 11,2 мм;
- для мелких семян – 1,8; 2,8; 3,5 мм.

#### *б) Разделение семян по аэродинамическим свойствам.*

Перемещаясь в воздушном потоке, любое тело преодолевает сопротивление воздуха, зависящее от его размеров, формы, массы и расположения в воздушном потоке. Чем больше сопротивление воздуха, тем медленнее движется свободно падающее тело.

На тело, помещенное в вертикальном воздушном потоке (канале), действует сила тяжести  $Q$  и сила сопротивления воздушному потоку  $R$ .

Если  $Q > R$ , то тело падает.

Если  $Q < R$ , - тело движется вверх.

Если  $Q = R$ , - тело зависает в воздушном потоке, оно становится неподвижно относительно стенок канала. Скорость вертикального воздушного потока, при которой тело находится во взвешенном состоянии, называют скоростью витания или критической скоростью  $V_{кр}$  данного тела.

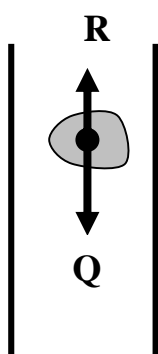


Рисунок 6.4 – Схема сил, действующих на частицу в воздушном канале

Смесь зерна можно разделить воздушным потоком только в том случае, если критические скорости семян и примесей различны.

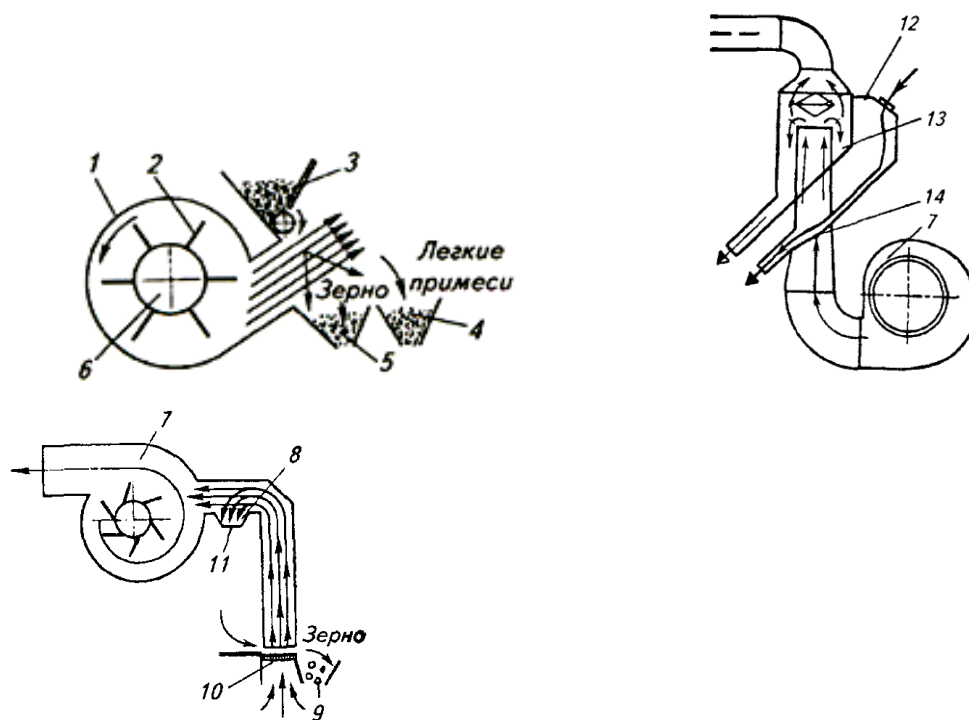
Критическая скорость определяется на парусном классификаторе или в аэродинамической трубе.

Критическая скорость  $V_{кр}$  семян зерновых культур 8...17 м/с (пшеницы – 8...11,5 м/с, овса 8,1...9,1 м/с, гороха 15,5...16,5 м/с).

По аэродинамическим свойствам зерновой ворох разделяют с помощью пневмосепараторов или аспирационных систем, встроенных в зерноочистительные машины. Пневмосепараторы применяются для предварительной очистки зерна, поступающего от комбайна. Воздушным потоком из вороха выделяются кусочки соломы, полосу, пыль и семена некоторых культур.

По принципу действия пневмосепараторы делятся на три типа:

- пневмогравитационные;



1 – кожух; 2 – лопасть; 3, 12 – бункера; 4, 5, 9 – приемники; 6 – крылач; 7 – вентилятор; 8 – воздушный канал; 10, 14 – решета; 11, 13 – осадочные камеры.

Рисунок 6.5 – Схемы пневмогравитационных сепараторов

В таких сепараторах зерновой ворох подается в воздушный канал самотеком или перемещается поперек канала колеблющимся решетом. Тяжелое зерно сходит в приемники 5, 9, а легкие примеси уносятся воздушным потоком.

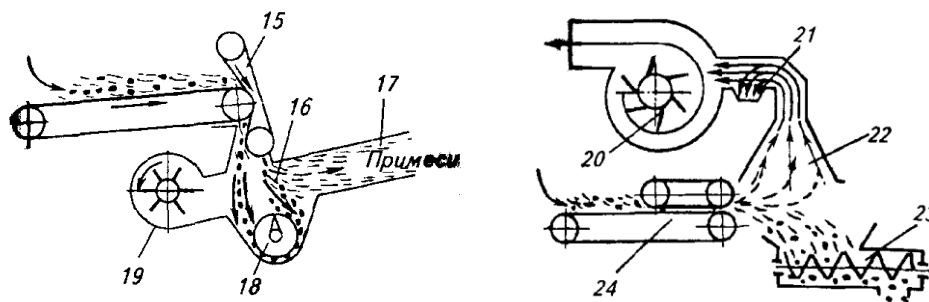
Скорость ввода материала в таких сепараторах не превышает 1...2 м/с, поэтому скорость воздушного потока должна быть меньше критической скорости зерна.

Скорость воздушного потока в канале изменяют, регулируя частоту вращения вентилятора, также перекрывая заслонкой канал или окна вентилятора.

- пневмоимпульсные;

В пневмоимпульсных сепараторах ворох выбрасывается в камеру сепарации ленточным 15, 24 или роторным метателем, придавая ему импульс. За счет этого можно увеличить скорость воздушного потока, что приводит к

увеличению производительности всей машины. Однако при этом возрастает размер камеры сепарации.

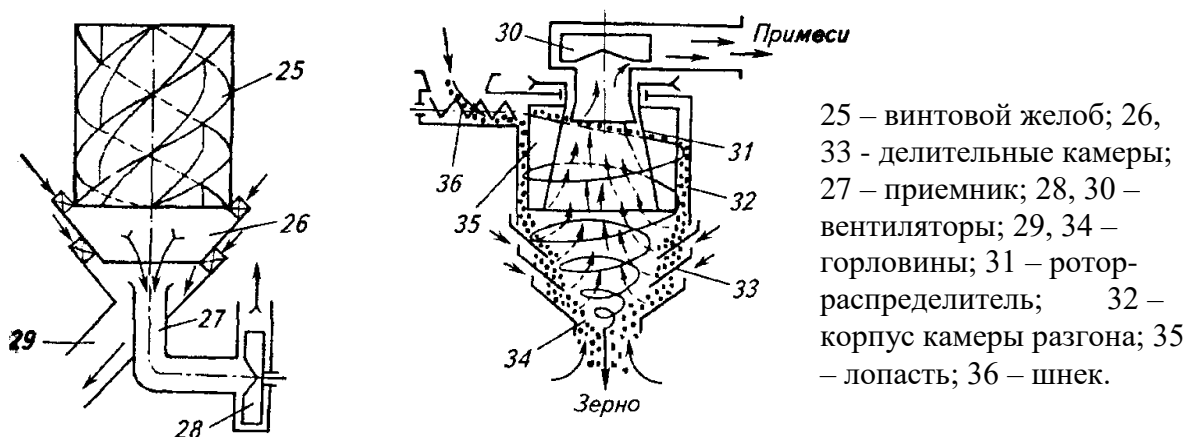


15, 24 – метатели; 16, 22 – делительные камеры; 17 – воздушный канал; 18, 23 – шнеки; 19, 20 – вентиляторы; 21 – осадочная камера.

Рисунок 6.5 а – Схемы пневмоимпульсных сепараторов

- пневмоцентробежные;

В таких сепараторах ворох раскручивается в камере разгона и подается в делительную камеру 26 или 33. Воздушный поток уносит легкие примеси в осадочную камеру, а зерно к горловине 29 или 34 и поступает в бункер. Камера сепарации имеет кольцеобразную форму. Поэтому габаритные размеры таких сепараторов значительно меньше, чем у пневмоимпульсных при одинаковой их пропускной способности.



25 – винтовой желоб; 26, 33 – делительные камеры; 27 – приемник; 28, 30 – вентиляторы; 29, 34 – горловины; 31 – ротор-распределитель; 32 – корпус камеры разгона; 35 – лопасть; 36 – шнек.

Рисунок 6.6 – Схемы пневмоцентробежных сепараторов.

в) *Разделение семян по плотности.*

Происходит в жидкостных сепараторах или на пневматических сортировальных столах. Такое разделение обеспечивает выделение из

зернового вороха наиболее жизнеспособных семян или очистку зерна от трудноотделимых примесей (дикой редьки от семян ячменя, гречихи и т. д.).

В жидкостных сепараторах тяжелые семена тонут, а легкие всплывают.

На пневматических столах на обрабатываемый материал воздействуют одновременно колебаниями и воздушным потоком. При этом слой зерна на столах «псевдооживляется», т. е. приобретает свойства жидкости: тяжелые частицы опускаются, а легкие всплывают.

*г) Разделение семян по состоянию поверхности и форме.*

Семена разных культур имеют различные поверхность (гладкую, шероховатую, пористую, бугристую, покрыты пленками, пушком) и форму (длинные, шарообразные, трехгранные). Коэффициент трения при движении таких семян по наклонной поверхности также различен. С учетом этого для разделения семян созданы устройства имеющие наклонные фрикционные поверхности: горки, винтовые сепараторы, фрикционные триеры.



Обычно в качестве фрикционной поверхности применяют наклонное шероховатое полотно, движущееся равномерно вверх. При работе такого устройства семена, имеющие малый коэффициент трения (гладкие) 3, слабо сцепляются с полотном, скатятся вниз.

1 – фрикционное полотно; 2 – ворсистые семена; 3 – гладкие семена.

Рисунок 6.7 – Схема разделения семян на наклонной поверхности

Семена с большим коэффициентом трения (ворсистые) 2, сильнее сцепляются с полотном, уносятся вверх. Таким способом можно отделить семена овсюга от овса, семена свеклы от клубочков со стебельками, очистить семена льна и клевера.



Используют также способность шероховатых семян удерживать порошок тонкого помола. Для этого семена смешивают с порошком, содержащим железо, и пропускают смесь через электромагнитную очистительную машину, магнитный барабан которой притягивает порошок и вместе с ним шероховатые семена.

Длинные и круглые семена можно разделить, используя устройство с вертикальной винтовой поверхностью (змейка). Семена высыпают небольшой равномерной струей на верхнюю часть винтовой поверхности. Длинные зерна имеют значительное сопротивление качению, скользят по внутренней поверхности и сходят с нижнего витка в лоток. Круглые зерна движутся быстрее, скатываются к наружному краю винтовой поверхности и падают за ее пределы.

Семена сорняков трехгранной формы выделяют на решетках с треугольными отверстиями.

*д) Разделение семян по упругости.*

Семена бросают на отражательные столы. После удара семена с разными упругими свойствами по-разному отражаются от поверхности стола и движутся по разным траекториям.

*е) Разделение семян по цвету.*

Семена по цвету разделяют на установках снабженных фотоэлементами. Семена движутся мимо фотоэлемента дискретным потоком. Светлые семена возбуждают в фотоэлементе электрический ток, вырабатывается сигнал и открывается клапан на пути этих семян в бункер. Темные семена клапан направляет в другой канал.

*ж) Разделение по электропроводности, диэлектрической проницаемости.*

По таким свойствам семена разделяют в электрическом поле. При этом могут быть использованы электрический, коронный и диэлектрический методы разделения.

### 3 Зерноочистительные машины

Типы зерноочистительных машин.

Для очистки и сортирования зерна применяют машины:

- безрешетные; - воздушно-решетные; - комбинированные; - специальные.

Они могут быть:

- стационарные;  
- передвижные.

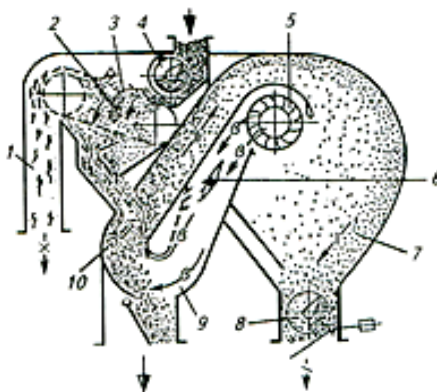
Стационарные машины используют в поточных линиях агрегатов и комплексов, передвижные – на открытых токах в складах.

*Безрешетные зерноочистительные машины.*

*Стационарная машина МПО – 50.* Машина предназначена для предварительной очистки зернового вороха, поступающего от комбайнов, от крупных и легких примесей. Ее устанавливают в поточных линиях агрегатов и комплексов. Производительность – до 50 т/ч.

