

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Процессы и машины в агробизнесе»

**ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Курс лекций

По направлению подготовки
35.06.04 «Технологии, средства механизации и
энергетическое оборудование в сельском, лесном
и рыбном хозяйстве»

Краснодар
Кубанский ГАУ
2015

Технологии и средства механизации сельского хозяйства:
курс лекций / Труфляк Е.В. – Краснодар: Кубанский ГАУ,
2015. – 121 с.

Курс лекций предназначен для аспирантов по направлению подготовки 35.06.04 «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве»

© ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный университет», 2015

ЛЕКЦИЯ 1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АПК

План лекции:

1.1. Общие понятия

1.2. Краткие исторические сведения развития механизации и автоматизации

1.3. Интеллектуальные системы сельского хозяйства

1.1. Общие понятия

В последние годы в сельском хозяйстве появился новый термин – «Точное земледелие» или «Точное фермерство» («Precision Farming»). Название «Точное сельское хозяйство» пришло к нам также из зарубежной терминологии от английского слова «Precision agriculture».

Один из основоположников методологии точного земледелия, доктор П. Роберт в 1994 году определил его как сельскохозяйственную систему менеджмента, основанную на информации и технологиях для идентификации, анализа и управления с учетом дифференцированных пространственных и временных почвенных вариаций на отдельно взятом поле для оптимизации затрат, повышения устойчивости агроценозов и экологической стабильности производства.

Главная цель точного земледелия при производстве сельскохозяйственных культур – максимизация урожая, финансовых выгод и минимизация вложений капитала, воздействия на окружающую среду.

В основе научной концепции точного земледелия лежат представления о существовании неоднородностей в пределах

одного поля. Для оценки и детектирования этих неоднородностей используются новейшие технологии, такие как системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), специальные датчики, аэро-фотоснимки и снимки со спутников, а также специальные программы для агроменеджмента. Собранные данные используются для планирования посева, расчета норм внесения удобрений и средств защиты растений, более точного предсказания урожайности и финансового планирования.

Точное земледелие – это комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), переменного нормирования (Variable Rate Technology), дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и направленная на получение максимального количества качественной и наиболее дешевой сельскохозяйственной продукции без нарушения норм экологической безопасности.

В зависимости от временного соотношения между сбором информации и применением соответствующих агротехнических мероприятий различают:

- двухэтапные подходы (off-line) или подходы на основе картирования;
- одноэтапные подходы (on-line) или подходы с принятием решений в реальном масштабе времени («real-time») или сенсорные подходы;
- различные комбинации двухэтапных и одноэтапных подходов или сенсорный подход с поддержкой картированием (map overlay).

В Европе используют термин Precision Agriculture как точное сельское хозяйство, а Precision Farming – как точное земледелие.

Подобная терминология в последние годы распространи-

лась и на динамично развивающееся животноводство: точное животноводство (Precision Livestock Farming) с его отраслями – точное молочное скотоводство (Precision Dairy Farming), точное свиноводство (Precision Pork Farming) и точное птицеводство (Precision Poultry Farming).

Применение точного земледелия требует дополнительных затрат, среди которых можно выделить категории:

- затраты на сбор данных (карты, ГСП, сенсоры);
- затраты на менеджмент данных (техника и программное обеспечение);
- затраты на специальную технику для точного выполнения агроприемов и навигацию (ГСП-управляемые машины и оборудование для дифференцированной обработки почвы, посева, внесения удобрений, средств защиты растений и др.).

Большинство современных подходов к экономическому анализу точного земледелия сводится к оценке применения техники точного земледелия и соответствующих технологий при выращивании отдельной сельскохозяйственной культуры. Вместе с тем очевидно, что общий агроэкономический эффект от интеграции технологий точного земледелия в масштабах хозяйства с учетом синергетических эффектов будет более высоким по сравнению с применением отдельных технологических комплексов.

1.2. Краткие исторические сведения развития механизации и автоматизации

Краткая история механизации и автоматизации в сельском хозяйстве представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Краткие исторические сведения

Год	Событие
90-е годы XIX века	Начало механизации сельского хозяйства

1917 г.	Henry Ford & Son Corporation стали производить тракторы типа Fordson
1924 г.	На тракторах появился вал отбора мощности для привода сельхозмашин
1927 г.	Стала применяться гидравлика на тракторах для подъема орудий
1932 г.	Появились резиновые тракторные колеса
1938 г.	Фирмой Massey Harris создан первый самоходный комбайн
70-е годы XX века	Промышленное производство электроники
90-е годы XX века	Начало применения точного земледелия (Япония, США, Европейские страны). Использование навигационной космической аппаратуры GPS для автоматического вождения техники и мониторинга урожайности
1996 г.	Фирма John Deere предложила систему позиционирования DGPS с точностью 1-2 метра, в 2000 г. точность повысилась до 30 см и в 2004 г. – до 10 см.

В историческом плане по использованию электронной техники в мире можно выделить три волны: первая 1940-1980 гг. – когда один компьютер обслуживался несколькими людьми; вторая 1980-2000 гг. – один компьютер – один человек; третья – 2000 г. и будущее – много компьютеров обслуживаются одним человеком.

Многие ученые считают, что требуемая точность для получения проб почвы и подсчета сорняков составляет до 1 м, для внесения ядохимикатов – до 10 см, а для посева семян необходима точность до 1 см.

В настоящее время в мире функционирует несколько навигационных систем: GPS в США, GLONASS в РФ, Galileo в Европе и BeiDou в Китае. В октябре 2011 г. был запущен 24-

й спутник GLONAS S, точность которого до 5 м.

1.3. Интеллектуальные системы сельского хозяйства

Все экономически развитые зарубежные страны производят оборудование для реализации технологии точного земледелия, включающее в себя системы точного вождения сельскохозяйственных агрегатов, картирования и мониторинга урожайности, агрохимического и агрофизического анализа почв, сбора и регистрации различных параметров, управления сельскохозяйственными работами в растениеводстве и др.

За рубежом разработано и постоянно совершенствуется программное обеспечение систем точного земледелия, позволяющее использовать современные информационные коммуникации (Wi-Fi, GSM, GPRS и др.), а также сети Internet.

В России также наблюдается активизация внедрения систем точного земледелия, преимущественно зарубежного производства.

Точное земледелие включает в себя множество составляющих, их условно можно разбить на три группы:

первая – сбор информации о хозяйстве, поле, культуре, регионе;

вторая – анализ информации и принятие решений;

третья – выполнение решений, проведение агротехнологических операций.

Для реализации технологии точного земледелия необходимы современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ и способная дифференцированно проводить агротехнические операции; приборы точного позиционирования на местности (GPS приемники); технические системы, помогающие выявить неоднородность поля (автоматические пробоотборники, различные сенсоры и измерительные комплексы, уборочные машины с автоматическим учетом урожая, приборы дистанционного зондирования сельскохозяйственных посевов и др.). Ядром технологии точного зем-

леделия является программное наполнение (вторая группа), обеспечивающее автоматизированное ведение пространственно-атрибутивных данных картотеки сельскохозяйственных полей, а также генерацию, оптимизацию и реализацию агротехнических решений с учетом вариабельности характеристик в пределах возделываемого поля.

Первая группа достаточно развита в плане технического и программного обеспечения. Активно используются почвенные автоматические пробоотборники, оснащенные GPS-приемниками и бортовыми компьютерами, геоинформационные системы (ГИС) для составления пространственно-ориентированных электронных карт полей, карты урожайности обмолачиваемых культур, получаемые сразу после уборки, дистанционные методы зондирования (ДДЗ), такие, как аэрофотосъемка и спутниковые снимки.

Вторая группа наименее развита, однако на рынке существует ряд зарубежных и отечественных программных продуктов, предназначенных для анализа собранной информации и принятия производственных решений. Большинство составляют программы расчета доз удобрений с элементами геоинформационных систем, например, Agro-Map, Агроменеджер, УрожайАгро, FieldRover II, Agro View и др.

ЛЕКЦИЯ 2

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

План лекции:

- 2.1. Глобальные системы позиционирования
 - 2.2. Географические информационные системы
 - 2.3. Оценка урожайности
 - 2.4. Дифференцированное внесение материалов
 - 2.5. Дистанционное зондирование земли
-

2.1 Глобальные системы позиционирования

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) предназначена для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения поправки показаний часов потребителя ГНСС в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства. Базовым методом определения координат является вычисление расстояния от GPS-приемника до нескольких спутников, расположение которых считается известным. GPS-приемник определяет свое положение в теоретической трехмерной системе координат (x-y-z), затем эти значения конвертируются в координаты широты, долготы и высоты над уровнем моря. Постоянно отслеживая свое местоположение в течение некоторого времени, GPS-приемник может рассчитать скорость и направление движения. Для обеспечения точности вычислений полученный сигнал спутника должен корректироваться с помощью дифференциальной системы позиционирования (DGPS).

С помощью дифференцированного коррекционного сигнала устраняется более 90 % погрешностей, связанных с влиянием атмосферы Земли на спутниковый сигнал, а также вызванных неточностей вычисления времени и высоты орбит спутников.

В настоящее время существует множество широкозонных, региональных и локальных дифференциальных систем. В мире существуют следующие системы дифференциальных поправок: американская WAAS, европейская EGNOS, японские MSAS и QZSS, индийская GAGAN. Эти системы используют геостационарные спутники для передачи поправок всем потребителям, находящимся в зоне их покрытия (2000-5000 км²). Диапазон рабочей зоны региональных систем составляет от 400 до 2000 км². Локальные системы имеют максимальный радиус действия 50-200 км. Сервисы DGPS условно можно разделить на два типа: наземный и спутниковый. Они могут быть бесплатными и платными.

2.2. Географические информационные системы

Географическая информационная система (ГИС) обеспечивает сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. ГИС предназначены для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой и территориальной организацией общества. Они позволяют создавать базы данных с пространственной и семантической информацией.

Геоинформационные технологии – это совокупность приемов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющих реализовать функциональные возможности геоинформационных систем. Они объединяют в себе методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), системы управления

базами данных (СУБД), системы глобального позиционирования (GPS), методы анализа и дешифрирования геоинформации, интернет-технологии, системы картографирования, методы цифровой обработки изображений. Применяются для составления тематических карт хозяйства, таких как карты использования земель, уклонов и экспозиций склонов, климатических и гидрологических условий, типов и характеристик почв, агрохимических данных, текущего состояния растений, урожайности и др. На основе анализа перечисленных карт дается оценка агроклиматических условий данного хозяйства, необходимости внесения удобрений и возможности выращивания конкретной сельскохозяйственной культуры.

2.3. Оценка урожайности

Основным источником информации для составления прогнозов урожайности служат результаты полевых обследований состояния посевов сельскохозяйственных культур и определение урожайности на отдельных участках поля с обязательной географической привязкой полученных данных.

Для измерения урожайности по ходу движения уборочной техники используют специальное оборудование, которое может отражать такие показатели, как урожайность, влажность и масса собранного зерна, обработанная площадь. В состав этого оборудования входят датчики (оптический датчик объема зерна в бункере, датчик влажности зерна, датчик поперечных и продольных отклонений и др.), представляющие собой набор сенсоров, GPS-приемник, электронно-вычислительный модуль определения урожайности, бортовая информационная система, карточка памяти, калибратор. Датчик определяет массу и влажность потока зерна с единицы площади или за единицу времени. GPS-приемник определяет координаты комбайна на поле, которые записываются одновременно с сигналами датчиков урожайности зерна, через определенные промежутки вре-

мени. После обработки данных компьютером создается детальная пространственно-ориентированная карта урожайности убранного поля, с выделенными определенным цветом участками с разной урожайностью. Погрешность при определении урожайности составляет 3-8 %.

Полученная карта используется для выявления проблемных зон и неравномерности урожая в пределах поля, определения количества почвенных проб при последующем агрохимическом обследовании, исследования причин снижения урожайности (дефицит питательных веществ, уплотнение почвы, зараженность сорняками и др.), принятия агрономических и управляющих решений, экономической оценки.

Кроме этого, на карте можно отобразить информацию о влажности зерна, скорости и пути движения комбайна и др. По данным компьютерного мониторинга урожайности составляют план агрохимического обследования полей, на основании которого проводят дифференцированное внесение удобрений и обработку средствами химизации.

2.4. Дифференцированное внесение материалов

Применяется в основном на таких технологических операциях как внесение удобрений и средств защиты растений и предусматривает корректировку нормы внесения питательных веществ и средств защиты растений в зависимости от ситуации на каждом отдельном участке поля.

Традиционная технология предполагает внесение одной усредненной дозы удобрений для всего обрабатываемого поля, без учета рельефа, почвенного покрова, освещенности, температуры почвы, количества влаги, минеральных и органических веществ на каждом участке. Современные способы внесения удобрений должны удовлетворять экологическим требованиям, обеспечивать точное внесение требуемой дозы удобрения в зависимости от различных агрофизических, аг-

рохимических, фитосанитарных и других показателей на этом участке. В наибольшей степени этим требованиям отвечает технология дифференцированного внесения удобрений, которая является основным элементом системы точного земледелия. Работа по данной методике осуществляется в двух основных режимах: on-line (режим реального времени) и off-line (с готовой картой поля). К преимуществам технологии точного земледелия относится возможность электронной записи и хранения истории полевых работ и урожаев, что помогает как при последующем принятии решений, так и при составлении отчетности о производственном цикле.

2.5. Дистанционное зондирование земли

В аграрных ГИС основополагающими данными являются карты полей масштаба 1:10000. Эти карты могут создаваться с использованием различных технических и программных средств. Наиболее точное и полное представление информации о сельскохозяйственных угодьях можно получить с помощью использования данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). ДЗЗ – это получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Общей физической основой дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта и его биогеофизическими характеристиками и пространственным положением. Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства.

ЛЕКЦИЯ 3

ПРОГРАММНО-ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

План лекции:

- 3.1. Системы параллельного вождения
 - 3.2. Полевые компьютеры
 - 3.3. Средства измерения при уборочных работах
-

3.1. Системы параллельного вождения

При внедрении в сельскохозяйственное производство технологий точного земледелия наиболее востребованным направлением стало использование систем параллельного вождения. По сравнению с обычным управлением машинно-тракторным агрегатом использование систем параллельного вождения при выполнении технологических операций позволяет исключить повторные обработки соседних проходов (перекрытий) и пропуски необработанных участков, повысить производительность и комфортность работы, снизить утомляемость водителя, сократить расход топлива и технологических материалов, проводить работы при любой видимости и в ночное время. При этом обеспечиваются различные режимы вождения по прямым и криволинейным траекториям.

Различают три варианта реализации параллельного вождения. При первом варианте движение трактора корректируется водителем с помощью рулевого колеса, ориентирующегося на показания светодиодного или графического следоуказателя, расположенного в кабине, при втором – направление движение трактора поддерживается подруливающим устройством с приводом от электродвигателя, монтируемом

на рулевой колонке. В третьем варианте корректировку движения трактора осуществляет исполнительный механизм, подключенный к гидросистеме рулевого управления.

3.2. Полевые компьютеры

В точном земледелии требуется сбор большого количества данных в разных местах, перенесение их на различное оборудование, обработка и накопление. Во многих случаях для этого используют мобильные карманные компьютеры, так называемые персональные цифровые секретари (Personal Digital Assistants – PDA) или полевые компьютеры.

Их применяют прежде всего для:

- автоматизированного сбора данных;
- мобильной документации истории поля;
- определения площади поля;
- поддержки ручного управления, и
- управления машинами и оборудованием.

Полевые компьютеры могут выполняться в «блокнотном» (Notebook), «планшетном» (Tablet PC) «карманном» (Pocket PC) исполнении. Они могут использоваться непосредственно как компьютеры специалистами хозяйств и в качестве основы бортовых компьютерных систем автомобилей, тракторов и других сельскохозяйственных машин. В состав таких систем обычно входят GPS-приемники, различные датчики, коммутационные блоки и контроллеры. Системы выполняют задачи, предусмотренные специальными пакетами программного обеспечения (ПО).

Среди хорошо известных полевых компьютеров можно выделить такие, как AgGPS-170, AgGPS Field-Manager, TDS Recon Pocket PC-based PDA (фирма «Trimble»), SMS Mobile (фирма «Ag Leader»), Insight 1/2 (DirectCommand) (фирма «Insight»), AMATRON +, GPS-Switch для AMATRON + (фирма «AMAZONE») и др. Среди новинок можно отметить поле-

вой компьютер Viper Pro (фирма «Raven Industries»). Он включает в себя вертикальный сенсорный экран с диагональю 10,4 дюйма (26,4 см), консоль управления штангами Switch Pro, встроенный двухчастотный DGPS-приемник, курсоуказатель, дублирующий информацию об отклонении, Flash-накопитель. Компьютер снабжен всеми доступными функциями и технологиями от управления системой дифференцированного внесения GreenSeeker и онлайн мониторинга погоды до беспроводного обмена данными, включая интернет-канал и сдвоенную антенну Farm Pro, и способен управлять внесением до пяти различных удобрений одновременно.

3.3. Средства измерения при уборочных работах

Картирование урожайности – это технология точного земледелия, призванная определить неоднородность главного из всех показателей – урожайности. С помощью специальных датчиков, установленных на комбайнах, а также используя бортовые компьютеры и приемники GPS, в процессе уборки урожая можно получить пространственно-ориентированные карты урожайности и влажности зерна. Получение подобных карт является неотъемлемой частью технологии точного земледелия и позволяет осуществлять прогноз урожайности.

Измерение количества намолоченного зерна, содержания сухого вещества, убранной площади с привязкой к координатам в поле является необходимым при создании карт урожайности для работы в системе точного земледелия.

Среди оборудования, предназначенного для оценки урожайности, важное место занимают различные датчики (оптический датчик объема зерна в бункере, датчики влажности зерна, поперечных и продольных отклонений и др.), которые представляют собой набор сенсоров. Их применение дает возможность определять урожайность и влажность зерна с единицы площади с учетом местоположения комбайна и не-

ровностей поля.

Зерноуборочные комбайны фирмы «Claas» оснащаются компьютерной системой ведения точного земледелия Fieldstar. Расположенный в кабине монитор Data Touch выдает цифровую и графическую информацию об урожайности и влажности убираемой культуры, производительности, скорости движения, уровне заполнения зернового бункера и др. Информация о намолоте зерна поступает от датчика в зерновом элеваторе. По заказу комбайны оснащают системой картирования урожая. В комплект системы Fieldstar входят антенна и приемник сигналов.

Фирма «New Holland» использует на своих комбайнах систему Intellcruise, изменяющую скорость движения в зависимости от плотности хлебной массы, которая измеряется датчиками, установленными на жатке и наклонном транспортере. Высокоточный датчик количества собранного зерна измеряет содержание влаги в зерне в режиме реального времени, отбор проб осуществляется с интервалом 30 с, а данные передаются в монитор IntelliView™ IV, который не требует калибровки при переходе от одной культуры к другой. Фирмой выпускаются четыре варианта оснащения для точного земледелия:

- система регистрации урожайности убираемой культуры;
- система регистрации урожайности и влажности убираемой культуры;
- система регистрации урожайности и влажности убираемой культуры, блок накопления и анализа данных;
- полный набор для внедрения технологий точного земледелия.

Комбайны фирмы «Case IH» оборудуются системой картирования урожайности ASF, включающей в себя антенну приема сигналов со спутника, приемник, преобразующий сигнал в данные о положении комбайна, датчики потока и влажности зерна, монитор контроля урожайности, который

может рассчитывать и хранить данные в памяти. Полученная информация обрабатывается на персональном компьютере для получения цветной карты урожайности.

Комбайны компании «Challenger» (корпорация «AGCO») оборудованы центром управления урожаем Harvest Management с цифровым дисплеем.

На комбайнах фирмы «Deutz-Fahr», устанавливаемая по заказу электронная контрольно-информационная система TCS может использоваться как часть системы картирования урожайности с последующей передачей полученных данных в персональный компьютер, установленный в офисе.

Для учета урожайности на зерно- и кормоуборочных комбайнах фирмой «John Deere» разработаны три системы HarvestLab, AutoLOC и HarvestDoc. Датчик системы HarvestLab, расположенный на силосопроводе самоходного кормоуборочного комбайна, автоматически во время уборки собирает данные по содержанию сухого вещества, белка, сахара, крахмала, протеина, клетчатки.

Датчик использует технологию работы с отражением ближнего инфракрасного спектра (NIR). Суть ее состоит в следующем: источник света направляет луч непосредственно на культуру, происходит передача световой энергии, которая частично поглощается или отражается растением. С помощью данных об измеренном отражении и математических методов датчик NIR получает данные влажности. Измерение влажности осуществляется при скорости потока материала до 40 м/с – в среднем один замер на 50 кг силоса. Информация о составе скошенной массы, урожайности, а также показатели пропускной способности для каждого поля или на один гектар отражаются в режиме реального времени на мониторе в кабине. Отчет, содержащий эту информацию, можно распечатать на бортовом принтере (опция). В зависимости от количества влаги в растительной массе система AutoLOC автоматически регулирует длину резки. Система HarvestDoc позволяет

анализировать собранную информацию и в зависимости от количества сухого вещества, длины резки и объема растительной массы подбирать оптимальную дозу консервантов для наилучшего сохранения силоса, создавать карты полей, составлять отчёты. Систему можно использовать непосредственно при уборке культур и в условиях лаборатории.

На кормоуборочных комбайнах компании «Krone» применяется система замера урожайности Crop Control в режиме реального времени. Индуктивный датчик перемещения смонтирован на обоих последних подпрессовывающих вальцах. Можно вести подсчет убранной массы и с помощью принтера выводить данные на печать.

Фирма «Claas» использует устройство Quantimeter, входящее в бортовую электронную систему Cebis, которое непрерывно замеряет проходное сечение и скорость массы, проходящей через питающий аппарат, и совместно с датчиком влажности определяет урожайность и количество сухой массы на каждом участке поля.

ЛЕКЦИЯ 4

СПОСОБЫ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

План лекции:

- 4.1. Способы уборки
 - 4.2. Обоснование комбайновой технологии уборки
 - 4.3. Исходные требования
-

4.1. Способы уборки

В зависимости от состояния растений, сорта и почвенно-климатических условий зерновые и другие культуры рядового посева убирают однофазным (прямое комбайнирование) или двухфазным (разделительным) способом.

Однофазный способ. Зерноуборочный комбайн срезает или очесывает растения, обмолачивает собранную хлебную массу, выделяет из нее зерно, очищает и загружает его в бункер, собирает незерновую часть (солому и полову) в копнитель, укладывает в валок, разбрасывает ее по полю или измельчает и загружает в емкость прицепа, соединенного с комбайном. Все эти процессы комбайн выполняет одновременно. Прямым комбайнированием убирают равномерно созревающие, малозасоренные, изреженные (густота стеблестоя менее 300 растений на 1 м²) и низкорослые (длина стеблей менее 50 см) зерновые культуры, а также культуры с подсевом трав. Уборку начинают при полной спелости зерна (влажность не более 25%).

Двухфазный (раздельный) способ. Валковой жаткой стебли скашивают и укладывают на поле в валки, которые через 4...6 дней подбирают зерноуборочными комбайнами и обмолачивают. Уборку начинают на 4...12 дней раньше, чем пря-

мым комбайнированием, с момента достижения зерном середины фазы восковой спелости, что соответствует влажности зерна 25...35%. После скашивания стебли в валках подсыхают, зерно созревает за счет питательных веществ в стеблях, становится полнее, плотность его увеличивается.