Качество очистки регулируют:

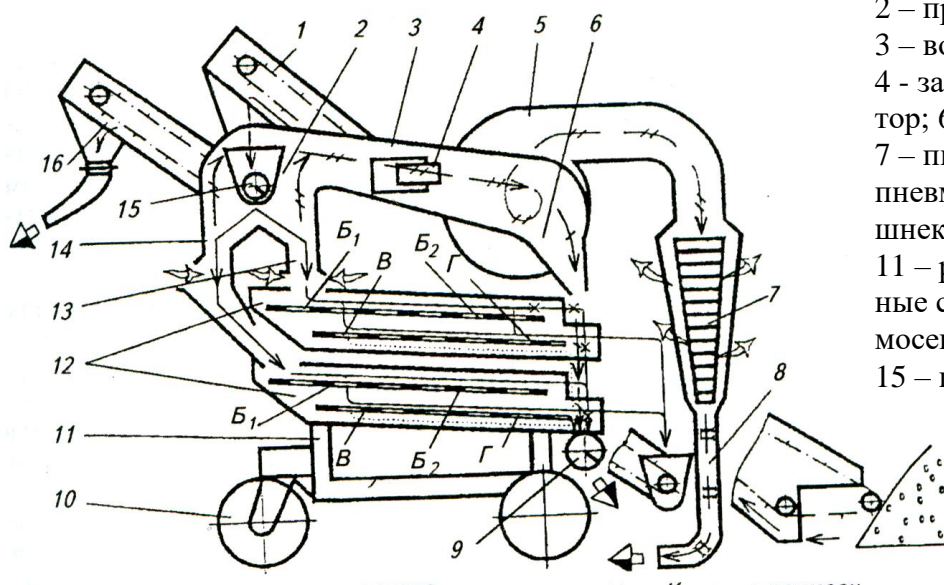
- сменой частоты вращения вентилятора 5;  
- изменением положения дроссельной заслонки 6;  
- сменой сетчатого транспортера 3 (для мелкосеменных зерновых культур размер ячеек 12х12, для крупносеменных 15×15).



1, 9, 10 – воздушные каналы; 2 – встряхиватель; 3 – сетчатый транспортер; 4, 8 – шнеки; 5 – вентилятор; 6 – заслонка; 7 – отстойная камера.

Рисунок 6.8 – Схема машины МПО – 50

Передвижной очиститель вороха ОВС – 25.



- 1, 16 – транспортеры;
- 2 – приемная камера;
- 3 – воздуховод;
- 4 – заслонка; 5 – вентилятор;
- 6 – осадочная камера;
- 7 – пылеуловитель; 8 – пневмотранспортер;
- 9 – шнек отходов; 10 – колесо;
- 11 – рама; 12 – решетчатые станы;
- 13, 14 – пневмосепарирующие каналы;
- 15 – шнек.

Рисунок 6.9 – Схема очистителя вороха ОВС – 25

Машина предназначена для предварительной очистки зернового вороха на открытых токах и площадках. Рама машины опирается на три колеса, ось переднего закреплена на поворачиваемой вилке. Машина снабжена механизмом самопередвижения. Она может перемещаться во время работы со скоростью 0,1...0,3 м/мин, и переезжать по току со скоростью 2,7...6,1 м/мин.

К машине прилагается комплект решет с продолговатыми отверстиями шириной 1,5...5 мм и с круглыми – диаметром 3,6...10 мм. Снизу к решетам прилегают щетки, которые, двигаясь возвратно-поступательно, выталкивают зерна, застрявшие в отверстиях решет. Щетки должны плотно прилегать к решетам (выступать над поверхностью решет на 1...1,5 мм). По мере износа щеток их прижимают к решетам.

Подбор решет проводят в зависимости от обрабатываемой культуры по таблицам заводских инструкций.

Таблица 6.1 - Предварительный подбор решет

Обрабатываемая культура	Ширина или диаметр отверстия решета, мм			
	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	В	Г
Пшеница	<input type="checkbox"/> 2,3...3,0	<input type="checkbox"/> 3,0...3,5	<input type="checkbox"/> 1,7...2,3	<input type="checkbox"/> 1,7...2,0
Рожь	<input type="checkbox"/> 2,3...2,5	<input type="checkbox"/> 3,0...3,5	<input type="checkbox"/> 1,5...2,0	<input type="checkbox"/> 1,5...2,0
Ячмень	<input type="checkbox"/> 2,5...3,0	<input type="checkbox"/> 3,5...4,5	<input type="checkbox"/> 2,0...2,5	<input type="checkbox"/> 2,0...2,5
Овес	<input type="checkbox"/> 2,0...2,5	<input type="checkbox"/> 2,7...3,0	<input type="checkbox"/> 1,7...2,0	<input type="checkbox"/> 1,7...2,0
Кукуруза (зерно)	<input type="checkbox"/> Ø 8	<input type="checkbox"/> Ø 10	<input type="checkbox"/> Ø 6,5	<input type="checkbox"/> Ø 6,5
Просо	1,7...2,0	2,0...2,3	1,5...1,7	1,5...1,7

Регулировки.

На качество очистки зерна влияют следующие параметры:

- скорость воздушного потока в системе аспирации (открытие заслонки 4);
- частота колебания решет;
- угол наклона решет;
- размер отверстий решет.

Правильность настройки машины проверяют при работе по выходам зерна, легких, крупных и мелких примесей.

*Стационарные зерноочистительные машины МЗО – 25 и ЗВС – 20А.*

Машины снабжены двумя четырехрешетными станами и аспирационной системой. Предназначены для первичной очистки вороха зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур. Машины используются в составе зерноочистительных агрегатов и зерноочистительных комплексов.

*Стационарный очиститель зерна ОЗС – 50.*

Машина снабжена аспирационной системой и четырехкаскадным решетным станом, обеспечивает предварительную, первичную и вторичную очистку зерна. Работает в составе зерно-семяочистительных линий производительностью соответственно 50, 25 и 10 т/ч.

*Семяочистительная машина СВУ – 5А.*

Машина предназначена для вторичной очистки и сортирования семян

зерновых и других культур. Разделяет исходный семенной материал на:

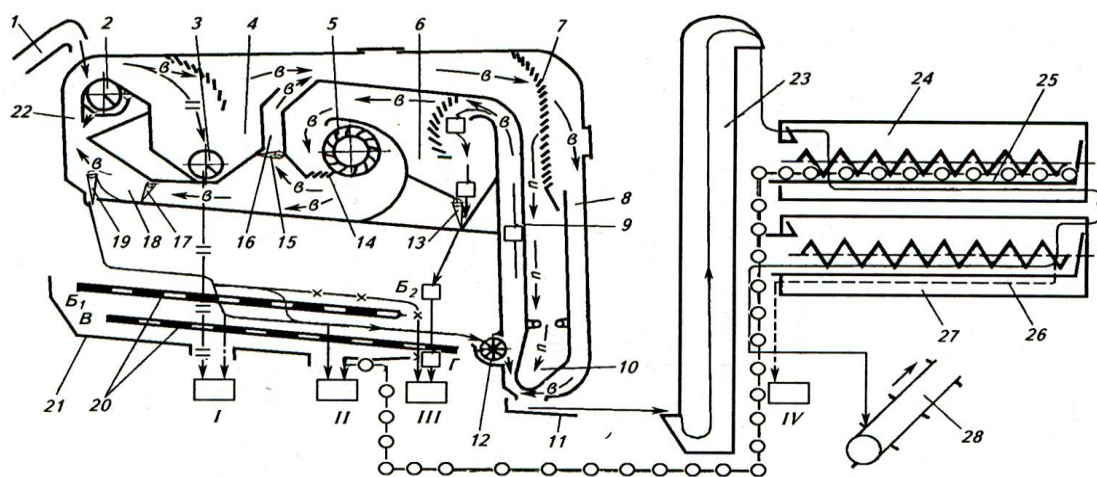
- крупные и легкие примеси;
- мелкие примеси (подсев);
- семена 1-го и 2-го сорта.

Машина может работать в составе семяочистительных линий или самостоятельно. Производительность 5 т/ч.

*Комбинированные семяочистительные машины.*

*Самопередвижная семяочистительная машина МС – 4,5 (СМ - 4).*

Машина предназначена для вторичной очистки и сортирования семян зерновых, зернобобовых, масличных, технических культур и трав, а также продовольственного зерна на открытых токах и в зернохранилищах. Производительность машины до 4,5 т/ч.



1, 28 – соответственно загрузочный и отгрузочный транспортеры; 2, 3 – шнеки; 4, 6 - соответственно первая и вторая осадочные камеры; 5 – вентилятор; 7 – жалюзийный воздухоочиститель; 8, 18 – воздухоподводящие каналы; 9, 22 – соответственно второй и первый пневмосепарирующие каналы; 10 – пылесборник; 11 – вибрлоток; 12 – питатель; 13, 19 – выпускные клапаны; 14 – жалюзийная перегородка; 15; 17 – регулировочные заслонки; 16 – перепускной канал; 20 – решетка; 21 – решетный стан; 23 – нория; 24; 27 – соответственно кукольный и овсюжный цилиндрические триеры; 25; 26 – желоба.

Рисунок 6.10 – Схема самопередвижной семяочистительной машины МС – 4,5

Регулировки:

Скорость воздушного потока в пневмосепарирующих каналах изменяют, поворачивая заслонки 15 и 17.

Общую подачу воздуха в каналы изменяют заслонкой 17.

Скорость потока в первом канале регулируют заслонкой 15. При этом пределы изменения скорости воздушного потока в первом канале 6,5...10,4 м/с, во втором – 10,9...12,3 м/с.

На качество очистки и сортирования зерна влияют следующие показатели:

- скорость воздушного потока в пневмосепарирующих каналах 9 и 22;
- подача обрабатываемого материала в приемную камеру;
- подбор решет 20 в соответствии с обрабатываемой культурой;
- смена частоты вращения триерных цилиндров 24 и 27;
- изменение угла наклона желобов 25 и 26.

*Стационарная семяочистительная машина К – 531.*

Машина снабжена пневмосистемой, решетным станом и триерными цилиндрами, очищает семена от примесей по парусности, ширине, толщине и длине.

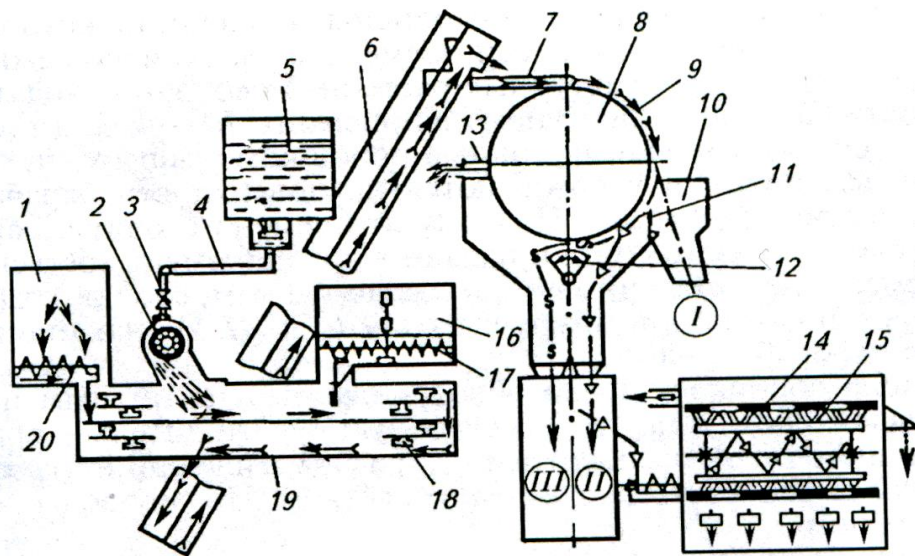
Производительность до 2,5 т/ч.

*Специальные семяочистительные машины.*

*Машина К – 590 (СМЩ – 0,4).*

Электромагнитные семяочистительные машины предназначены для очистки семян с гладкой поверхностью (травы, льна и др.) от семян сорняков с шероховатой поверхностью (повилики, плевела, горчака розового, подорожника).

Семена предварительно очищают на воздушно-решетной машине или в триерных цилиндрах.



1 – бункер; 2 – распылитель; 3 – кран; 4 – трубопровод; 5 – резервуар; 6, 17, 20 – шнеки; 7 – питатель-распределитель; 8 – барабан; 9 – семена; 10 – приемник семян; 11; 12 – клапаны; 14 – цилиндрическое решето; 13; 15 – щетки; 16 – дозатор магнитного порошка; 18 - лопатка; 19 – смеситель.