Раздельным способом убирают неравномерно созревающие культуры (горох, овес, ячмень, просо и др.); склонные к осыпанию и полеганию, высокостебельные культуры и засоренные посевы. Потери зерна от осыпания и выбивания его рабочими органами жатки при этом способе посева меньше, чем при однофазном способе. При этом на 1 м² должно быть не менее 250 растений, высота растений – не менее 60 см, а высота среза – 12...25 см (для риса 25...30 см). В условиях повышенной влажности формируют тонкие широкие валки, в сухих районах – толстые неширокие валки, в которых стебли укладывают под углом 10...30° к продольной оси валка. Зерно от комбайнов отвозят в стационарные зерноочистительно-сушильные комплексы для послеуборочной доработки и закладки на хранение.

Индустриально-поточные способы (технологии) применяют наряду с комбайновыми способами уборки зерновых культур и семенных посевов трав, при которых весь биологический урожай или его часть вывозят на стационарный пункт для обмолота, сепарирования и очистки зерна. Существует несколько вариантов таких способов.

Для уборки высокоурожайных зерновых культур при нормальной влажности зерна и семенников трав используют способ, при котором хлебную массу обмолачивают мобильной молотилкой и разделяют на два потока: солому и невейку (смесь зерна с половой). Невейку отвозят на стационарный пункт и разделяют высокопроизводительным (до 50 т/ч) ворохоочистителем на зерно и полосу. Затем зерно подают в зерноочистительный агрегат, а полосу – в 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, полосу и солому.

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.

4.2. Обоснование комбайновой технологии уборки

В основу технологического процесса работы уборочных машин положены биологические факторы, которые определяют развитие и созревание зерновых культур, а значит, способ уборки и ее сроки. На процесс уборки влияют степень спелости зерна и стеблей, параметры растительной массы (длина и густота стеблестоя, содержание соломы), влажность зерна и соломы, засоренность поля и состояние стеблестоя.

У зерновых и зернобобовых культур основные стебли и побеги развиваются неравномерно. Даже в одном колосе или метелке зерна созревают в разное время.

Абсолютная масса зерен, расположенных в средней части колоса или на верхушке метелки, больше, чем остальных. Чем неравномернее созревает хлебная масса, тем больше самоосыпание зерна, колоса и колосков.

Способ и сроки уборки определяют с биологической и хозяйственной точек зрения. С биологической точки зрения уборку необходимо начинать в момент достижения максимальной биологической урожайности и проводить ее в агротехнические сроки с минимальными потерями. С хозяйственной точки зрения начало, продолжительность и способ уборки зависят от наличия зерноуборочных машин в хозяйстве. Начало и способ уборки, ее продолжительность также зависят от фаз развития и

созревания зерна.

Восковая спелость наступает через 8...12 дней после молочной, а ее конец соответствует началу полной биологической спелости. При достижении полной спелости в зерне прекращает накапливаться сухое вещество. Период перестоя хлебной массы на корню наступает через 7...12 дней после достижения полной спелости зерна.

Прямое комбайнирование зерновых и зернобобовых культур целесообразно начинать при наступлении полной спелости у основной массы зерен и проводить его в агротехнические сроки, так как после наступления полной спелости зерно осыпается. Так, если впервые 4...7 дней после наступления полной спелости потери зерна (за исключением овса) составляют 0,07...0,14 т/га, то с увеличением продолжительности уборки они интенсивно возрастают.

Качество уборки зерновых и зернобобовых культур во многом зависит от рационального сочетания прямого комбайнирования с разделным, выбора способа уборки и густоты растений в начале уборочных работ, природно-климатических условий, в которых расположено хозяйство, оснащенности уборочными машинами.

4.3. Исходные требования

Рассмотрим исходные требования на базовую машинную технологическую операцию «Прямая комбайновая уборка зерновых культур с измельчением и разбрасыванием незерновой части урожая по поверхности поля»

Назначение. Операция предназначена для скашивания растений зерновых культур, подачи скошенной растительной массы в молотилку комбайна, ее обмолота в молотилке с отделением зерна от незерновой части урожая, сбора зерна в бункер комбайна, измельчения и разбрасывания незерновой части урожая по поверхности поля.

Место в системе технологий (федеральном регистре). Операция включена в технологический адаптер отраслевой «Уборка зерновых зернобобовых, масличных и крупяных культур» (Р-АТП-1.3, п. 2.3).

Зоны применения. Операция применяется во всех зерно-возделывающих регионах с долевым масштабом применения до 50% уборочной площади.

Условия применения. Операция наиболее эффективна для равномерно созревающих зерновых культурах с общей спелостью зерна не ниже 95%, не засоренных сорняками, прямо-стоящих, с влажностью зерна не более 24, соломы – 40%. При влажности зерна выше 15% послеуборочная сушка зерна обязательна. Операция рекомендуется для комбайнов классов 7–8 кг/с и выше, а также в хозяйствах, не использующих незерновую часть урожая. Предпочтительна для уборки остистых сортов зерновых культур.

Предшественники, предшествующие и последующие операции. Базовая операция применяется после любого предшественника в системе хозяйственного севооборота. Предшествующие операции – очистка полей от посторонних предметов (камни, металлоконструкции и т.п.), обкашивание полей, разметка поворотных полос, разбивка полей на загонки, определение мест выгрузки зерна в зависимости от организации транспортных работ, выполнение противопожарных мероприятий. Последующая операция – лущение поля с заделкой стерни и измельченной соломы в почву.

Требования к качеству выполнения операции. Высота среза растений должна составлять 5...30 см в зависимости от высоты стеблестоя и агросрока, при высоте стеблестоя 1...1,2 м – 18...22 см.

Потери несрезанным колосом зерна за хедером комбайна должна составлять не более 0,1% от урожая зерна на единице площади, зерна в недомолоченных колосьях – не более 0,5%, зерна в сходах вместе с незерновой частью – не более 1%,

зерна из-за разгерметизации комбайна – не более 0,015%. Общие потери зерна за молотилкой комбайна – не более 1,5% от урожая зерна на единице площади, за комбайном – не выше 2% при полеглости до 15% и 2,5% – при полеглости 15–25%.

Дробление зерна при уборке продовольственных посевов зерновых культур не должно составлять более 2%, семенных – 1%, риса и зернобобовых – 4%. Засоренность зернового вороха в бункере комбайна частицами соломы, половы, сорняками, минеральными примесями и т.п. – не более 5%.

Измельченная солома должна содержать частицы длиной менее 12 см в количестве не менее 85%.

Снижение производительности комбайна с измельчителем соломы – не более 15% по сравнению с производительностью комбайна без копнителя.

Измельченная солома разбрасывается по полю равномерно на ширину, не меньшую ширины захвата жатки комбайна. Степень неравномерности распределения измельченной соломы по поверхности поля – не более 20%.

Экологические требования. В соответствии с ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву» удельное давление комбайна на почву составляет не более 150 кПа при влажности почвы менее 60% и 80–100 кПа при влажности более 60%.

Глубина колеи от прохода комбайна не более 5 см.

Измельченная солома, выходящая из-под измельчающего устройства, должна распределяться равномерно по полю верным способом с высоты не более 0,6 м. Факельный разброс соломы не допускается.

Запрещается круговой способ движения уборочного агрегата.

Количество эрозионно-опасных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое почвы (0–5 см) после выполнения данной операции не должно возрастать.

Не допускаются подтекание и каплепадение топлива, моторного и трансмиссионного масел, смазочных материалов,

рабочих жидкостей гидросистем и других технических жидкостей через прокладки, сальники, заливные, контрольные и спускные пробки в соединениях топливопроводов, шлангов и других соединительных элементов уборочного агрегата.

Вредные выбросы отработанных газов энергетического модуля уборочного агрегата не должны превышать норм в соответствии с ГОСТ 17.22.05–97 и ГОСТ 17.22.02–98. Уровень внешнего шума не выше 85 дБА.

Запыленность и вредные выбросы от уборочного агрегата на рабочем месте оператора должны соответствовать нормам для среды размещения оператора.

Вспомогательные операции состоят в выполнении предшествующих уборке и последующих ей операций, а также работ по контролю за техническим состоянием комбайна и качеством его работы.

Требования к конструкции, схемам и параметрам технических средств для выполнения базовой операции. Для выполнения базовой операции применяют зерноуборочный комбайн только такого класса, который соответствует по своим параметрам состоянию поля по урожайности зерна и соломы, сорту убираемой культуры для обеспечения его полной загрузки в соответствии с паспортной производительностью.

Допускается недоиспользование паспортной пропускной способности комбайна не более 10%, перегрузка комбайна не допускается.

Комбайн оборудуют навесным измельчителем-разбрасывателем, а также смежными адаптерами для уборки зерновых и зернобобовых культур с любой урожайностью зерна и соломы.

Рабочие органы комбайна должны иметь весь набор технологических регулировок для их настройки применительно к уборке различных культур и их состоянию по влажности, урожайности, степени повреждаемости и т.п.

Измельчающее устройство должно измельчать солому влажностью до 60% без нарушения технологического процес-

са работы комбайна.

Вместимость кузова транспортного средства должна соответствовать или быть кратной вместимости бункера комбайна.

Высота расположения выгрузного шнека бункера комбайна и высота расположения борта кузова транспорта для сбора зерна должны быть взаимоувязаны в соответствии с ГОСТ 25353–82 «Машины уборочные и транспортные средства. Габаритная и погрузочная высота».

Комбайн агрегатируется со всем набором хедеров, необходимых для полной загрузки комбайна по пропускной способности при любой урожайности зерна и соломы в зонах его использования.

Базовая модель комбайна должна иметь модификации для уборки в экстремальных условиях – в Нечерноземной зоне, горных и предгорных районах.

Мощность двигателя комбайна, оборудованного измельчителем, должна быть на 15–20% больше по сравнению с мощностью двигателя комбайна без измельчителя.

Зерноуборочный комбайн для выполнения базовой операции должен обеспечивать:

коэффициент надежности технологического процесса 0,99, коэффициент технологической готовности 0,96, коэффициент использования времени смены 0,68;

наработку на отказ не менее 70 ч;

срок службы 12 лет.

Конструкция агрегата должна быть приспособлена к экологическому контролю и обеспечивать после срока службы рециклирование не менее 90% его конструкционных материалов (по массе).

ЛЕКЦИЯ 5

КОМБАЙНЫ ООО КЗ «РОСТСЕЛЬМАШ»

План лекции:

- 5.1. Устройство
 - 5.2. Технологический процесс работы
 - 5.3. Особенности конструкции комбайнов
 - 5.4. Органы управления
-

5.1. Устройство

Комбайн РСМ-181 «Торум 740» состоит из жатки или платформы-подборщика, наклонной камеры, молотильного агрегата, ходовой части, рабочего места оператора, моторной установки, гидрооборудования, электрооборудования, системы контроля и управления работой агрегатов и рабочих органов, измельчителя-разбрасывателя соломы (ИРС). Общий вид комбайна с жаткой представлен на рисунке 5.1, в разрезе – на рисунке 5.2.



Рисунок 5.1 – Общий вид комбайна с жаткой

5.2. Технологический процесс работы

Мотовило подводит порцию стеблей к режущему аппара-

ту и далее к шнеку. Срезанные стебли транспортируются шнеком к центру жатки (рисунок 5.3), где выдвигающимися из шнека пальцами захватываются и перемещаются к приемному битеру наклонной камеры битерного типа с реверсом, и далее – в молотильно-сепарирующее устройство (МСУ).