Рисунок 6.11 – Схема машины К – 590 (СМЩ – 0,4)

*Регулировки.*

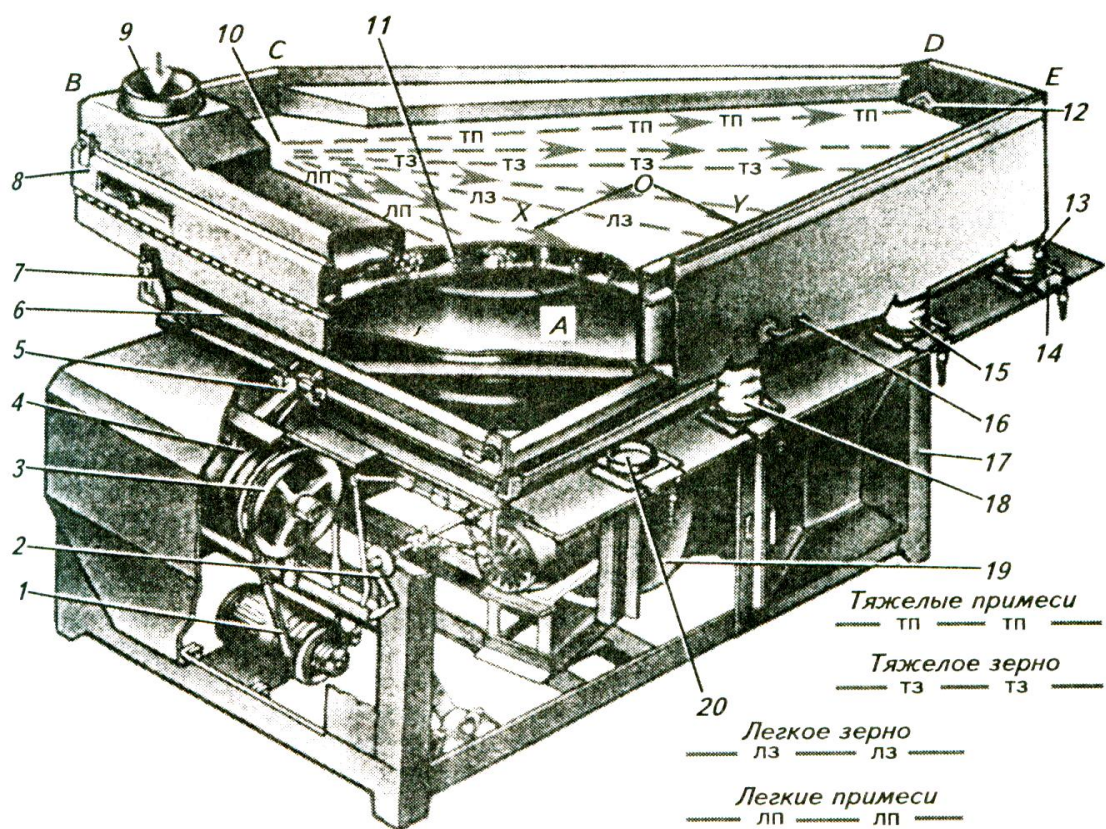
Подачу семян и магнитного порошка регулируют, изменяя частоту вращения шнеков 17 и 20;

Четкость разделения потоков регулируют поворотом клапанов 11 и 12.

*Пневматический сортировальный стол ПСС – 2,5В.* Машина предназначена для очистки семян от трудноотделимых сорняков и сортирования семян зерновых, зернобобовых, овощных культур, трав.

Стол ПСС – 2,5В разделяет семена по плотности, форме, размерам и состоянию поверхности. Обрабатываемый материал нужно предварительно очистить в воздушно-решетных машинах и триерах. Стол используют в составе поточных линий агрегатов, а также самостоятельно. В последнем случае необходимо дооборудовать загрузочным устройством, аспирационным вентилятором, воздуховодами.





1 – вариатор; 2 – регулятор; 3 – механизм привода; 4 – противовес; 5 – шатун; 6 – рамка; 7 – кронштейн; 8 – дека; 9 – горловина; 10 – сетка; 11 – воздуховывравнивающая решетка; 12 – клапан; 13, 15, 18, 20 – приемники; 14 – заслонка; 16 – рычаг; 17 – рама; 19 – вентилятор.

Рисунок 6.11 а – Схема пневматического сортировального стола ПСС – 2,5В

На качество очистки и сортирования материала влияют:

- продольный и поперечный наклоны деки 8;
- амплитуда и частота колебания деки 8;
- скорость подачи воздуха;
- подача обрабатываемого вороха на рабочую поверхность стола 10;
- положение клапанов приемника фракций.



## **Лекция 7. Теоретические основы и способы разделения компонентов вороха**

Вопросы:

1. Агротехнические требования.
2. Способы разделения компонентов вороха
3. Работа воздушного потока.

### **1 Агротехнические требования**

При однократной обработке машины должны иметь высокую производительность и обеспечивать чистоту зерна, соответствующую требованиям стандартов на продовольственное и семенное зерно при допустимых потерях полноценного зерна в отходах.

В процессе обработки рабочие органы машины не должны повреждать зерно. Зерно для семенных целей должно быть доведено до посевных кондиций по показателям чистоты, влажности и всхожести.

Машины должны быть универсальны, т.е. при незначительных операциях переналадки должны обрабатывать зерно различных культур; удобны в эксплуатации, нетрудоемки в обслуживании, безопасны в работе и отвечать санитарным нормам.

### **2 Способы разделения компонентов вороха**

*Разделение по геометрическим параметрам.* Разделение по толщине и ширине зерна проводят на плоских или цилиндрических решетках.

Плоское решето представляет собой металлический лист с пробитыми в нем отверстиями одинакового размера. Для разделения семян *по толщине* применяют решета с продолговатыми отверстиями, а для разделения *по ширине* - с круглыми. В первом случае рабочим размером отверстия служит его

ширина, во втором - диаметр. Решета стандартизированы и значатся под номером, соответствующим размеру ширины или диаметра отверстия.

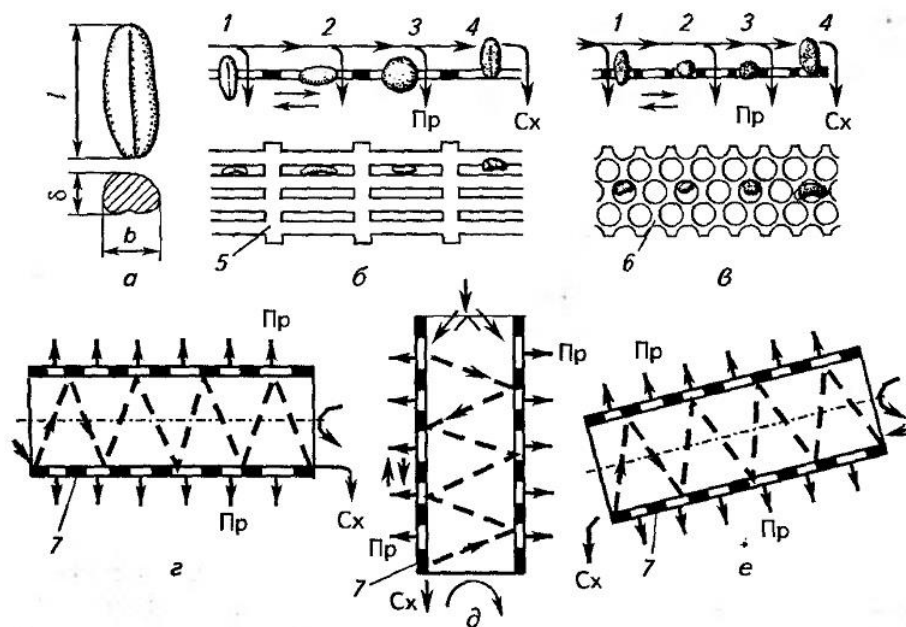
Для очистки гречихи и выделения сорных семян, имеющих трехгранную форму, применяют решета с отверстиями треугольной формы, а для очистки семян льна - с чечевицеобразными отверстиями.

Вместо пробивных решет с круглыми отверстиями иногда применяют проволочные решета с квадратными отверстиями - плетеные и тканые.

Фракция прохода - это масса частиц, размер которых меньше рабочего размера отверстий решета, то есть проходящих сквозь него.

Фракция схода образуется более крупными частицами, не прошедшими сквозь отверстия решета и сошедшими с него в конце.

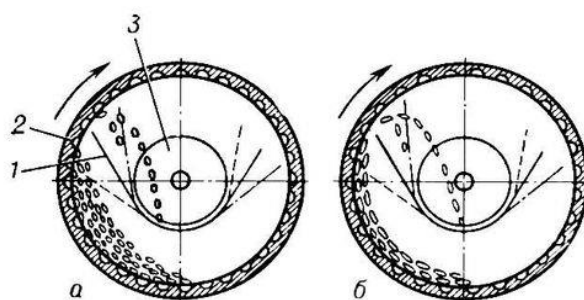
Живое сечение решета - это суммарная площадь всех его отверстий. Отношение живого сечения к общей площади решета называется относительным живым сечением. Чем выше этот показатель, тем интенсивнее работает решето и меньше забивается.



а - основные размеры семян; б, в - на плоских решетках; г, д, е - на цилиндрических решетках; 1,2,3 - семя проходит сквозь отверстия; 4 - семя не проходит сквозь отверстия; 5, 6 - плоские решета; 7 - цилиндрические решета

Рисунок 7.1 - Схемы разделения семян

*Разделение семян по длине* происходит в триерных цилиндрах с внутренней ячеистой поверхностью. Рабочим размером, определяющим разделение, служит диаметр ячеек. При вращении цилиндра короткие зерна западают в ячейки глубже, чем длинные. Поэтому из ячеек сначала выпадают длинные, а затем короткие зерна.



1 - жёлоб; 2 - цилиндр с ячеистой поверхностью; 3 - шнек.

Рисунок 7.2 - Схема работы кукольного (а) и овсюжного (б) триерных цилиндров

Первые, оставаясь в цилиндре, перемещаются к его выходу, а вторые попадают в желоб, из которого удаляются шнеком.

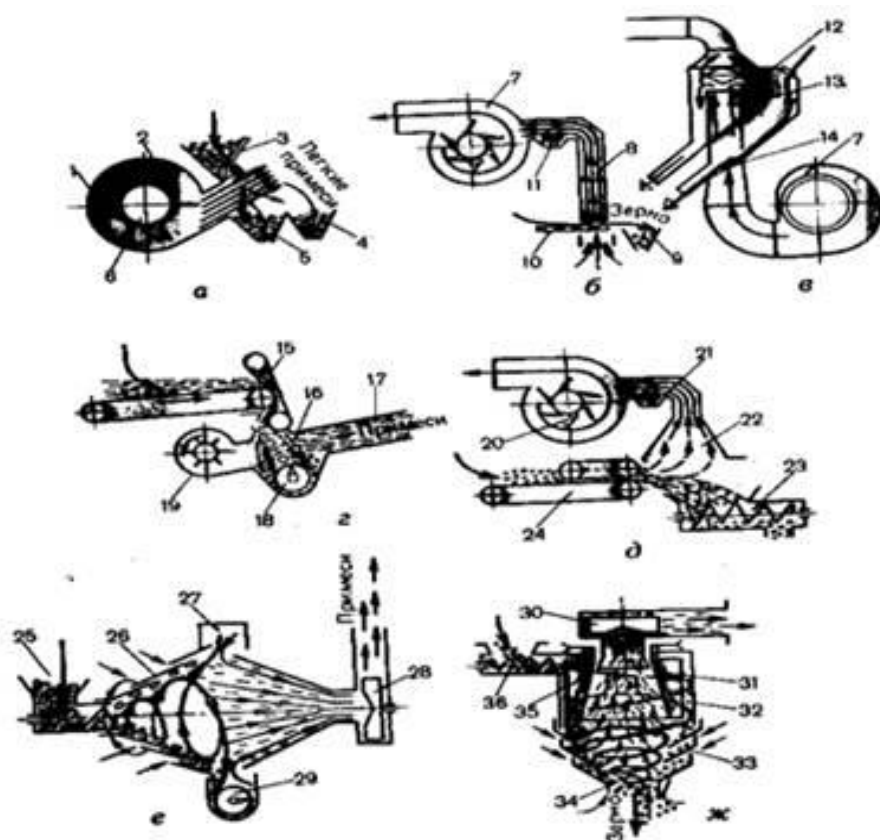
В соответствии с ГОСТом, предусмотрено 22 размера ячеек диаметром от 1,6 до 12,5 мм, что обеспечивает очистку семян зерновых и зернобобовых культур, трав и льна, а также калибровку семян кукурузы.

*Разделение по аэродинамическим свойствам.* Совокупность свойств, определяющих способность частиц перемещаться под воздействием воздушного потока, называют аэродинамическими свойствами. Чем большее сопротивление воздуха испытывает частица, тем медленнее она движется и тем раньше упадет.

Воздушный поток в зерноочистительных машинах создается нагнетательными или всасывающими вентиляторами.

Для разделения семян по аэродинамическим свойствам применяют горизонтальный, наклонный или вертикальный воздушный поток, создаваемый центробежным вентилятором.

В наклонном или горизонтальном воздушном потоке зерновая смесь, поступившая из питающего ковша, подвергается воздействию воздушной струи, в результате чего тяжелые зерна, имеющие малое отклонение при падении, будут попадать в первое отделение короба, а легкие примеси будут унесены дальше - в следующее отделение короба.



а, б и в - пневмагравитационные; г и д - пневмаимпульсивные; е и ж - пневмацентробежные; 1 - кожух; 2 - лопасть; 3 и 12 - бункера; 4, 5, 9 и 27 - приемники; 6 - крылач; 11, 13 и 21 - осадочные камеры; 15 и 24 - метатели; 16, 22, 26 и 33 - делительные камеры; 18, 23 и 29 - шнеки; 25 и 36 - загрузочные устройства; 31 - распределитель; 32 - корпус камеры разгона; 34 - горловина; 35 - лопасть.

Рисунок 7.3 - Схемы пневмосепараторов

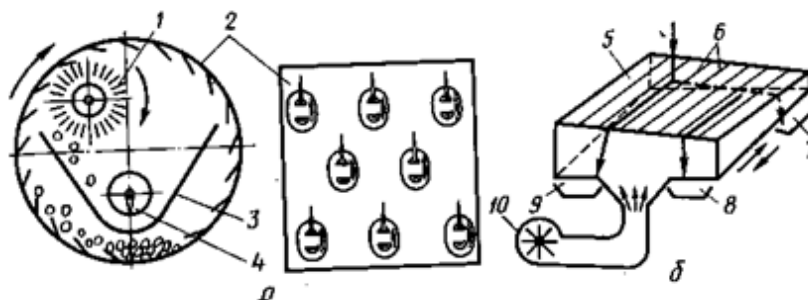
В вертикальном восходящем потоке зерно подается на сетку или непосредственно в воздушный поток. Скорость потока регулируют так, чтобы зерно оставалось на сетке, а легкие примеси поднимались и поступали в осадочную камеру.

Разделить зерновую смесь воздушным потоком можно только в том случае, если критические скорости семян и примесей различны.

Под критической скоростью, или скоростью витания тела, понимают скорость вертикального восходящего воздушного потока, при которой это тело может находиться во взвешенном состоянии.

*Разделение семян по плотности* применяют для получения наиболее жизнеспособных семян, а также для отделения трудноотделимых примесей (например, куриного проса от риса, дикой редьки от гречихи). Такая сепарация возможна мокрым (в воде или растворах различной концентрации) и сухим способами.

Сухой способ разделения по плотности применяется в пневматических сортировальных столах.



а - игольчатый барабан; б - пневматический сортировальный стол; 1 - щетка; 2 - корпус барабана; 3 - лоток; 4 - шнек; 5 - дека; 6 - рифы деки; 7, 8 и 9 - лотки соответственно для легких семян, семян со средней и большой плотностью; 10 - вентилятор.

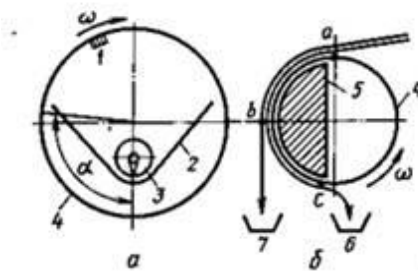
Рисунок 7.4 - Схемы устройств, разделяющих материал по плотности массы и удельному весу

Мокрый способ ввиду сложности и громоздкости применяется в редких случаях.

В жидкостных сепараторах или на пневматических сортировальных столах обеспечивает выделение из зернового вороха наиболее жизнеспособных семян (сортирование по плотности) или очистку зерна от трудноотделимых примесей (например, дикой редьки от семян ячменя, гречихи и др.). В жидкостных сепараторах используют жидкость заданной плотности, в которой тяжёлые семена тонут, а лёгкие всплывают. На пневматических столах на слой зерна воздействуют одновременно колебаниями и воздушным потоком. При этом слой зерна на столах «псевдооживляется», т. е. приобретает свойства жидкости: тяжёлые частицы опускаются, а лёгкие всплывают.

*Разделение по форме и состоянию поверхности* применяют в тех случаях, когда по другим свойствам частицы мало отличаются одна от другой. Семена могут иметь различную поверхность (гладкую, шероховатую, пористую, бугорчатую, ямчатую, покрытую пушком) и различную форму (плоскую, продолговатую, шарообразную, трехгранную).

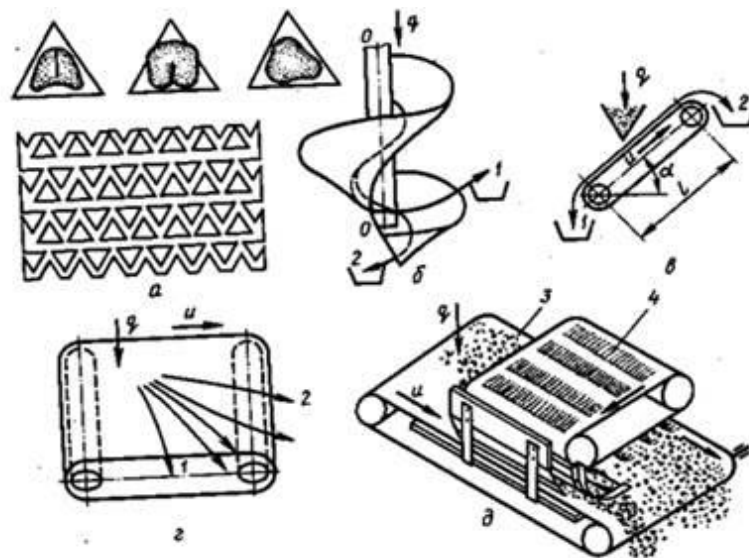
*Разделение семян по состоянию поверхности* (рис. 7.5) и форме (рис. 7.6).



а - триер с ворсистой поверхностью; б - магнитный сепаратор; 1 - щетка; 2 - желоб; 3 - шнек, 4 - цилиндры; 5 - магнит; 6 - лоток для частиц удерживающих порошок; 7 - лоток для гладких семян.

Рисунок 7.5 - Схемы устройств, разделяющих зерновые смеси по состоянию поверхности

Семена разных культур имеют различные поверхности (гладкую, шероховатую, пористую, бугристую, покрыты пушком) и форму (длинные, шарообразные, трёхгранные).



а - решета с треугольными отверстиями; б - винтовые сепараторы; в - продольные горки; г - поперечные горки; д - транспортерно-нитевые сепараторы; 1 и 2 - лотки выхода округлых и плоских частиц; 3 - ленточный продольный транспортер; 4 - поперечные транспортеры с нитями.

Рисунок 7.6 - Схема устройств, разделяющих материал по форме поверхности

Коэффициент трения при движении таких семян по наклонной поверхности также различен. С учётом этого для разделения семян созданы устройства, имеющие наклонные фрикционные поверхности: горки, винтовые сепараторы, фрикционные триеры.

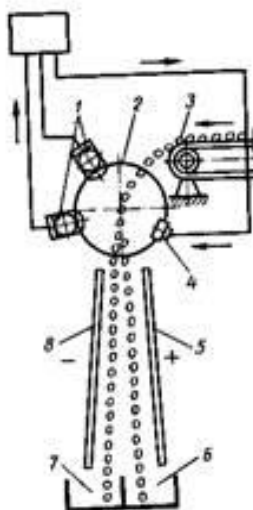
Обычно в качестве фрикционной поверхности применяют наклонное шероховатое полотно, движущееся равномерно вверх. Если на это полотно подавать зерновую смесь, частицы с малым коэффициентом трения, слабо сцепляющиеся с полотном, скатятся вниз. Частицы, сильнее сцепляющиеся с полотном, уносятся вверх. Таким способом можно выделить овсюг из овса,

отделить клубочки семян сахарной свеклы от клубочков со стебельками, очистить семена льна и клевера.

Используют также способность шероховатых семян удерживать порошок тонкого помола. Для этого семена смешивают с порошком, содержащим железо, и пропускают смесь через электромагнитную очистительную машину, магнитный барабан которой притягивает порошок и вместе с ним шероховатые семена. Длинные и круглые семена можно отделить одни от других, используя устройство с винтовой поверхностью (змейка). Семена высыпают небольшой равномерной струей на верхнюю часть винтовой поверхности. Длинные зерна (например, овёс) из-за значительного сопротивления скользят по винтовой поверхности и сходят с нижнего витка в лоток. Круглые зерна (вика, куколь) движутся быстрее, скатываются к наружному краю винтовой поверхности и падают за её пределы. Семена сорняков трехгранной формы выделяют на решетке с треугольными отверстиями.

*По упругости* семена разделяют на отражательных сортировальных столах.

*По цвету* смеси разделяют на устройствах с фотоэлементами.



1 - фотоэлементы; 2 - оптический круг; 3 - транспортер; 4 - заряжающий электрод; 5 и 8 - дефлекторы; 6 и 7 – приемники.

Рисунок 7.7 -Схема фотоэлектрического аппарата, разделяющего частицы по цвету



Семена движутся мимо фотоэлементов дискретным потоком. Светлые зерна возбуждают в фотоэлементе электрический ток, вырабатывается сигнал и открывается клапан на пути этих семян в бункер. Темные семена клапан направляет в другой канал.

Разделение семян в электрическом поле основано на различии в электропроводности, диэлектрической проницаемости и других электрических свойств. При этом могут быть использованы электрический, коронный и диэлектрический методы разделения.

*Разделение по электропроводности.* Такое разделение основано на различии электропроводности, диэлектрической проницаемости и других электрических свойств компонентов разделяемых смесей. Используют электростатический, коронный и диэлектрический методы.

*Электростатическое разделение* происходит так: материал поступает из бункера 1 (рис. 7.8, а) на вращающийся барабан 2 с положительным зарядом. Частица заряжается, соприкасаясь с поверхностью барабана. Заряд зависит от её электропроводности. Далее на поток материала воздействует электростатическое поле, образованное барабаном 2 и отрицательно заряженным электродом 7.

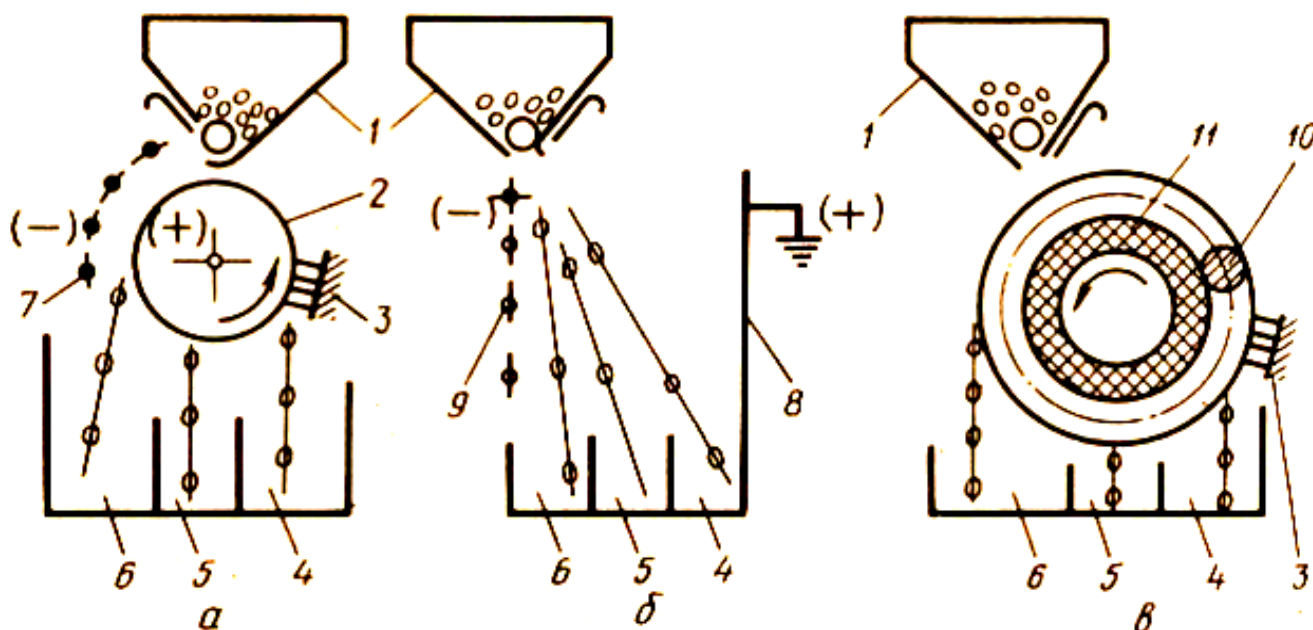
Частица с большей электропроводностью поступают в приемный лоток 6, а с меньшей – в лоток 5. С барабана частицы счищаются щеткой 3.

*Разделение в поле коронного разряда* протекает следующим образом. Между коронирующим 8 (рис. 7.8, б) и перфорированным 9 электродами при высоком напряжении возникает электрический разряд, ионизирующий воздух.

Частицы, поступающие в ионизированную среду, получают различный заряд и отклоняются на разный угол: частицы с меньшей электропроводностью поступают в приемный лоток 6, а с большей - в лотки 4 и 5.

*Диэлектрический метод разделения* применяют для зерновых смесей. Вращающийся барабан представляет собой изолятор 11 (рис. 7.8в), на который намотаны в один слой перпендикулярно к его оси вращения два изолированных проводника с чередующейся полярностью (бифилярная обмотка 10). Между

ними образуется электрическое поле, поляризующее расположенные между ними частицы. Последние взаимодействуют с внешним полем и притягиваются к барабану.



1 – бункера; 2 – барабан; 3 – щётки; 4...6 – лотки; 7 – отрицательно заряженный электрод; 8 и 9 – коронирующий и перфорированный электроды; 10 – бифилярная обмотка; 11 – изолятор.

Рисунок 7.8 – Схемы устройств для разделения материала по электрическим свойствам: *а* – в статическом поле; *б* – в поле коронного разряда; *в* – по диэлектрической проницаемости

Сила взаимодействия зависит от диэлектрической проницаемости частиц. При меньшей проницаемости частица раньше отрывается от поверхности барабана, а при большей - позже. Первые поступают в лоток *б*, а вторые - в лотки *4* и *5*.

Электрическими методами можно очистить зерновой материал от проросших примесей и дефектных семян, выделить из пшеницы куколь, овсюг, а из семян овощных культур - карантинные и другие сорняки.

Устройства, в которых используют электростатическое и коронное поля, сложнее сепараторов с бифилярной обмоткой, для их питания требуется более высокое (в 3...7 раз) напряжение (30...70 кВ).

### Разделение семян решетками и ячеистыми поверхностями.

При проектировании семяочистительной машины или при разработке рациональных технологических процессов очистки семян ряда культур вопросы очистки семян от засорителей могут быть решены на основе имеющихся вариационных кривых, характеризующих размеры семян и засорителей. Пользуясь вариационными кривыми, сперва проверяют возможность разделения по толщине, затем по ширине и после этого - по длине. Такая последовательность принимается потому, что решетка с продолговатыми отверстиями более производительна, чем решетка с круглыми отверстиями, а при делении по длине используются наименее производительные и в то же время более дорогие устройства.