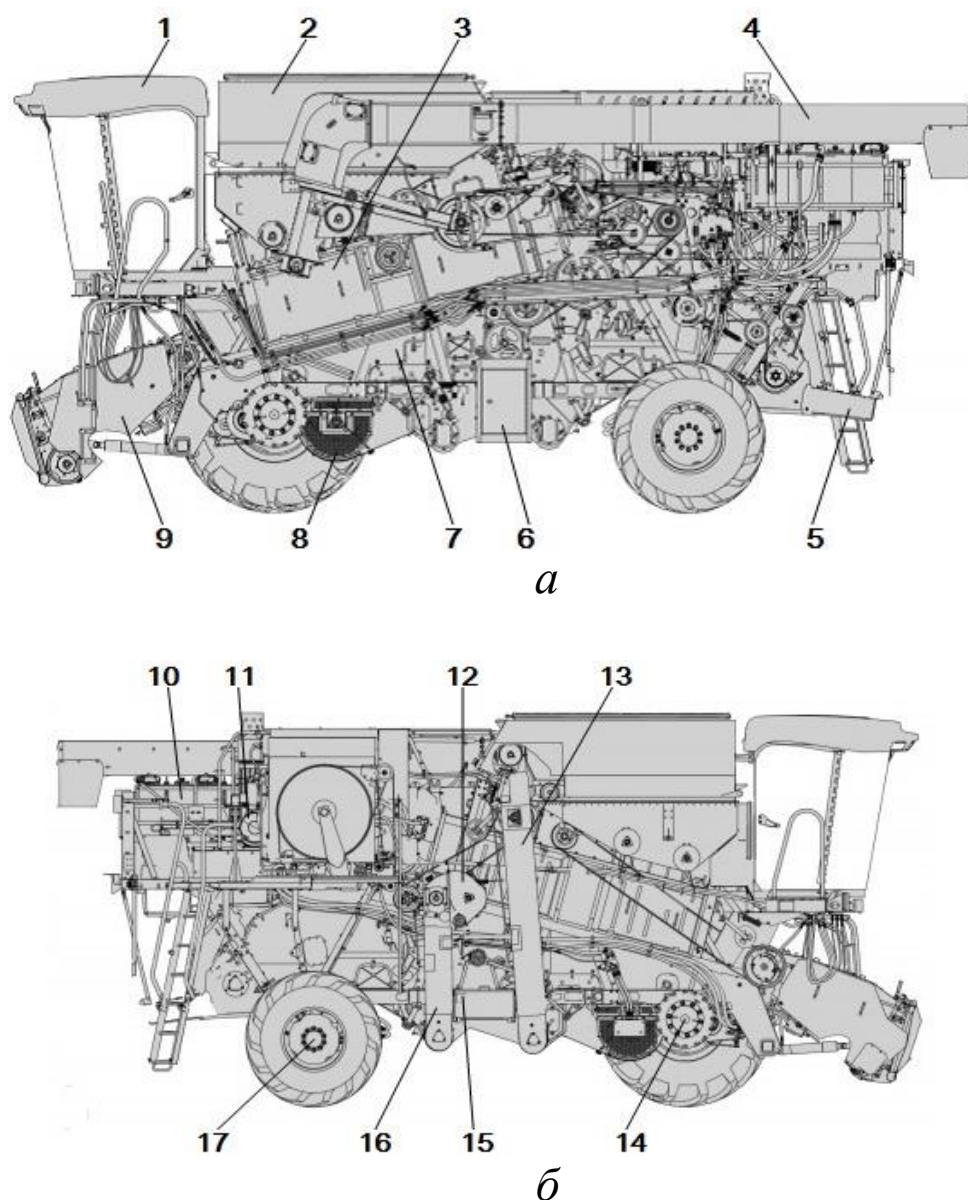


Рисунок 5.2 – Комбайн

(а – вид слева; б – вид справа):

1 – кабина; 2 – бункер; 3 – молотильно-сепарирующее устройство (МСУ); 4 – шнек выгрузной; 5 – ИРС; 6 – ящик инструментальный; 7 – шасси; 8 – вентилятор; 9 – наклонная камера; 10 – топливный бак; 11 – воздушная система; 12 – домолачивающее устройство; 13 – зерновой элеватор; 14 – ведущий мост; 15 – аккумуляторный ящик; 16 – колосовой элеватор; 17 – мост управляемых колес

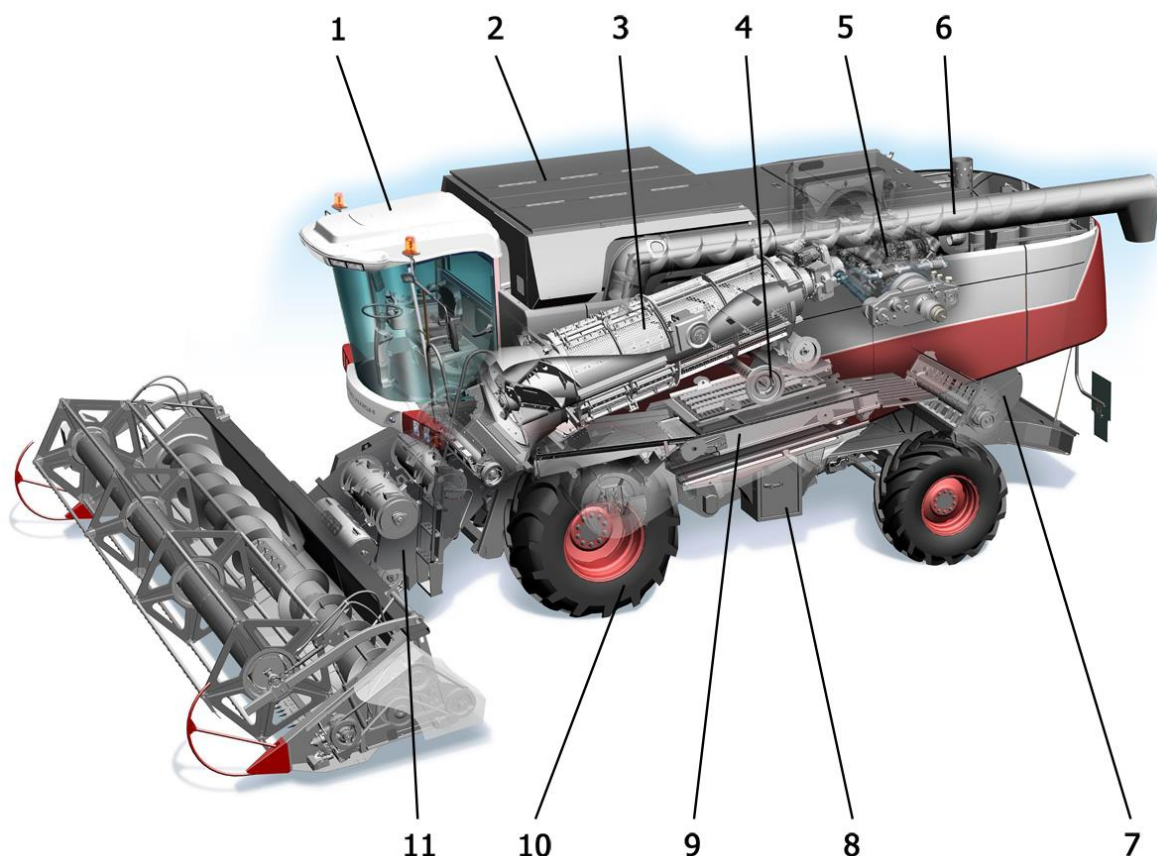


Рисунок 5.3 – Комбайн:

1 – кабина; 2 – бункер; 3 – МСУ; 4 – главный контрпривод; 5 – моторная установка; 6 – выгрузной шнек; 7 – ИРС; 8 – ящик аккумуляторный; 9 – очистка; 10 – ведущее колесо; 11 – наклонная камера

Молотильно-сепарирующее устройство – продольно расположенный ротор, выполняющий обмолот поступившего технологического продукта. При обмолоте выделенная из колосьев вместе со значительной частью половы масса сепарируется через деку подбарабannya на транспортную доску.

После обмолота зерновой ворох по транспортной доске транспортируется к дополнительному решету. В процессе транспортирования вороха происходит предварительное разделение его на фракции. Зерно перемещается вниз, а сбоина – вверх. В зоне перепада между пальцевой решеткой транспортной доски и дополнительным решетом происходит его продувка. Слой зерновой смеси, проваливающийся через пальцевую решетку, несколько разрыхляется, благодаря чему зерно и тяжелые примеси под действием воздушной струи

вентилятора и колебательного движения решет легче проваливаются вниз, а солома и другие легкие примеси выдуваются из молотилки. После дополнительного решета зерновой ворох попадает в зону второго перепада и затем на верхнее решето. Провалившись через дополнительное, верхнее и нижнее решето, зерно попадает на зерновой шнек.

Далее шнеком зерно транспортируется в элеватор, который перемещает его к загрузочному шнеку бункера. Загрузочный шнек подает зерно в бункер. Из бункера зерно подается выгрузным шнеком в транспортное средство. Недомолоченные колоски, проваливаясь через верхнее решето и удлинитель верхнего решета на нижнее решето, транспортируются на колосовой шнек и в колосовой элеватор, который перемещает полученный ворох в домолачивающее устройство. В домолачивающем устройстве происходит повторный обмолот, после которого обмолоченный ворох шнеком равномерно распределяется по ширине возвратной доски и еще раз транспортируется на очистку.

5.3. Особенности конструкции комбайнов

Благодаря системе обмолота ARS (Advanced Rotor System) Torum меньше травмирует зерно, справляется даже с влажной и засоренной массой. Система состоит из трех элементов: битерной наклонной камеры (рисунок 5.4), которая обеспечивает увеличение пропускной способности на «сложном» фоне на 20% по сравнению с традиционными транспортерными; аксиального ротора с вращающейся декой, который позволяет избежать «мертвых» зон и вести обмолот на 360° (рисунок 5.5–5.7) и бесступенчатого привода ротора, благодаря которому можно осуществить быструю и точную подстройку параметров обмолота, максимально приспособив комбайн к условиям уборки.

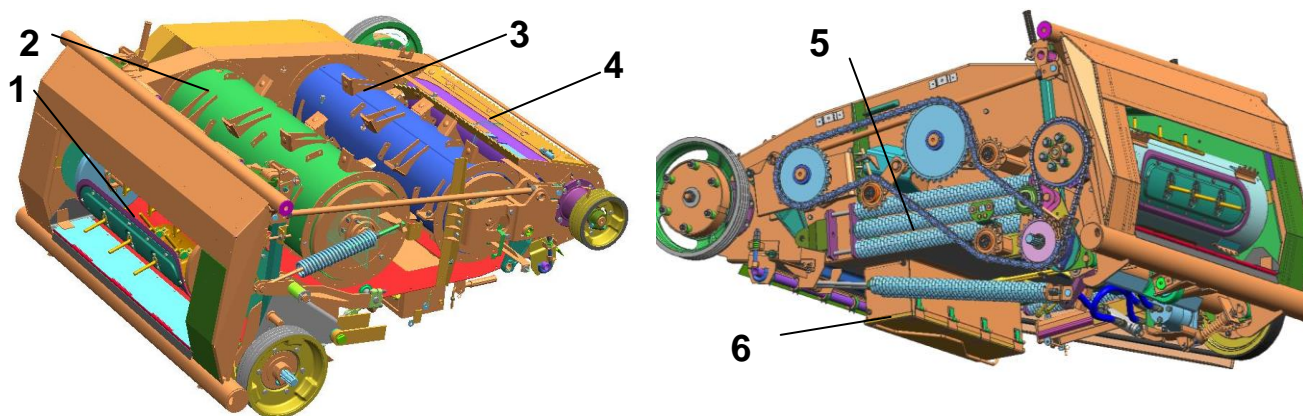
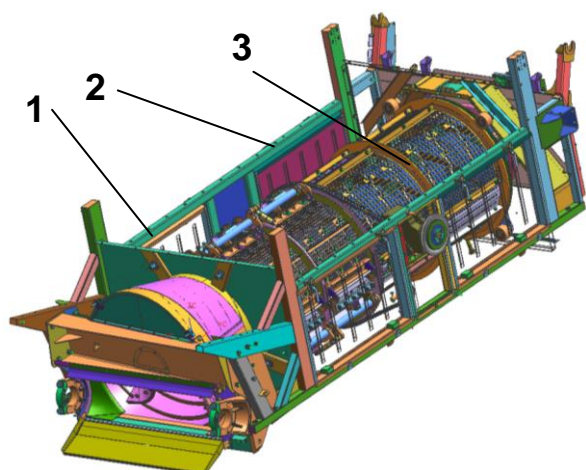
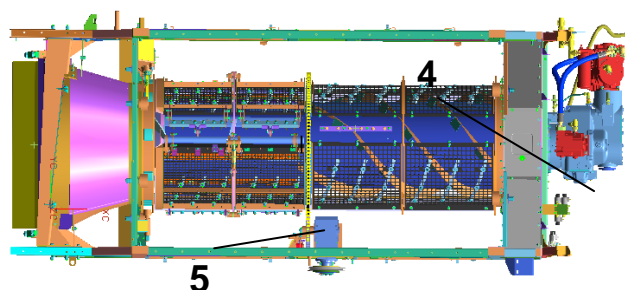


Рисунок 5.4 – Битерная наклонная камера:

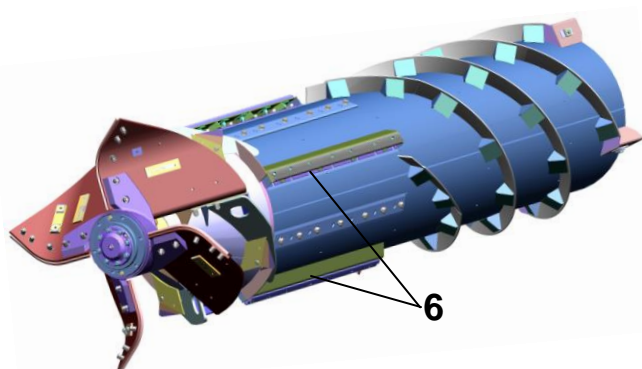
1 – битер приемный пальчиковый; 2 – битер приемный; 3 – битер промежуточный; 4 – битер верхний; 5 – правый сменный уравнивающий блок пружин; 6 – камнеуловитель



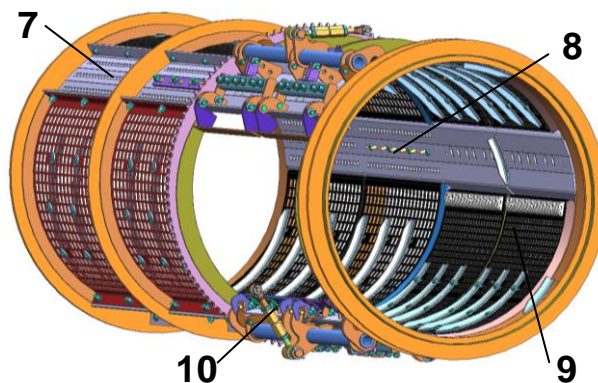
а



б



в



г

Рисунок 5.5 – Молотильно-сепарирующее устройство

(а – в сборе; б – привод МСУ; в – ротор; г – дека):

1 – заходный корпус; 2 – панель; 3 – дека; 4 – редуктор привода ротора; 5 – редуктор привода деки; 6 – бичи; 7 – ланжерон; 8 – пальцевый ворошитель; 9 – сменные деки; 10 – регулировка деки

Ротор, установленный на комбайне – один из самых крупных (диаметр – 762 мм, длина – 3200 мм). С вращающейся декой он создает площадь обмолота и сепарации – 5,4 м².

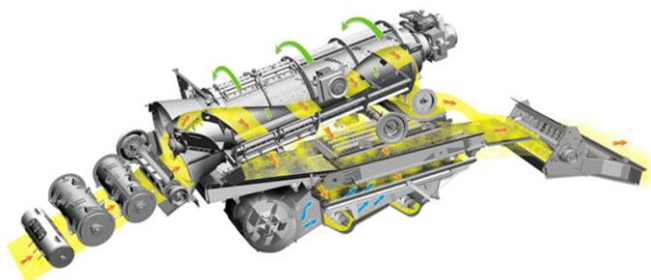


Рисунок 5.6 – Роторная схема обмолота

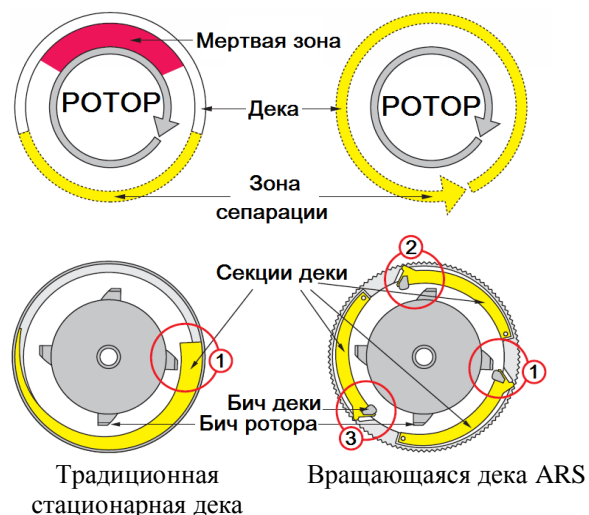


Рисунок 5.7 – Сравнение схем обмолота

На комбайне применена двухкаскадная система очистки с дополнительным решетом (рисунок 5.8). Система сбалансирована: транспортная доска и нижнее решето движутся в одну сторону, а в противофазе движется массивная часть верхнего решета (рисунки 5.9 и 5.10).

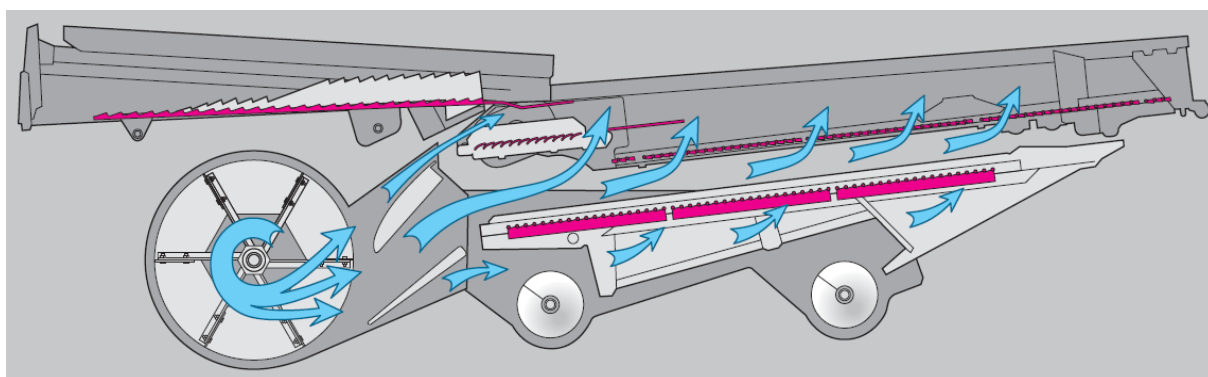


Рисунок 2.8 – Система очистки

Двухсекционный мощный вентилятор создает равномерный поток по решетам, причем воздух поступает не только с

торцов корпуса, но и с середины (рисунок 5.11). Гидропривод вентилятора обеспечивает плавную регулировку в широком диапазоне, что особенно важно при работе с мелкосемянными культурами и удалении легких отходов.

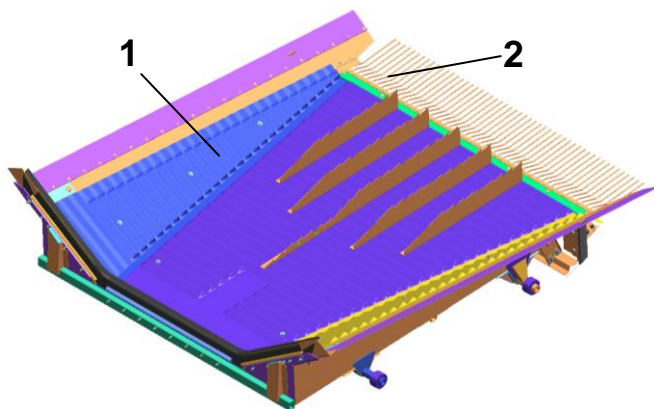


Рисунок 5.9 – Транспортная доска:

1 – транспортная доска; 2 – пальцевая решетка

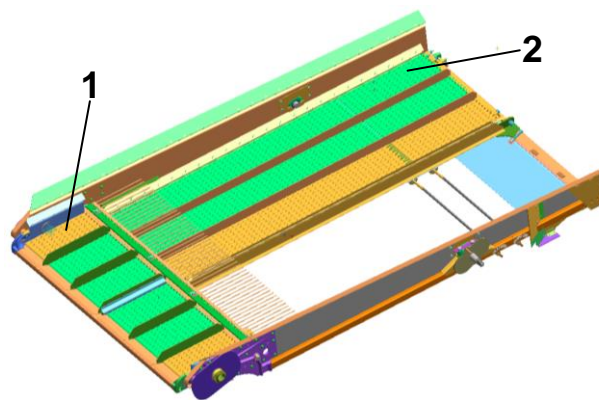


Рисунок 5.10 – Решетный стан:

1 – дополнительное решето; 2 – удлинитель

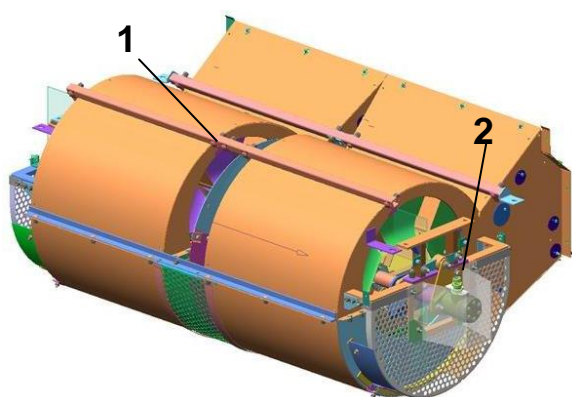
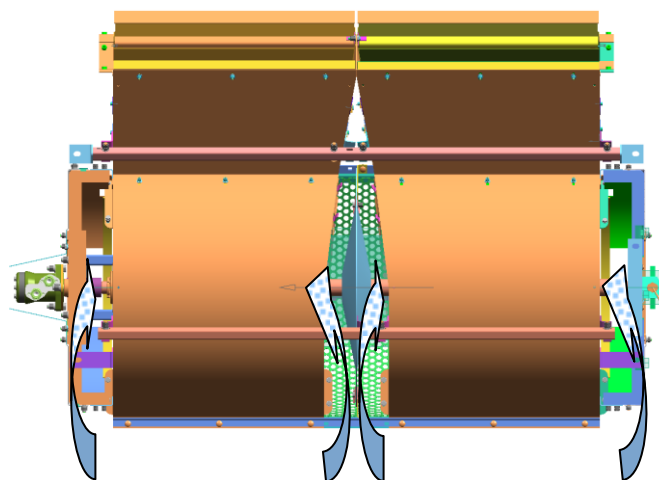


Рисунок 5.11 – Вентилятор:

1 – делитель; 2 – гидромотор



Забор воздуха

5.4. Органы управления

Основные органы управления комбайном расположены на пульте управления справа от оператора (рисунки 5.12 и 5.13).

На рисунке 5.14 представлена панель управления двигателем Cummins.