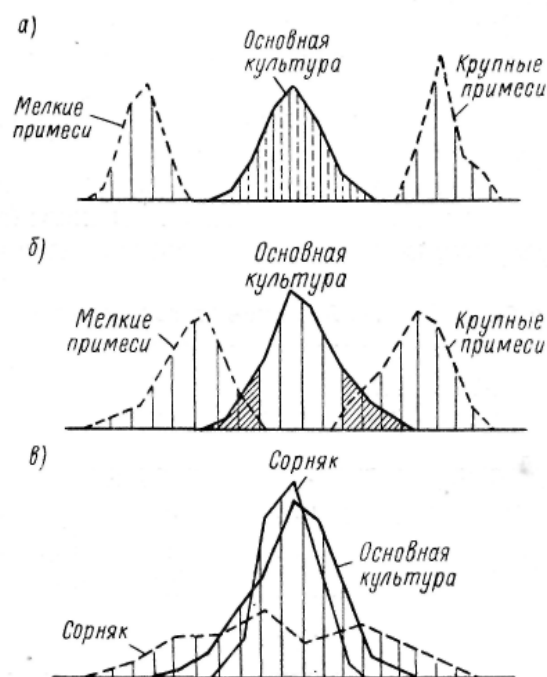


Рисунок 7.9 – Характеристика соотношения между размерами семян основной культуры и примесей

Если вариационные кривые, характеризующие изменение данного размера (толщины, ширины или длины) семян основной культуры и примесей, не перекрываются (рис. 7.9, а), то возможна полная очистка семян основной культуры от примесей.

Когда вариационные кривые основной культуры и сорняков перекрывают друг друга (рис. 7.9, в), то отделение примесей по данному размеру невозможно.

При частичном перекрытии вариационных кривых (рис. 7.9, б) полное отделение примесей возможно при условии отхода части семян основной культуры с примесями. Рабочие размеры, по которым производится в этих случаях разделение, назначают такими, чтобы получить требуемую чистоту семян, не превышая допустимых потерь.

## Лекция 8. Зерносушилки и комплексы для доработки зерна

Вопросы:

1. Способы сушки и агротехнические требования.
2. Классификация зерносушилок.
3. Барабанные зерносушилки.
4. Шахтные зерносушилки.
5. Оборудование для активного вентилирования зерна.
6. Комплексы для послеуборочной обработки зерна.

### 1 Способы сушки, и агротехнические требования

*Способы сушки.*

Согласно агротехническим требованиям на длительное хранение следует засыпать зерно влажностью до 14%. С увеличением влажности возрастает интенсивность дыхания зерна, увеличивается выделение теплоты и происходит самосогревание массы. При этом усиливаются процессы брожения, развиваются бактерии и плесень, качество зерна снижается.

Влажность свежесобранного зерна нередко достигает 20...35%. Такое зерно необходимо в короткий срок высушить, доведя его влажность до кондиционной.

Существует два способа сушки зерна:

- *естественный;*
- *искусственный.*

При естественной сушке зерно рассыпают на току слоем 10...15 см и периодически перелопачивают или перебрасывают с места на место зернопультотом, зернометателем или зернопогрузчиком.

Естественную сушку применяют при влажности зерна не более 20 %.

Для активного вентилирования зерно помещают в напольные или бункерные установки и пропускают через неподвижный слой зерна атмосферный воздух.

Активным вентилированием предотвращают самосогревание зерна и удаляют испарившуюся влагу.

При искусственной сушке зерно помещают в зерносушилки и нагревают до установленной температуры. При нагреве зерна влага испаряется и в виде пара удаляется в окружающую среду.

Интенсивность испарения влаги зависит от температуры нагрева зерна.

Температура нагрева зерна зависит от следующих факторов:

- от температуры теплоносителя (количество сжигаемого топлива и подача атмосферного воздуха в теплоноситель);
- от скорости теплоносителя;
- от экспозиции сушки (времени пребывания зерна в сушильной камере).

Температура нагрева зерна при сушке ограничивается его термостойкостью, т.е. предельно допустимой температурой нагрева, при которой сохраняются семенные и хлебопекарные качества зерна.

Допустимая температура нагрева зерна зависит от культуры, сорта, влажности и продолжительности его пребывания в нагретом состоянии.

Существует несколько способов нагрева и сушки зерна.

*Конвективный способ.*

При таком способе теплота необходимая для нагрева зерна передается ему конвекцией от движущегося газообразного теплоносителя (агента сушки). Контактная с агентом сушки, зерновая масса нагревается, при этом влага испаряется и, смешиваясь с отработанными газами, уносится в атмосферу.

*Кондуктивный (контактный) способ.*

При таком способе теплота передается зерну от нагретой поверхности путем кондукции (теплопроводности). Для такого способа характерен неравномерный нагрев зерна в слое. Семена, контактирующие с нагретой поверхностью, нагреваются сильнее, чем удаленные.

### *Излучение.*

Теплота передается зерну лучистой энергией нагретого тела (инфракрасными лучами), не имеющего непосредственного контакта с зерном.

### *Электрический способ.*

Зерно повышают в поле токов высокой частоты (ТВЧ) между двумя пластинами конденсатора. Молекулы зерна поляризуются и приводятся в колебательное движение. Колебания сопровождаются трением частиц и нагревом материала. Такой способ обеспечивает быстрый и равномерный нагрев зерновой массы, сопровождающийся интенсивным испарением влаги, однако требует больших затрат энергии.

### *Сорбционный способ.*

При таком способе влажное зерно смешивают с влагопоглотителем (селикагелем, хлоридом калия, опилками и др.), который впитывает в себя выделенную из зерна влагу. В последующем сорбент отделяют от зерна, высушивают и снова используют. Такой способ применяют для сушки семян с низкой термостойкостью (горох, бобы и др.).

Большую часть зерна сушат конвективно-контактным способом в зерносушилках периодического или непрерывного действия в неподвижном, подвижном и псевдооживленном слое зерновой массы.

Зерносушилки бывают:

- стационарные;
- передвижные;

По конструкции сушильных и охлаждающих камер сушилки бывают:

- барабанные;
- шахтные;
- колонковые;
- карусельные;
- конвейерные;
- бункерные.

*Агротехнические требования.*

Температура теплоносителя в барабанных сушилках:

- продовольственного зерна – 180...200°C, нагрев до 55°C;
- семян – 100...160°C, нагрев до 48°C.

В шахтных сушилках:

- продовольственного зерна – 100...140°C, нагрев до 55°C;
- семян – 65...70°C, нагрев до 45°C.

Неравномерность нагрева зерна в процессе сушки – не более 3...4°C.

Неравномерность влажности высушенного зерна до 15% допускается  $\pm 1\%$ .

Влажность зерна за один проход через сушилку можно снизить:

- в барабанных сушилках с 25 до 17%;
- в шахтных сушилках с 25 до 19%.

Зерно после сушки необходимо охладить до температуры, превышающей температуру атмосферного воздуха не более чем на 10...15°. Нагретое зерно закладывать на хранение запрещается, так как оно может погибнуть или потерять товарные качества.

Конвективный способ получил наибольшее применение в сельскохозяйственном производстве.

## **2 Классификация зерносушилок**

Схема классификации сушильных устройств приведены на (рис. 8.1)

По конструкции сушильной камеры зерносушилки различают на шахтные, барабанные, камерные, пневмотрубные и конвейерные зерносушилки. При этом они могут быть одно- и двухшахтные, одно- и двухбарабанные. Камерные сушилки состоят из нескольких, иногда до десяти и более параллельно работающих камер.

*Сушилки лоткового типа* бывают стационарные или передвижные. Последние могут использоваться для сушки зерна непосредственно в поле у комбайна.



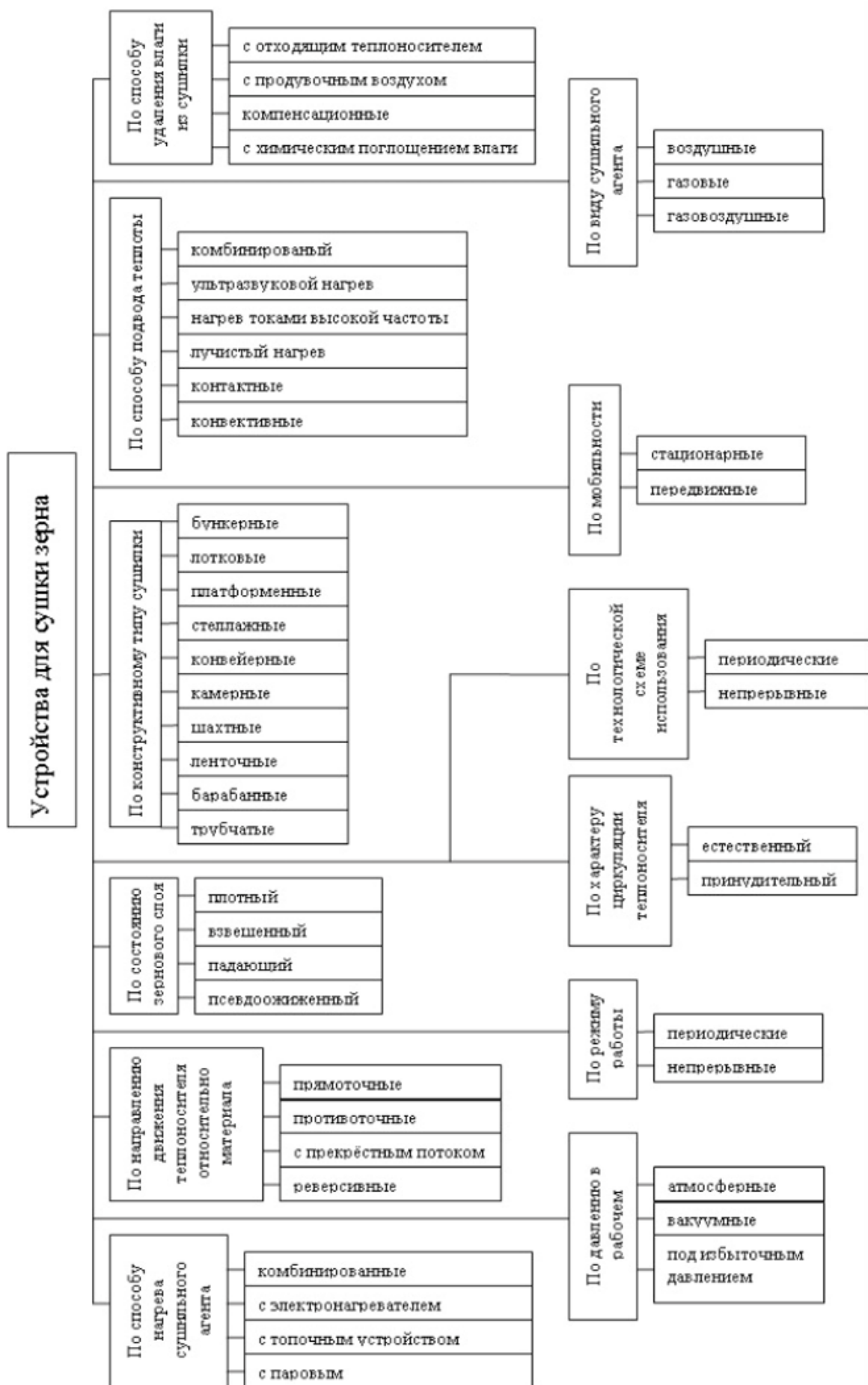


Рисунок 8.1 – Схема классификации устройств для сушки зерна

Основной конструктивный элемент сушилок лоткового типа - один или несколько лотков с дном из перфорированного листа. Сушилка оборудована топкой для получения горячих газов и вентилятором.

*В камерной сушилке* зерно засыпают в пространство между двумя перфорированными цилиндрами. Направление нагнетаемого горячего сушильного агента показана на (рис. 8.2, б) стрелками.

*Ленточную (конвейерную) сушилку* используют для сушки зерна, овощей, плодов и др. Материал располагают на перфорированной стальной ленте или сетке, которая приводится в движение периодически или непрерывно. Сушильный агент поступает снизу.

*Шахтные сушилки* используют для сушки зерна. Шахты бывают жалюзийные, колонковые и с коробами. Зерно движется сверху вниз под действием собственного веса.

Сушильный агент поступает в поперечном направлении. Короба, подводящие теплоноситель, обозначены знаком (+), отводящие - знаком (-).

Просушенное зерно проходит камеру охлаждения и поступает в бункер.

Снижение влажности за один цикл сушки составляет 6... 12%; температура теплоносителя 70... 150 °С; расход теплоты - от 5030 до 5870 кДж на 1 кг испаренной влаги.

*В барабанной зерносушилке* основной конструктивный элемент - наклонный медленно вращающийся барабан (4...9 мин<sup>-1</sup>), в котором имеются лопасти, захватывающие и пересыпающие просушиваемый материал, пронизываемый теплоносителем. Основные характеристики барабанных зерносушилок следующие: снижение влажности за один цикл сушки 5...8%, расход теплоты в среднем 6280 кДж на 1 кг испаренной влаги, температура теплоносителя 150 ... 250 °С. Сушилки используют также для сушки семян трав, зеленой массы клевера и люцерны.

*В вибрационных сушилках* перфорированные лотки, расположенные в несколько рядов один над другим, приводятся в колебательное движение. Теплоноситель, подаваемый снизу, пронизывает слои зерна.

При сушке зерна в «кипящем» слое скорость теплоносителя должна быть 1...2 м/с. В этом случае вес отдельных зёрен уравнивается подъёмной силой потока воздуха и слой зерна переходит в псевдосжиженное состояние, напоминающее кипящую жидкость. В так называемом кипящем слое происходит перемешивание зёрен и тем самым создаются хорошие условия для тепломассообмена в процессе сушки.

*В пневматических сушилках* зерно движется в потоке теплоносителя в трубе-сушилке. Продолжительность сушки за один проход невелика (при высоте трубы в 14 м продолжительность 5...6 с), поэтому снижение влажности незначительно. Для обеспечения требуемого снижения влажности мелкодисперсного материала процесс должен быть неоднократно повторен.

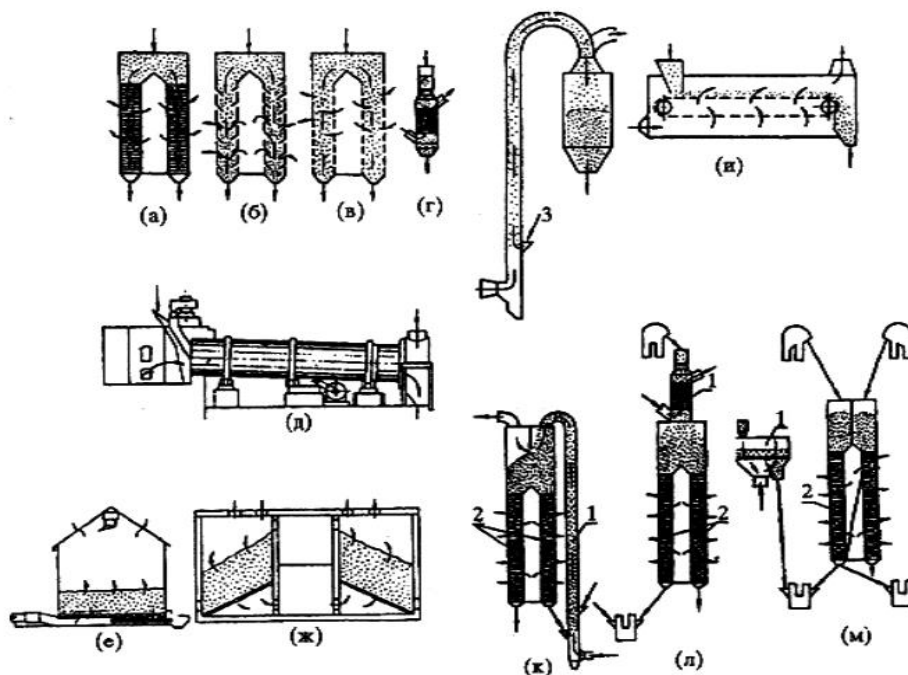
*Пневмогазовые сушилki* оборудованы пневматическими трубами с рециркуляцией зерна, что позволяет увеличить длительность процесса сушки. После кратковременного (2...5 с) нагрева в трубе-сушилке зерно поступает в охладительную камеру, состоящую из зон промежуточного (на схеме справа) и окончательного охлаждения (слева). Сушка зерна обеспечивается после многократного повторения циклов нагрева и охлаждения с рециркуляцией (из зоны промежуточного охлаждения зерно возвращается в сушильную трубу). Температура теплоносителя в трубе 230...280°С, расход теплоты 6500 кДж на 1 кг испаренной влаги.

Лотковые, камерные и конвейерные сушилki - установки периодического действия. Они просты по устройству и в эксплуатации, но малопроизводительны и неэкономичны.

Шахтные, барабанные и вибрационные сушилki - установки с подвижным слоем зерна. В этих установках скорость движения теплоносителя меньше скорости движения материала, подлежащего сушке.

В сушилках с «кипящим» слоем скорость движения теплоносителя меньше или равна скорости движения зерна, а в установках с сушкой зерна во взвешенном состоянии она намного выше и изменяется (в зависимости от размеров частиц) от 10 до 30 т/с.

Принципиальные схемы сушильных камер приведены на (рис. 8.2).



а) – шахта с воздухораспределительными коробами; б) – шахта с жалюзийными стенками; в) – шахта с сетчатыми стенками; г) – шахта с тормозящими элементами; д) – барабан; е) – камера с сетчатым дном; ж) – камера с решетчатым дном; з) – пневмотруба; и) – контейнер сетчатый

Рисунок 8.2 – Схемы сушильных камер

По принципу работы сушилки делят на *периодического и непрерывного* действия. В первом случае зерно загружают в рабочую камеру, высушивают без перемещения зерна и по достижении требуемой влажности выгружают. Они бывают с *продольным расположением* (коридорного типа) и с *поперечным расположением* камер (секционно-блочного типа). Во втором случае зерно непрерывно перемещается от места загрузки к месту его выпуска.

По конструктивному исполнению различают *стационарные и передвижные* сушилки.

По технологической схеме зерносушилки могут быть *прямочные и рециркуляционные*. В первых сушилках зерно проходит через сушильную

камеру один раз. Во-вторых имеется устройство для возврата части просушенного зерна и смешивания его со свежим зерном, поступающим на сушку.

К конвективным способам сушки относится и активное вентилирование, заключающееся в продувании атмосферным воздухом объекта сушки.

Интенсифицировать процесс сушки можно путём подогрева наружного воздуха на 10...12°C, однако его температура не должна превышать 30...35°C, так как это приводит пересушиванию нижних слоёв или увеличению удельной подачи воздуха. Для подогрева воздуха целесообразно использовать солнечную энергию.

### **3 Барабанные зерносушилки**

*Зерносушилка СЗСБ – 8А.*

Зерносушилка предназначена для сушки семенного и фуражного зерна любой исходной влажности и засоренности. Сушилку используют в составе зерноочистительно-сушильных комплексов КЗС – 25Б.

При работе сушильный барабан вращается с частотой 8 мин<sup>-1</sup> приводной станцией 22.

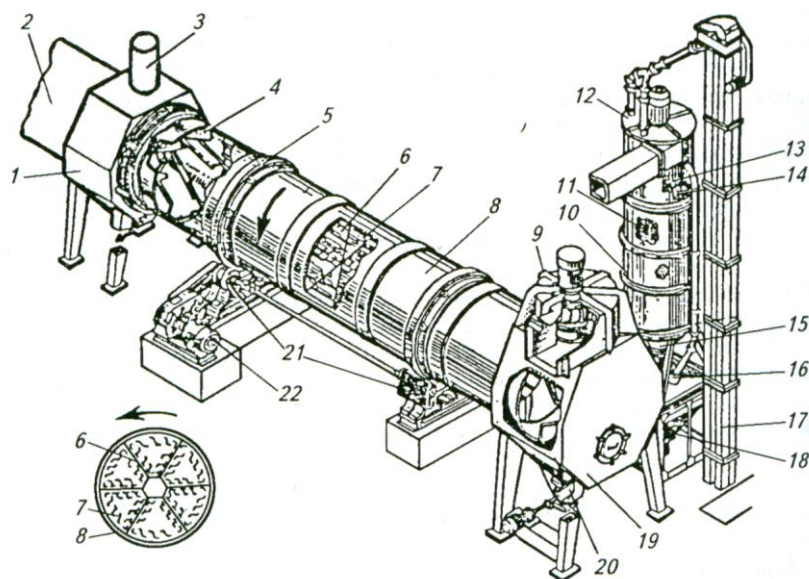
Скорость испарения влаги зависит от температуры нагрева зерна, которую можно поднимать лишь до значений, допустимых агротехническими требованиями.

Перегрев зерна приводит к денатурации белка, отмиранию протоплазмы и гибели зерна как живого организма.

*Регулировки.*

На температуру нагрева зерна влияют:

- температура теплоносителя;
- скорость теплоносителя (дроссельной заслонкой вентилятора 9);
- экспозиция сушки (выгрузным устройством камеры 19).



1 – переходник; 2 – топочный блок; 3 – загрузочная труба; 4 – лопасть; 5 – кольцо-бандаж; 6 – крестовина; 7 – полочка; 8 – сушильный барабан; 9, 12 – вентиляторы; 10,11 – цилиндры; 13, 14 – датчики уровня; 15 – конус; 16, 20 – шлюзовые затворы; 17 – нория; 18 – бункер; 19 – выгрузная камера; 21 – ролики; 22 – приводная станция.

Рисунок 8.3 – Схема зерносушилки СЗСБ – 8А

Производительность зерна при снижении влажности зерна с 20 до 14% составляет 10 т/ч. Суммарная мощность электродвигателей 38 кВт. Удельный расход условного топлива 12,8 кг/ч.

#### *Передвижная барабанная сушилка СЗПБ – 2,5.*

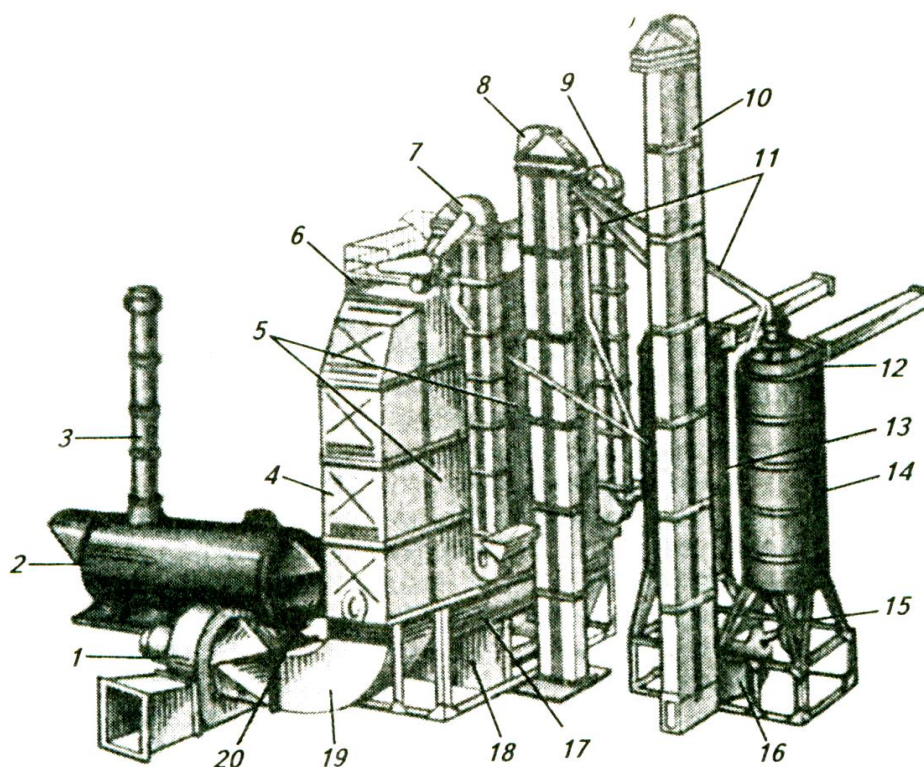
Сушилка снабжена ходовыми колесами, может перемещаться с одного места на другое. Устройство и рабочий процесс аналогичен сушилке СЗСБ – 8А. Охлаждающая колонка выполнена, как и сушильный барабан, только в нее подается холодный воздух.

Производительность сушилки на сушке продовольственного зерна пшеницы при снижении влажности зерна на 6% за один пропуск составляет 2,3 т/ч.

#### 4 Шахтные зерносушилки

Шахтные зерносушилки в отличие от барабанных требуют более тщательной очистки зернового материала от посторонних примесей. Их нельзя использовать для сушки малосыпучего вороха, например вороха семенников трав, льна, а также сильно засоренного вороха зерновых культур.

*Зерносушилка СЗШ – 16А.*

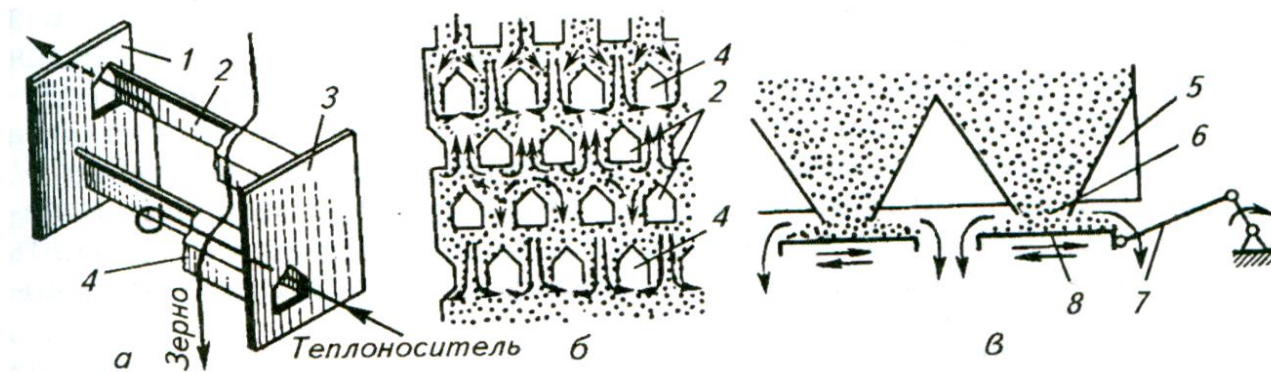


1, 12 – вентиляторы; 2 – топка; 3 – выпускная труба; 4 – диффузор; 5 – сушильные камеры; 6, 16, 18 – бункера; 7...10 – нории, 11 – зернопроводящие трубы; 13, 14 – охлаждающие колонки; 15 – шлюзовой затвор; 17 – разгрузочное устройство; 19 – патрубок; 20 – трубопровод.

Рисунок 8.3 а – Схема зерносушилки СЗШ – 16А

*Устройство коробов (а), схемы движения зерна, теплоносителя (б) и разгрузки зерна (в) (рис. 8.4).*





1, 3 – стенки шахты; 2, 4 – соответственно отводящие и подводящие короба; 5 – коробка; 6 – окно для выпуска зерна; 7 – кривошипно-шатунный механизм; 8 – пластина каретки.

Рисунок 8.4 - Схемы движения зерна и теплоносителя

Зерносушилка используется в очистительно-сушильных комплексах для сушки продовольственного, семенного и фуражного зерна зерновых и крупяных культур.

Производительность на сушке продовольственного зерна пшеницы при снижении влажности с 20 до 14% составляет 20 т/ч.

На температуру нагрева зерна влияют следующие факторы:

- Температура теплоносителя (подача сжигаемого топлива в топку 2 и холодного воздуха в теплоноситель);

- Скорость теплоносителя (поворот жалюзи в патрубке 19). Скорость теплоносителя должна быть меньше критической скорости зерна; в противном случае зерно может уноситься теплоносителем.