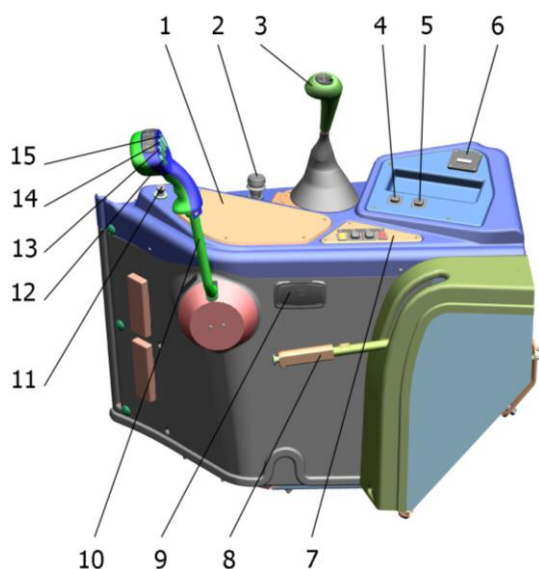


Рисунок 5.12 – Пульт управления комбайна с двигателем Cummins:

1 – пульт управления комбайном ПУ-181-03; 2 – выключатель аварийного останова; 3 – рычаг управления коробкой диапазонов; 4 – кнопка включения/выключения отопителя; 5 – кнопка включения/выключения заднего моста; 6 – счетчик времени наработки двигателя; 7 – панель управления двигателем; 8 – рычаг стояночного тормоза; 9 – пепельница; 10 – рычаг управления движением; 11 – прикуриватель; 12 – кнопка подъема/опускания наклонной камеры; 13 – кнопка подъема/опускания мотовила; 14 – кнопка выноса мотовила вперед/назад; 15 – кнопка включения/отключения привода наклонной камеры

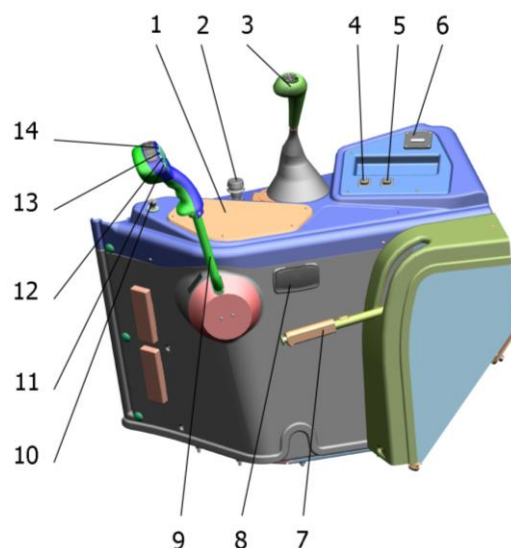


Рисунок 5.13 – Пульт управления комбайна с двигателем ЯМЗ:

1 – пульт управления комбайном ПУ-181-03; 2 – выключатель аварийного останова; 3 – рычаг управления коробкой диапазонов; 4 – кнопка включения/выключения отопителя; 5 – кнопка включения/выключения заднего моста; 6 – счетчик времени наработки двигателя; 7 – рычаг стояночного тормоза; 8 – пепельница; 9 – рычаг управления движением; 10 – прикуриватель; 11 – кнопка подъема/опускания наклонной камеры; 12 – кнопка подъема/опускания мотовила; 13 – кнопка выноса мотовила вперед/назад; 14 – кнопка включения/отключения привода наклонной камеры

Клавиши рукоятки (рисунок 5.15) предназначены для управления мотовилом и наклонной камерой.

Пульт управления ПУ-181-03 служит для дистанционного управления рабочими органами комбайна из кабины (рисунок 5.16, а).

Предназначение панели информационной ПИ-181-02 (рисунок 5.16, б):

– сбор и обработка информации о состоянии систем, агрегатов и узлов комбайна и вывод этих параметров на экран;

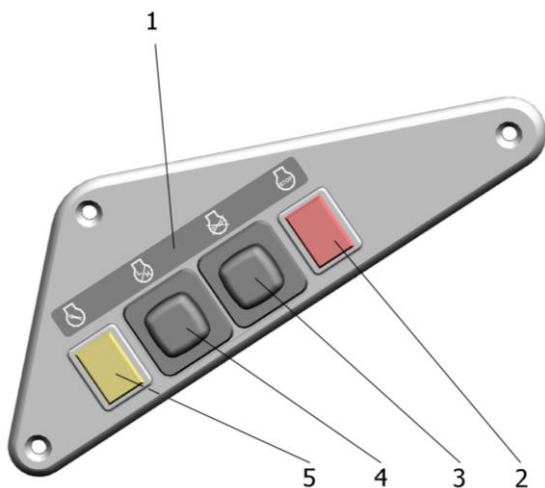


Рисунок 5.14 – Панель управления двигателем Cummins:

1 – пиктограммы, поясняющие функциональное назначение кнопок; 2 – красная контрольная лампа (включается по команде процессора при возникновении неисправности в двигателе, требующей его немедленной остановки); 3 – кнопка без фиксации (предназначена для задержки автоматической остановки двигателя по команде процессора только в случае крайней необходимости); 4 – кнопка с фиксацией (клавиша нажата – на двигателе устанавливаются обороты необходимые для включения молотилки – 1100 мин^{-1} ; клавиша отжата – на двигателе устанавливаются обороты холостого хода – 800 мин^{-1}); 5 – желтая контрольная лампа (включается по команде процессора при возникновении неисправности в двигателе, не требующей его немедленной остановки)



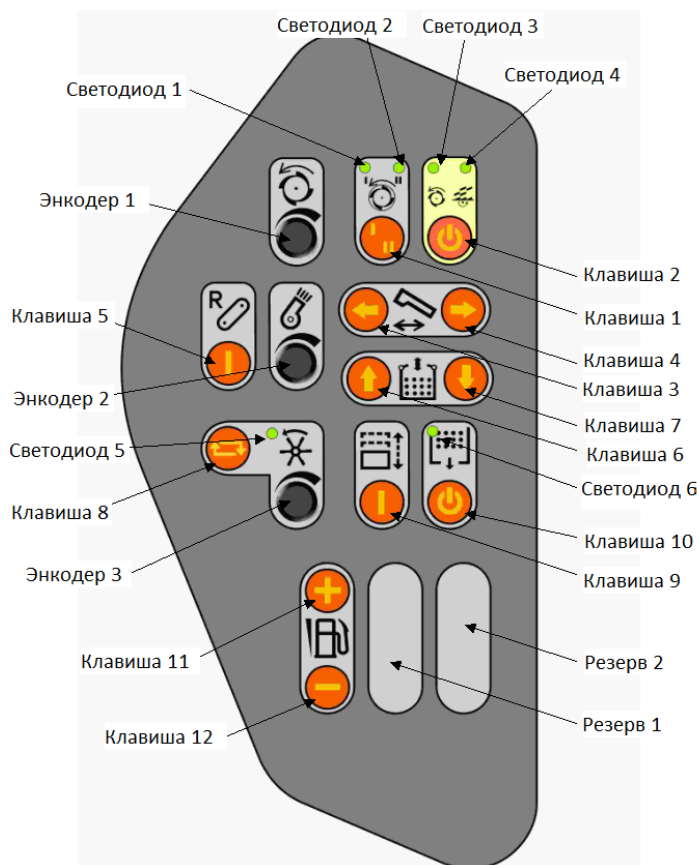
Рисунок 5.15 – Клавиши рукоятки рычага управления движением:

S1 – подъем/опускание наклонной камеры; S2 – подъем/опускание мотовила; S3 – перемещение мотовила вперед/назад; S4 – включение/выключение привода наклонной камеры

– предупреждение оператора о возникающих опасных и аварийных ситуациях с выдачей рекомендаций по их предотвращению или устранению;

– предупреждение оператора об отклонении параметров технологического процесса от предварительно установленных или допустимых значений;

– информирование оператора о необходимости проведения технического обслуживания исходя из фиксированного числа часов наработки;



а



б

Рисунок 5.16 – Пульт управления ПУ-181-03 (а) и панель информационная ПИ-181-0 (б):

клавия 1 – управление диапазонами редуктора привода ротора; клавия 2 – управление приводами очистки и ротора; клавия 3 – перевод выгрузного шнека в рабочее положение; клавия 4 – перевод выгрузного шнека в транспортное положение; клавия 5 – включение реверса наклонной камеры; клавия 6 – открытие створок крыши бункера; клавия 7 – закрытие створок крыши бункера; клавия 8 – выбор режима управления мотовилом; клавия 9 – включение вибропобудителя бункера; клавия 10 – управление приводом выгрузки зерна; клавия 11 – увеличение подачи топлива; клавия 12 – уменьшение подачи топлива; светодиод 1: включается при включенном первом диапазоне редуктора ротора, включается миганием во время включения первого диапазона редуктора ротора, выключается при выключенном первом диапазоне редуктора ротора; светодиод 2: включается при включенном втором диапазоне редуктора ротора, включается миганием во время включения второго диапазона редуктора ротора, выключается при выключенном втором диапазоне редуктора ротора; светодиод 3: включается при включенном электромагните управления гидромуфтой привода ротора, включается миганием во время плавного включения муфты ротора, выключается при выключенном электромагните управления гидромуфтой привода ротора; светодиод 4: включается при включенном электромагните управления гидромуфтой привода очистки, включается миганием во время плавного включения муфты очистки, выключается при выключенном электромагните управления гидромуфтой привода очистки; светодиод 5: включается при включении электромагнитного клапана гидроблока управления мотовилом, включается миганием при отсутствии сигнала от датчика в кресле оператора; светодиод 6: включается при наличии сигнала от датчика включенного положения леникса привода выгрузки, включается миганием при промежуточном состоянии положения леникса; энкодер 1 – вариатор ротора; энкодер 2 – вариатор вентилятора очистки; энкодер 3 – выбор коэффициента опережения

- расчет и отображение качественных и количественных показателей работы комбайна (наработка, убранная площадь, пройденный путь, количество выгрузок);

- осуществление непрерывного контроля цепей датчиков и исполнительных механизмов (электромагнитные клапаны, реле и пр.) на обрыв и замыкание на корпус и информирование при возникновении такого отказа;

- запись и хранение информации об отказах и аварийных ситуациях с привязкой к времени возникновения с возможностью вывода данной информации на экран панели информационной («Журнал событий»).

В зависимости от типа работ, проводимых на комбайне, и состояния системы информационная панель имеет четыре режима отображения информации: режим «Движение» – отображение информации, необходимой в процессе движения комбайна; режим «Комбайнирование» – отображение информации, необходимой в процессе комбайнирования; режим «Диагностика» – отображение на экране параметров всех систем комбайна; режим «Меню» – отображение дополнительной информации.

ЛЕКЦИЯ 6

КОМБАЙНЫ CLAAS

План лекции:

- 6.1. Устройство
- 6.2. Технологический процесс работы
- 6.3. Особенности конструкции комбайнов
- 6.4. Органы управления

6.1. Устройство

Общий вид и устройство комбайнов Lexion 620–770 (тип C59–C50) представлены на рисунках 6.1–6.5.

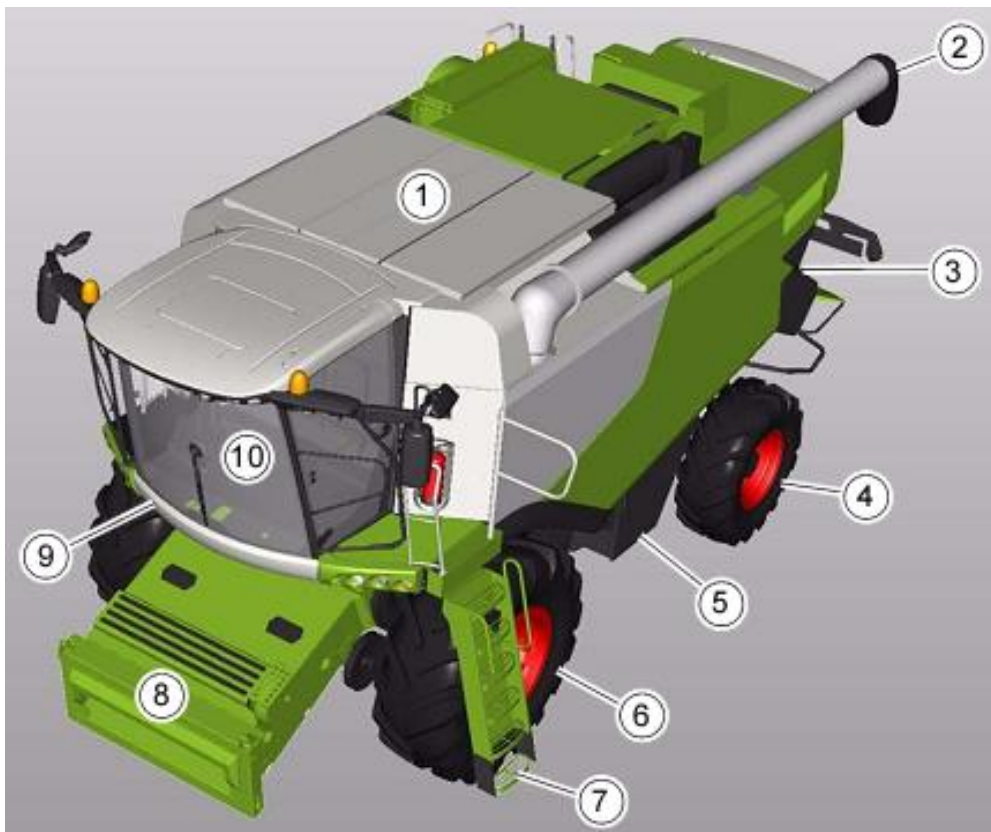


Рисунок 6.1 – Общий вид комбайна спереди и слева:

1 – зерновой бункер; 2 – выгрузной элеватор; 3 – соломоизмельчитель; 4 – управляемый ведущий мост; 5 – ящик для инструментов; 6 – передний мост; 7 – лестница; 8 – наклонная камера; 9 – площадка; 10 – кабина

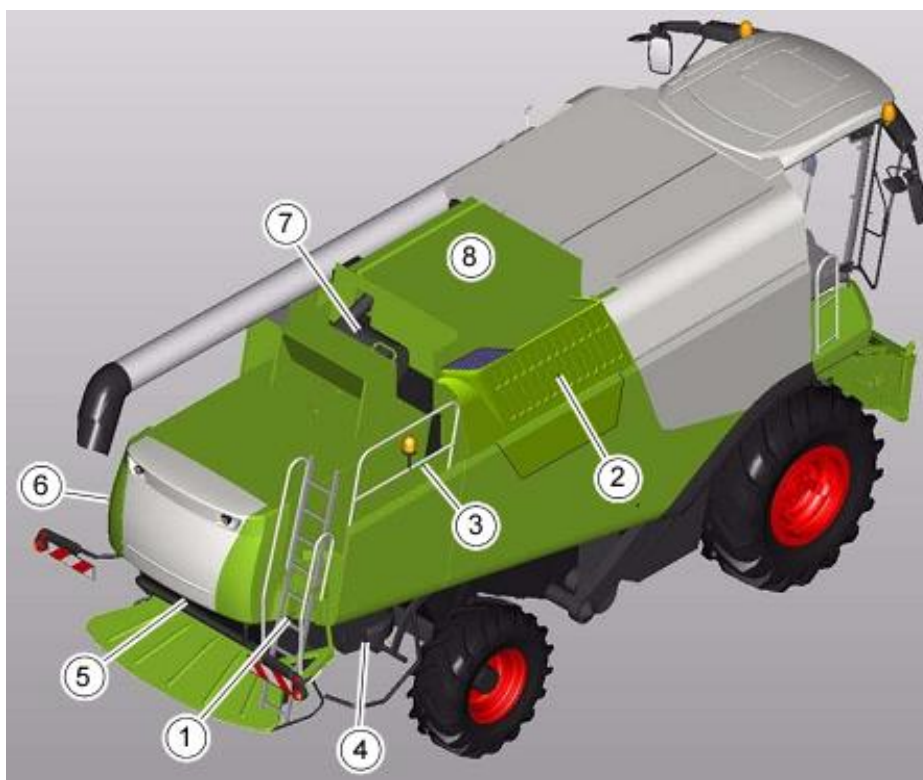


Рисунок 6.2 – Общий вид комбайна сзади и справа:

1 – лестница; 2 – засасывающие щели; 3 – заправочная горловина; 4 – тягово-сцепное устройство; 5 – соломоизмельчитель; 6 – задняя заслонка; 7 – воздушный фильтр; 8 – двигатель



a



б

**Рисунок 6.3 – Устройство комбайна
(а – роторного; б – соломотрясного):**

1 – подающие цепи; 2 – камнеуловительный лоток; 3 – предварительный ускоритель; 4 – входное подбарабанье; 5 – молотильный барабан; 6 – главное подбарабанье; 7 – реверсивный барабан; 8 – ротор (а), соломотряс (б); 9 – мультисепараторная система; 10 – скатная доска; 11 – транспортная доска; 12 – вентилятор; 13 – верхнее решето; 14 – нижнее решето; 15 – зерновой шнек; 16 – колосовой шнек (шнек сходового продукта); 17 – вентилятор разбрасывания соломы; 18 – разбрасыватель половы; 19 – измельчитель соломы с радиальным разбрасывателем; 20 – измельчитель соломы с разбрасывателем; 21 – радиальный разбрасыватель; 22 – разбрасыватель с разбрасывающими листьями; 23 – колосовой (сходового продукта) элеватор; 24 – зерновой элеватор; 25 – зерновой бункер; 26 – выгрузной элеватор

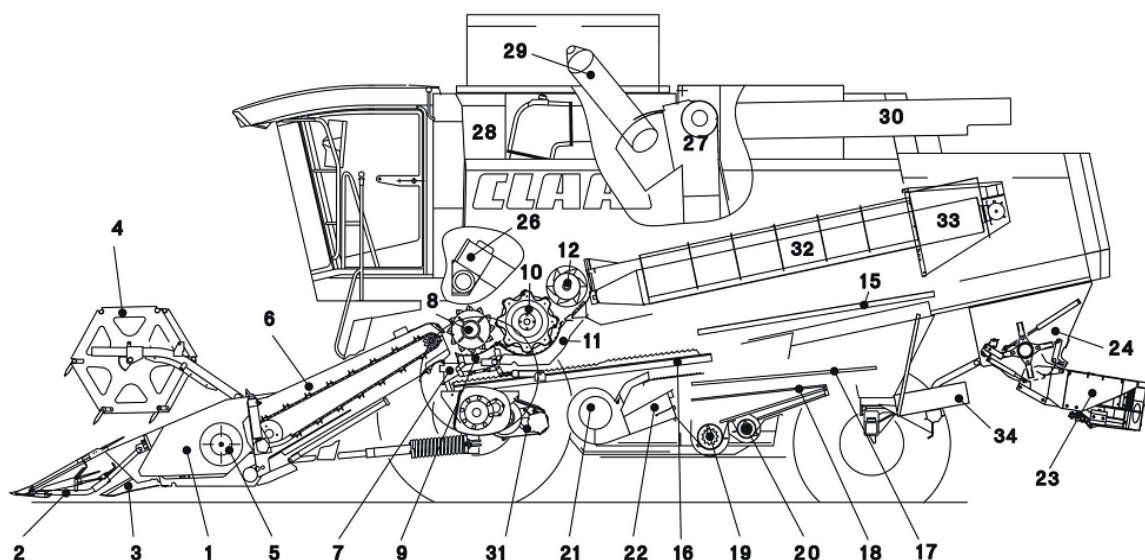


Рисунок 6.4 – Устройство роторного комбайна:

1 – жатка; 2 – делитель; 3 – стеблеподъемник; 4 – мотовило; 5 – питающий шнек; 6 – подающий транспортер; 7 – камнеуловительный лоток; 8 – предварительный ускоритель; 9 – входное подбарабанье; 10 – молотильный барабан; 11 – главное подбарабанье; 12 – реверсивный барабан; 15 – скатная доска; 16 – транспортная доска; 17 – верхнее решето; 18 – нижнее решето; 19 – зерновой шнек; 20 – колосовой шнек (шнек сходового продукта); 21 – вентилятор; 22 – воздушный канал; 23 – разбрасываль половы; 24 – измельчитель соломы; 26 – колосовой элеватор (элеватор сходового продукта); 27 – зерновой элеватор; 28 – зерновой бункер; 29 – загрузочный шнек; 30 – выгрузной элеватор; 31 – КПП; 32 – сепарационные короба; 33 – ротор; 34 – разбрасыватель половы

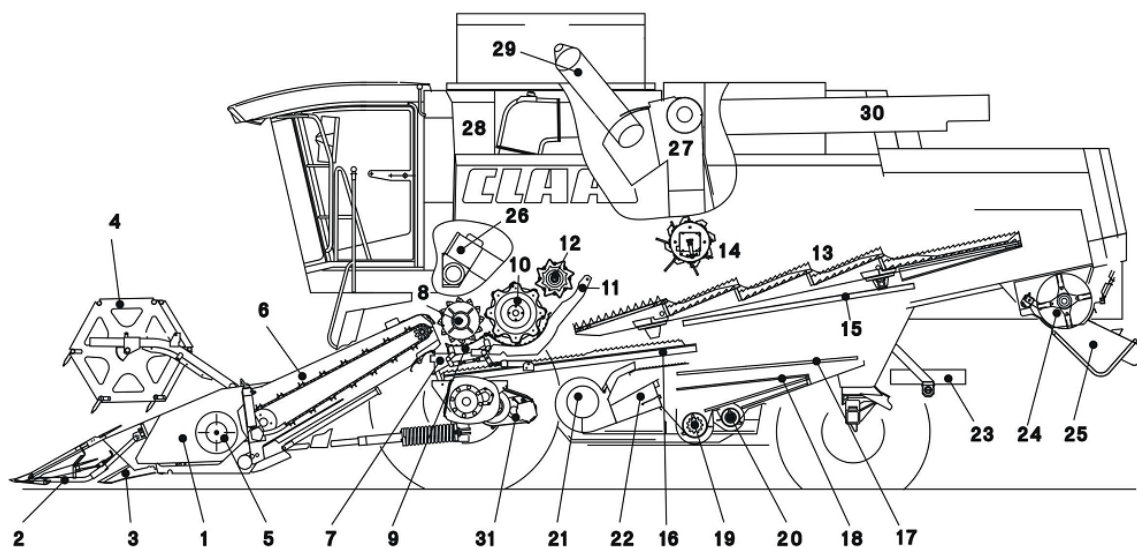


Рисунок 6.5 – Устройство клавишного комбайна:

1 – жатка; 2 – делитель; 3 – стеблеподъемник; 4 – мотовило; 5 – питающий шнек; 6 – подающий транспортер; 7 – камнеуловительный лоток; 8 – предварительный ускоритель; 9 – входное подбарабанье; 10 – молотильный барабан; 11 – главное подбарабанье; 12 – реверсивный барабан; 13 – соломотряс; 14 – мультисепараторная система; 15 – скатная доска; 16 – транспортная доска; 17 – верхнее решето; 18 – нижнее решето; 19 – зерновой шнек; 20 – колосовой шнек (шнек сходового продукта); 21 – вентилятор; 22 – воздушный канал; 23 – разбрасываль половы; 24 – измельчитель соломы; 25 – разбрасывать соломы; 26 – колосовой элеватор (элеватор сходового продукта); 27 – зерновой элеватор; 28 – зерновой бункер; 29 – загрузочный шнек; 30 – выгрузной элеватор; 31 – КПП

6.2. Технологический процесс работы

Стебли после среза подаются витками шнека в наклонную камеру, где подающие цепи *1* перемещают их на предварительный ускоритель *3* (рисунок 6.3). В камнеуловительный лоток *2* попадают камни и посторонние предметы. Предварительный ускоритель *3* увеличивает скорость движения материала и подает его на молотильный барабан *5*. Входное подбарабанье *4* отделяет часть зерна, полосу и короткую солому на транспортную доску *11*. Молотильный барабан *5* вымолачивает зерна из колосьев. Главное подбарабанье *6* отделяет большую часть зерна, полосы и короткой соломой на транспортную доску *11*. Реверсивный барабан *7* равномерно подает оставшиеся зерна вместе с соломой к роторам *8* (рисунок 6.3, *а*) или на соломотряс *8* (рисунок 6.3, *б*).

Роторы *8* принудительно подают солому в заднюю часть комбайна, а оставшееся зерно падает через деки роторов на скатную доску *10* (рисунок 6.3, *а*). Солома подается в измельчитель соломой *19*.

Клавиши соломотряса *8* разрыхляют солому и оставшееся зерно падает на скатную доску *10* (рисунок 6.3, *б*). Солома подается в измельчитель соломой *20*.

Мультисепараторная система *9* дополнительно разрыхляет солому на соломотрясе *8* (рисунок 6.3, *б*).

Скатная доска *10* подает зерно на транспортную доску *11*. Транспортная доска *11* подает убираемый материал на верхнее решето *13*. При этом производится предварительная сортировка на зерно (снизу) и на полосу и короткую солому (сверху).