- Скорость движения зерна в шахте (экспозиция сушки). Регулируют с помощью разгрузочного устройства.

- Зазор между пластинами каретки 8 и выпускными окнами 6 изменяют в пределах 0...20 мм, поднимая и опуская каретку.

- Амплитуду колебания каретки регулируют в пределах 0...20 мм, изменяя радиус кривошипа в механизме привода каретки 7.



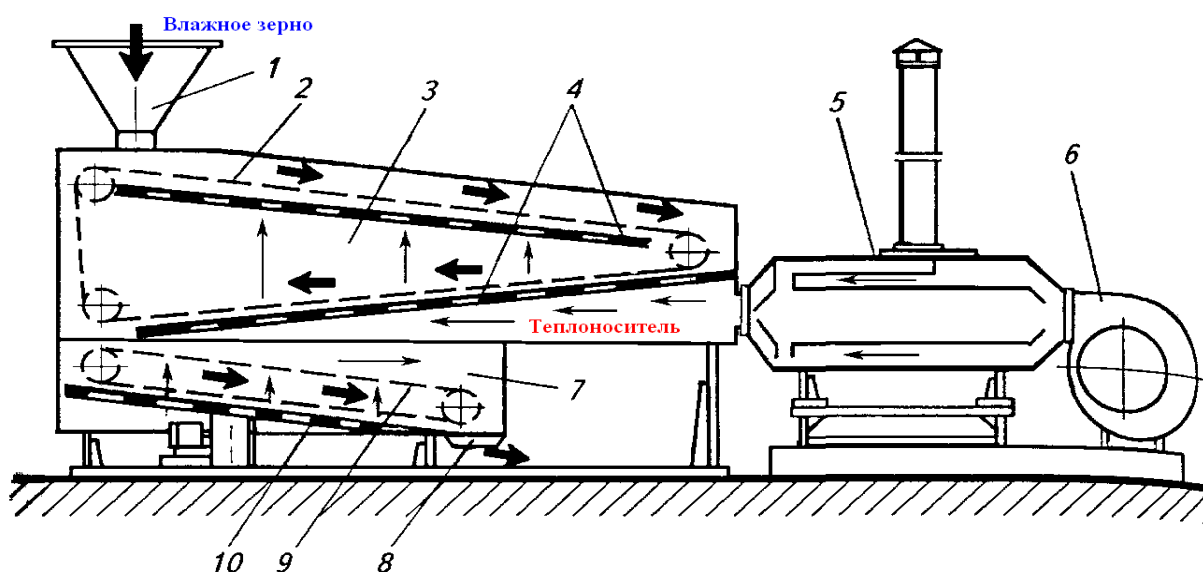
Сушилка С – 20 предназначена для сушки предварительно очищенного зернового вороха зерновых, зернобобовых и масличных культур с исходной влажностью до 35% и содержанием сорной примеси не более 3%.

Устройство, принцип действия и регулировки аналогичны сушилке СЗШ – 16А.

Производительность на сушке продовольственного зерна пшеницы при снижении влажности с 20 до 14% составляет 20 т/ч.

Сушилки С – 10; С – 30; С – 40 по конструкции аналогичны сушилке С – 20. Их производительность соответственно равна 10, 30 и 40 т/ч.

Конвейерная сушилка УСК – 2 предназначена для сушки продовольственного и фуражного зерна зерновых, зернобобовых, масличных, крупяных и других культур, а также слабосыпучего семенного вороха трав.



1 – бункер; 2, 9 – транспортеры; 3 – сушильная камера; 4, 10 – решета; 5 – теплогенератор; 6 – вентилятор; 7 – охлаждающая камера; 8 – выгрузной канал;

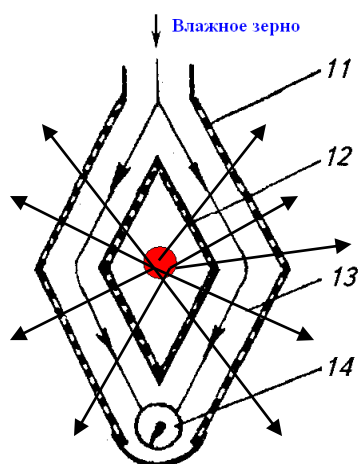
Рисунок 8.5 - Схема сушилки УСК – 2

Режим сушки регулируют, изменяя температуру теплоносителя и скорость транспортера 2 сушильной камеры 3.

Производительность при сушке фуражного зерна 4 т/ч.

### Ромбическая сушилка.

Предназначена для сушки фуражного, продовольственного и семенного зерна. Они бывают передвижные. Производительность сушилок в зависимости от длины сушильной камеры составляет 5...25 т/ч.



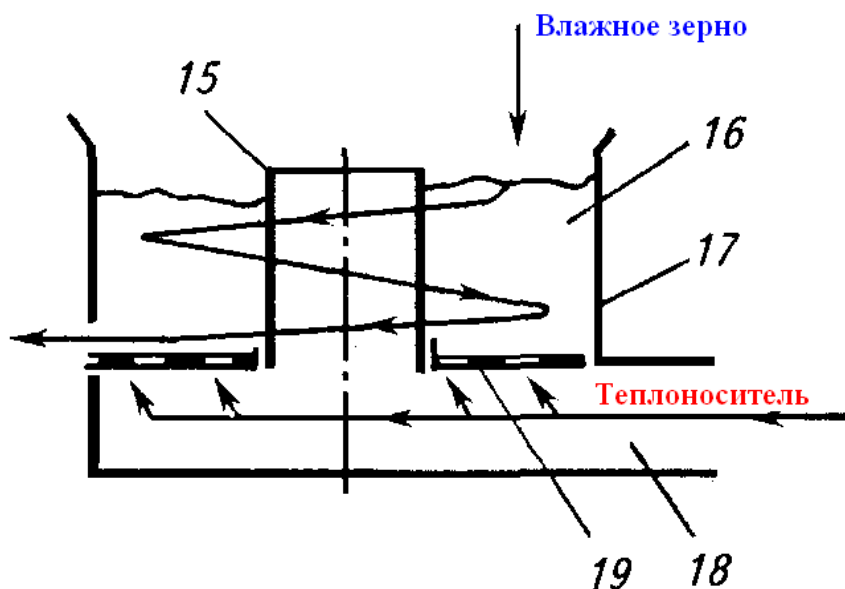
11, 12 – перфорированные стенки; 13 – сушильная камера; 14 – шнек.

Рисунок 8.6 - Схема ромбической сушилки

### Карусельная зерносушилка СКЗ – 8.

Предназначена для сушки зерна зерновых и зернобобовых культур с исходной влажностью до 35%.

Производительность при сушке продовольственного зерна пшеницы при снижении влажности с 26 до 14% составляет 5 т/ч.



15, 17 – ограждения; 16 – сушильная камера; 18 – воздуховод; 19 – решетчатая платформа.

Рисунок 8.7 - Схема карусельной сушилки

## 5 Оборудование для активного вентилирования зерна

Для активного вентилирования зерна применяют воздухораспределительные устройства, вентиляторы, электрокалориферы, передвижные воздухоподогреватели, вентилируемые бункера и напольные сушилки. Эффективность активного вентилирования как способ сушки обеспечивается при температуре воздуха 30...35°. При нагреве снижается относительная влажность воздуха.

*Воздухоподогреватель ВПТ – 600А.*

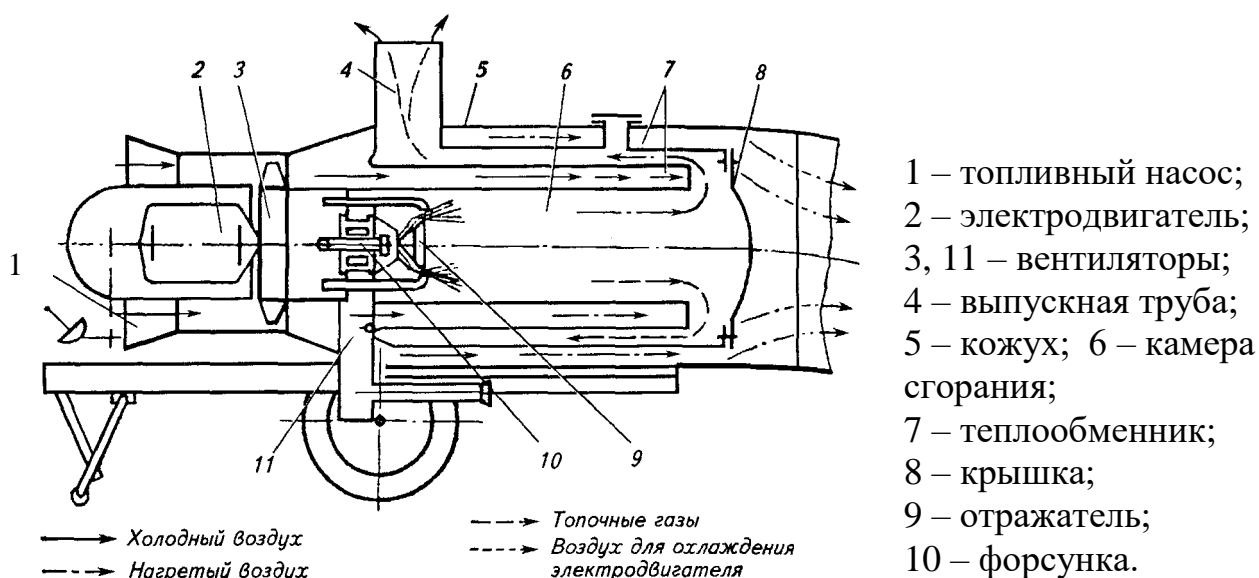


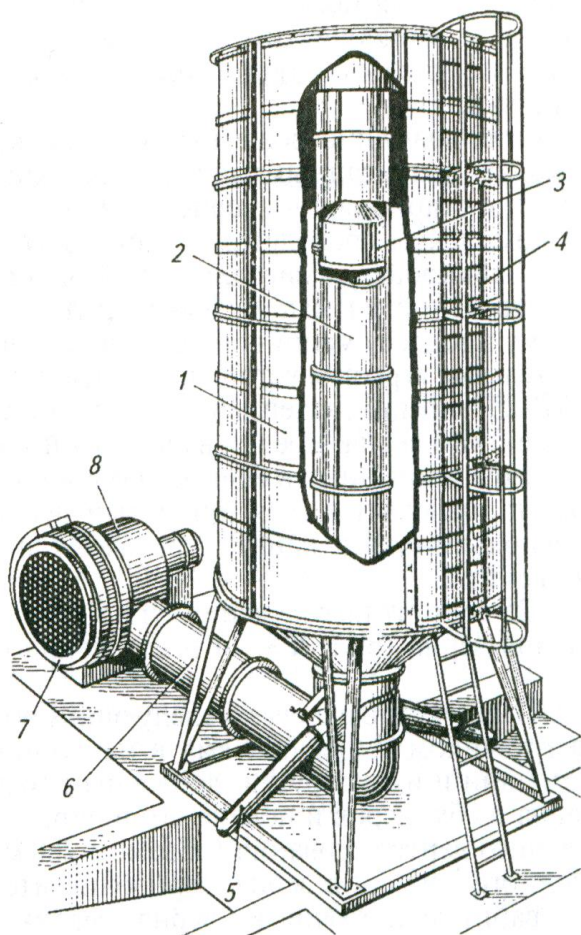
Рисунок 8.8 - Схема воздухоподогревателя ВПТ – 600А

Воздухоподогреватель предназначен для нагрева атмосферного воздуха (при сушке зерна) или образования его смеси с горячими газами.

Температуру подогрева воздуха (до 60°С) и расход топлива регулируют, изменяя давление в нагнетательном топливопроводе и заменяя распылители форсунки. Производительность воздухоподогревателя 40 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

*Бункер активного вентилирования БВ – 25 (40).*

Используют для временной консервации и подсушки зернового вороха, или хранения очищенного и высушенного зерна.



Кольцевое пространство между внутренним 2 и наружным 1 цилиндрами заполняется зерном.

Во внутреннем цилиндре на тросе подвешен воздушный клапан 3, который можно поднимать и опускать лебедкой в зависимости от заполнения кольцевого пространства зерном. Если влажность зерна менее 22%, бункер загружается полностью, при влажности зерна 28...30% его заполняют наполовину.

1, 2 – соответственно наружный и внутренний перфорированные цилиндры; 3 – воздушный клапан; 4 – лестница; 5 – выгрузной лоток; 6 – воздуховод; 7 – электродвигатель; 8 – вентилятор.

Рисунок 8.9 – Вид бункера активного вентилирования БВ – 25

Во всех случаях верхний край клапана 3 должен быть ниже уровня зерна на 20 см у внутреннего цилиндра 2.

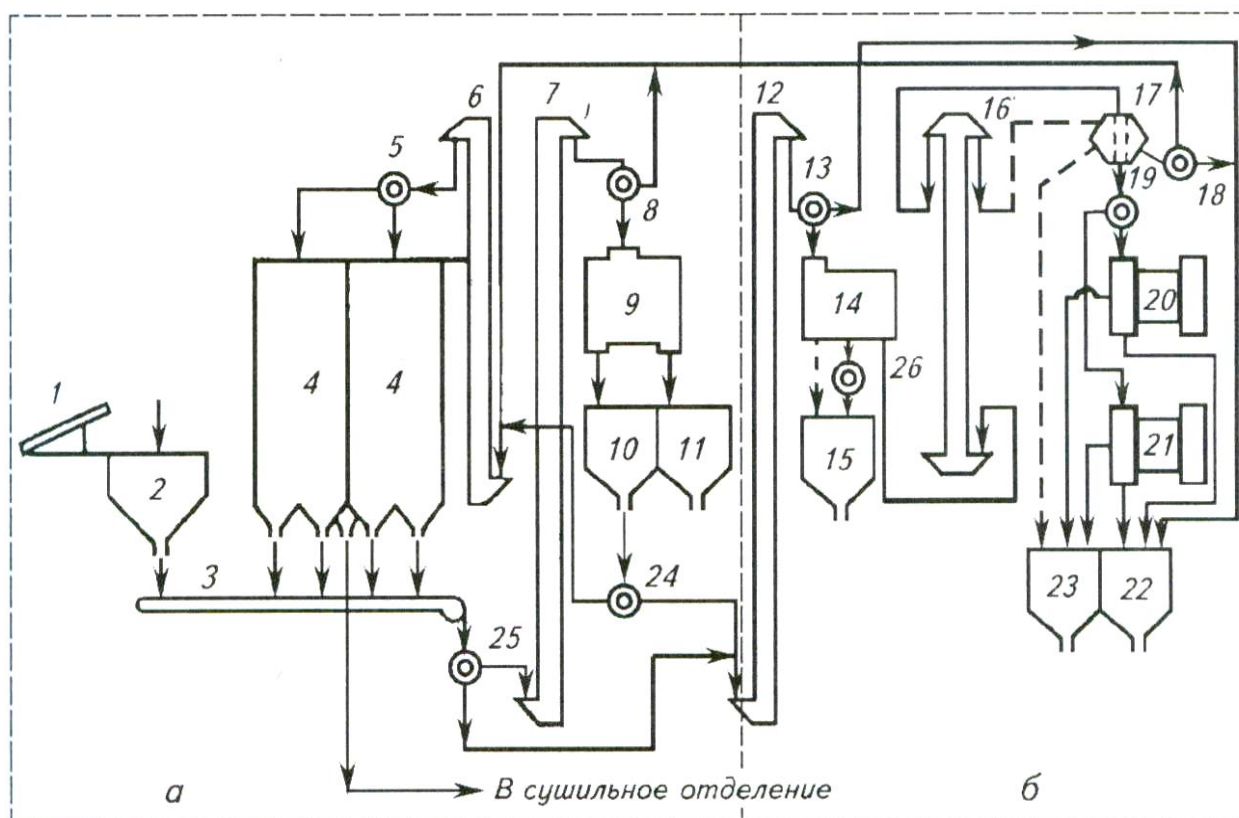
Воздух нагнетается вентилятором 8 во внутренний цилиндр и через отверстия внутреннего цилиндра 2, слой зерна и отверстия наружного цилиндра 1 выходит в атмосферу. При этом происходит проветривание и подсушивание зерна.

Из четырех таких бункеров составляют отделение вентилируемых бункеров ОБВ – 100 (160), которые могут использоваться отдельно или в составе зерноочистительно-сушильных комплексов.

Продолжительность хранения зерна влажностью 24...30% в вентилируемых бункерах должна быть не более 1 суток.

## 6 Комплексы для послеуборочной обработки зерна

Чтобы получить кондиционное продовольственное и семенное зерно с минимальными затратами труда, зерно нормальной влажности, выгруженное из бункера комбайна, обрабатывают на зерноочистительных агрегатах ЗАВ – 25; ЗАВ – 40; ЗАВ – 50 и др.



*а* – отделение приема и хранения зерна; *б* – отделение очистки зерна; 1 - автомобилеразгрузчик; 2 – бункер – дозатор; 3 – транспортер; 4, 10, 11, 15, 22, 23 – бункера; 5, 8, 13, 17, 18, 19, 24, 25, 26 – распределители; 6, 7, 12, 16 – нории; 9 – машина МПО – 50; 14 – машина для первичной очистки зерна ЗВС – 20А; 20, 21 триерные блоки.

Рисунок 8.10 - Технологическая схема зерноочистительного агрегата ЗАВ – 25

Зерно повышенной влажности пропускают через зерноочистительно-сушильные комплексы КЗС – 25Ш; КЗС – 25Б; КЗС – 40 и КЗС – 50. Семенное зерно дополнительно обрабатывают на семяочистительной приставке СП – 10А, пристраиваемой к агрегатам и комплексам.

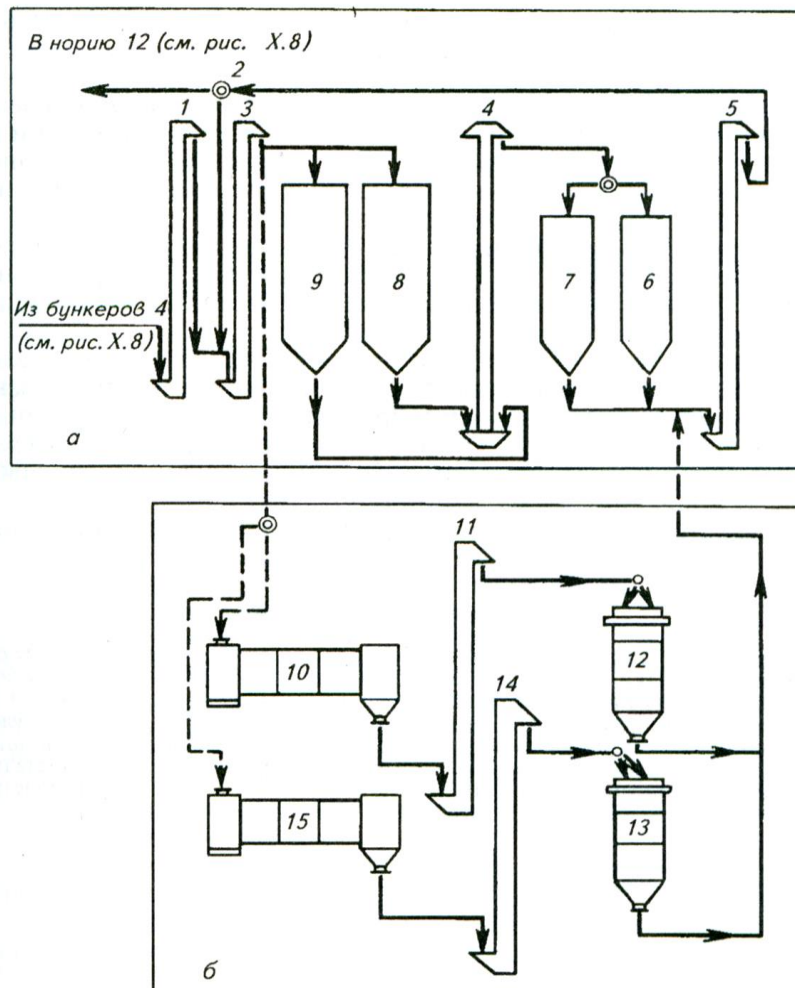
*Зерноочистительный агрегат КЗС – 25.*

***Зерноочистительно-сушильный комплекс КЗС – 25Ш (КЗС – 25Б).***

Зерноочистительно-сушильные комплексы предназначены для послеуборочной поточной обработки зерновых, зернобобовых и масличных культур в увлажненных зонах страны. Комплексы состоят из агрегатов ЗАВ, сушильного отделения и соединяющих их транспортеров, норий, распределителей, самотечных труб.

*Комплекс КЗС – 25Ш* составлен из агрегата ЗАВ – 25 и зерносушилки СЗШ – 16А.

*Комплекс КЗС – 25Б* составлен из агрегата ЗАВ – 25 и зерносушилки СЗСБ – 8А.



*а* – КЗС – 25Ш; *б* – КЗС – 25Б; 1, 3, 4, 5, 11, 14 – нории; 2 – распределитель; 6, 7, 12, 13 – охлаждающие колонки; 8, 9 – сушильные шахты; 10, 15 – сушильные барабаны.

Рисунок 8.11 - Технологическая схема зерноочистительно-сушильного отделения комплекса КЗС – 25Ш

*Семяочистительная приставка СП – 10А* включает в себя семяочистительную машину СВУ – 5А, пневматический сортировальный стол ПСС – 5, весовыбойный аппарат и мешкозашивочную машину ЗЗЕ – М.

Приставка предназначена для вторичной очистки и сортирования семян зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных и масличных культур с доведением их по чистоте до норм I и II классов.

Производительность приставки при обработке семян пшеницы 12 т/ч.



## Список литературы

1. Комбинированные агрегаты для обработки почвы фирмы "Kwerniland". [www.kverniland.com](http://www.kverniland.com)
2. Кормо-зерноуборочная техника фирмы "KLAAS" 2006г. [www.claas.com](http://www.claas.com).
3. Корпорация "BEXA" Итальянская фирма "SFODGGIA". [www.sfoggia.com](http://www.sfoggia.com)
4. Красноярский завод комбайнов. [www.krasnojarsk.com](http://www.krasnojarsk.com)
5. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1989. 672 с.
6. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины: методические указания для самостоятельного изучения дисциплины. Для бакалавров вузов по направлению 110800.62 Агроинженерия. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. 30 с.
7. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник тестовых заданий для контроля знаний по дисциплине: методическое пособие. Ч. II. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 137с.
8. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник тестовых заданий для контроля знаний по дисциплине: методическое пособие. Ч. III. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 83 с.
9. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник тестовых заданий для контроля знаний по дисциплине: методическое пособие. Ч. I. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 123 с.
10. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник задач и тестов: учебное пособие. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. 100 с.
11. Кузнецов В.В. Учебное пособие к практическим занятиям по сельскохозяйственным машинам. Ч. 1. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 73 с.
12. Кузнецов В.В. Учебное пособие к практическим занятиям по сельскохозяйственным машинам. Ч. 2. Брянск.: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 99 с.
13. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зотов и др. М.: Колос, 1986. 688 с.



14. Новые агротехнологии. Каталог продукции KUHN. М.: KUHN, 2006. 177 с.
15. Ожерельев В.Н., Ожерельева М.Н. Машины для уборки зерна: учебно-методическое пособие по дисциплине сельскохозяйственные машины: диск. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010.
16. Опрыскиватели ООО "КАЗАНЬСЕЛЬМАШ" [www.kazansm.ru](http://www.kazansm.ru)
17. Оптимальное сочетание: техника, технологии, финансирование. М.: ЛБР групп, 2008. 138 с.
18. Оптимальные технологии заготовки кормов фирмы "KRONE". [www.krone-rus.ru](http://www.krone-rus.ru)
19. Почвообрабатывающая техника фирмы "KOCKERLING" [www.kockerling.de](http://www.kockerling.de)
20. Практикум по сельскохозяйственным машинам / А.И. Любимов, З.И. Воцкий, В.В. Бледных и др. М.: Колос, 1997. 191 с.
21. Пресс-подборщик рулонный ППР-120 «Pelikan»: руководство по эксплуатации, каталог деталей и сборочных единиц. Ростов н/Д., 2012. 157 с.
22. Пресс-подборщик тюковый ППТ-041 «Тукан»: руководство по эксплуатации и каталог запасных частей. Ростов н/Д., 2011. 138 с.
23. Программа продукции DEUTZ FAHR. М.: ЕвроАгропоставка, 43 с.
24. Программа техники фирмы "KRONE на 2013-2014 г. [www.krone-rus.ru](http://www.krone-rus.ru)
25. Сельскохозяйственная техника из Европы. Выборочный каталог. М.: «ЭкоНива-Техника», 2008. 68 с.
26. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учеб. пособие для вузов. М.: Колос, 1994. 751 с.
27. Сельскохозяйственные машины. Практикум / М.Д. Адиньяев, В.Е. Бердышев, И.В. Бумбар и др.; под ред. А.П. Тарасенко. М.: Колос, 2000. 240 с.
28. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах [Техника для растениеводства]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям: 110301 "Механизация сельского хозяйства" и 110304 "Технология обслуживания и

ремонта машин в АПК" / М.А. Новиков, В.А. Смелик, И.З. Теплинский и др.; под ред. М.А. Новикова. СПб.: Проспект Науки, 2011. 207 с.

29. Сельскохозяйственные машины: практикум / М.Д. Адиянов, В.Е. Бердышев, В.А. Головатюк и др.; под ред. А.П. Тарасенко. М.: Колос, 2000. 240 с.

30. Современная техника для сельского хозяйства России. Орёл, 2007. 92 с.

31. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: учеб. пособие. М.: Росинформагротех, 2003. 340 с.

32. Тенденции развития сельскохозяйственной техники. Научный аналитический обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 164 с.

33. Техника выпускаемая заводом "ROSTSELMASH".  
[www.rostselmash.com](http://www.rostselmash.com)

34. Техника выпускаемая фирмой "AMAZONE" [www.amazone.de](http://www.amazone.de)

35. Техника торгового центра ЛБР-ГРУПП "CASE" "MORRIS" "KUHN" "UNIA" [www.lbr.ru](http://www.lbr.ru)

36. Техника фирмы "KOLNAG". [www.kolnag.ru](http://www.kolnag.ru).

37. Техника фирмы "LEMKEN" [www.lemken.com](http://www.lemken.com).

38. Техника фирмы "VADERSTAD" [www.vaderstad.com](http://www.vaderstad.com).

39. Учебные фильмы по технике выпускаемой ПО "Гомсельмаш"  
[www.gomselmash.by](http://www.gomselmash.by).

40. Халанский В.М., Горбачёв И.В. Сельскохозяйственные машины: учебник для высших учебных заведений. СПб.: ООО "Квадро", 2014. 624 с.

Учебное издание

**Кузнецов Владимир Васильевич**

# **Сельскохозяйственные машины**

**Сборник лекций по дисциплине**

*Часть 5*

Методическое пособие для студентов вузов очного и заочного обучения  
по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия, профили  
образовательной программы «Технические системы в агробизнесе»,  
«Технический сервис в АПК»

Редактор Павлютина И.П.

---

Подписано к печати 03.04.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 8,07. Тираж 25 экз. Изд. №5676.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