Вентилятор *12* создает напор воздуха, который выносит все легкие частицы (полосу) в заднюю часть машины.

Через верхнее решето *13* все зерна падают на нижнее решето *14*. Частицы, размер которых больше зерен, попадают в лоток шнека сходового продукта *16*. Через нижнее решето

14 все зерна падают в лоток зернового шнека 15. Частицы, размер которых больше зерен, падают в лоток колосового шнека 16.

Зерновой шнек 15 подает зерна в зерновой элеватор.

Колосовой шнек 16 подает частички, размер которых больше зерна, в колосовой элеватор.

Вентилятор 17 разбрасывания половы подает полову и короткую солому в радиальный разбрасыватель 21 (рисунок 6.3, а).

Разбрасыватель половы 18 равномерно распределяет полову и короткую солому за машиной (рисунок 6.3, б). Измельчитель соломы 19 измельчает солому и подает ее к радиальному разбрасывателю 21 (рисунок 6.3, а). Измельчитель соломы 20 измельчает солому и подает ее к разбрасывателю с разбрасывающими листьями 22 (рисунок 6.3, б). Радиальный разбрасыватель 21 равномерно распределяет полову и короткую солому за машиной (рисунок 6.3, а). Разбрасыватель с разбрасывающими листьями 22 равномерно распределяет короткую солому за машиной (рисунок 6.3, б).

Колосовой элеватор 23 повторно подает все частички из лотка шнека сходового продукта 16 к предварительному ускорителю 3.

Зерновой элеватор 24 подает все зерна из лотка зернового шнека в зерновой бункер 25.

В зерновом бункере 25 производится промежуточное хранение зерна.

Выгрузной элеватор 26 подает зерно из зернового бункера 25 в транспортное средство.

6.3. Особенности конструкции комбайнов

Для сглаживания разности скоростей между наклонным транспортером (около 3 м/с) и молотильным барабаном (около 30 м/с), в системе APS (Accelerated Pre-Separation – ускоренная предварительная сепарация) перед молотильным ба-

рабаном установлен предварительный ускоритель. Этот ускоритель благодаря спиралевидному расположению лопаток распределяет массу равномерно по всей ширине молотилки, как в продольном, так и в поперечном направлении.

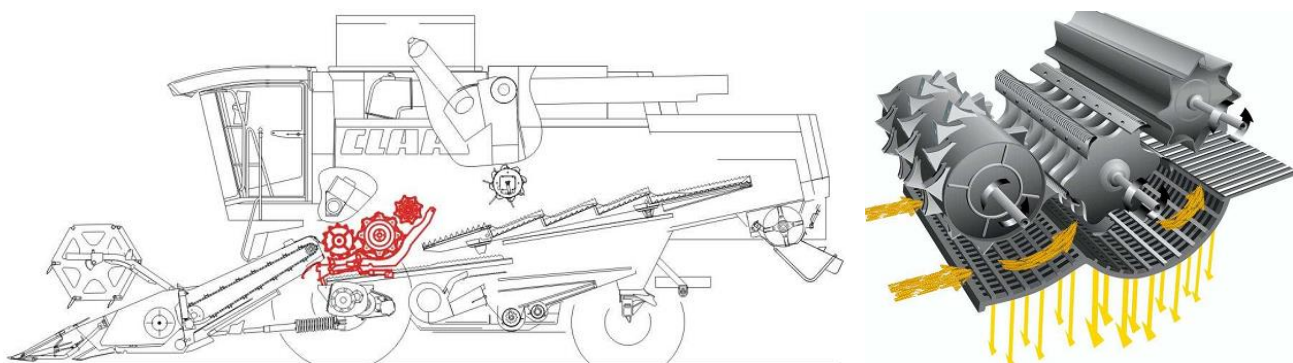


Рисунок 6.6 – Система обмолота

Существует две системы сепарации: система «аксиальный ротор» и система «соломотряс» (рисунок 6.7).

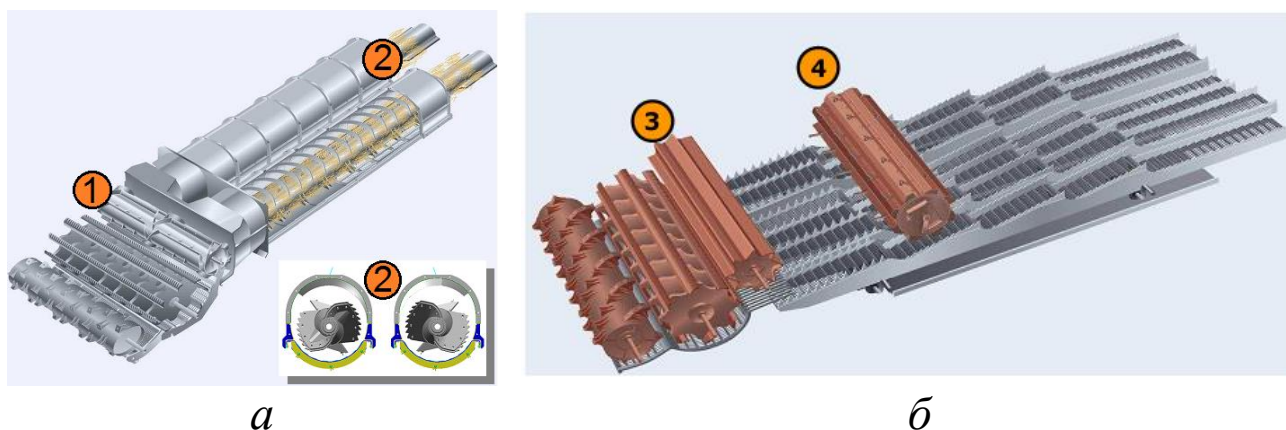


Рисунок 6.7 – Система сепарации
(*а* – роторная; *б* – клавишная):

1, 3 – битер; 2 – роторы; 4 – мультисепараторная система

Устройство аксиальных роторов – два вращающихся цилиндра с подающими лопастями в закрытом кожухе с решетчатыми деками. Битер разделяет поток соломы и подает его к обоим роторам; солома подхватывается подающими лопастями и зерно просыпается через решетчатые деки. Благодаря активной транспортировке массы такую систему также назы-

вают системой «активной сепарации».

Рабочие органы соломотряса – клавиши, расположенные на коленчатом валу и смещенные одна относительно другой.

Стандартная система очистки позволяет с помощью заслонки регулировать воздушный поток 1, поступающий на каскад 2 (рисунок 6.8). Для системы Jetstream эта регулировка не нужна.

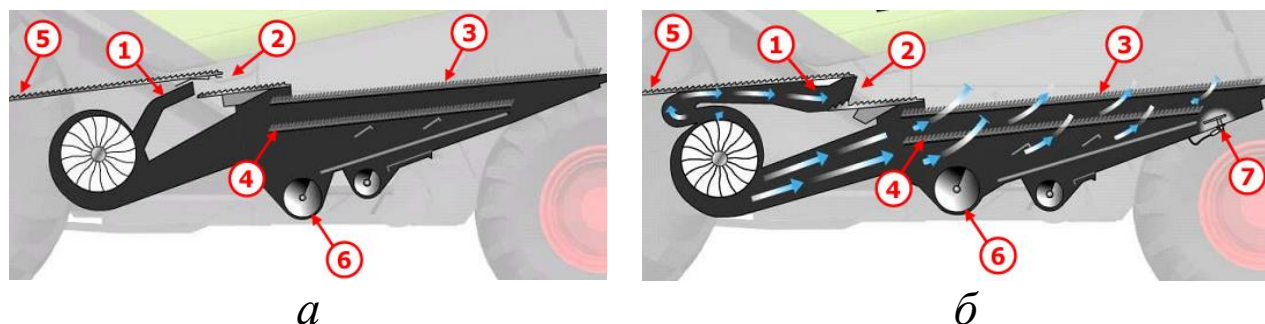


Рисунок 6.8 – Очистка
(а – стандартная; б – Jetstream):

1 – воздушный поток; 2 – каскад; 3, 4 – решета; 5 – транспортная доска; 6 – зерновой шнек; 7 – система Grainmeter

В случае системы очистки Jetstream, каскад 2 в два раза выше, чем в стандартной системе очистки.

Длинный воздушный канал 1 системы очистки Jetstream обеспечивает ламинарный воздушный поток.

Удлиненные решета 3 и 4 увеличивают площадь очистки системы Jetstream по сравнению со стандартной очисткой.

Транспортная доска 5 стандартной системы очистки может быть извлечена только целиком, а в случае системы Jetstream вся поверхность извлекается отдельными сегментами.

Увеличенный зерновой шнек 6 системы очистки Jetstream обеспечивает ускоренный ввод зерна в бункер для обеспечения уборки полей с высокой урожайностью.

Система Jetstream опционально может комплектоваться системой Grainmeter – замер процента зерна в сходовом продукте 7.

Солому и полосу можно обработать по трем различным технологиям. Классический вариант, который все еще используется на всех клавишных машинах – это разбрасыватель соломы 1 с регулируемым направляющим дефлектором (рисунок 6.9). В этом случае разбрасыватель полосы 2 разбрасывает массу, сходящую с решетного стана. Некоторые комбайны Lexion 580 все еще оборудуются разбрасывателями 3. Машины Lexion 570 и 600 оснащены радиальным разбрасывателем 4. Радиальный разбрасыватель распыляет не только солому, но и полосу с решетного стана через разбрасыватель 5.

Соломоизмельчитель поколения Special Cut прежде всего отличается наличием терочного сегмента R.

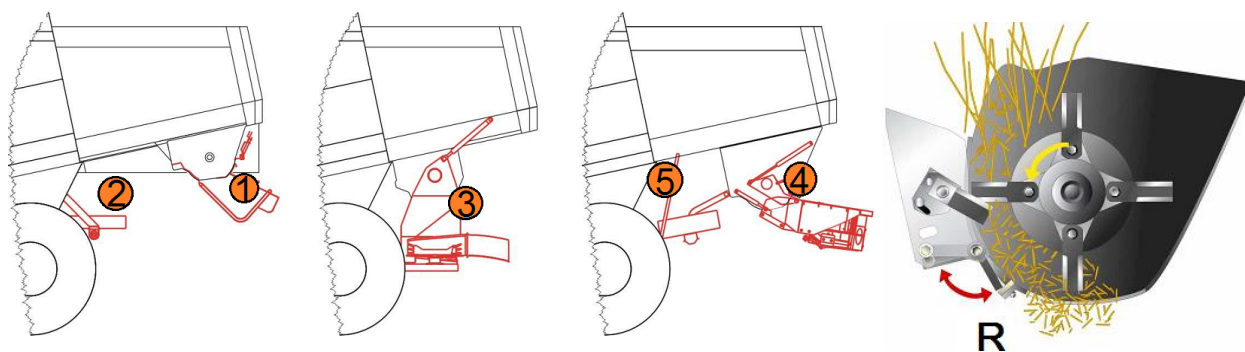


Рисунок 6.9 – Соломоизмельчитель и половоразбрасыватель

6.4. Органы управления

На рисунках 6.10 и 6.11 представлены терминал и пульт управления, многофункциональный рычаг.



Рисунок 6.10 – Терминал и пульт управления:

1 – терминал Cebis; 2 – кнопки Cebis; 3 – поворотный переключатель Cebis; 4 – маркеры картирования урожая; 5 – частота вращения двигателя; 6 – аварийная сигнализация; 7 – транспортная блокировка; 8 – раскладывание приставки; 9 – система 4-Trac (вкл./выкл.); 10 – левый нож рапс. жатки (вкл./выкл.); 11 – приставка (вкл./выкл.); 12 – молотилка (вкл./выкл.); 13 – поперечный наклон/длина стола жатки; 14 – реверс жатки (вкл./выкл.); 15 – стояночный тормоз; 16 – переключатель передач; 17 – переключатель скорости мотовила; 18 – регулятор средней линии Auto Pilot; 19 – система Auto Pilot (вкл./выкл.); 20 – крышка бункера (открыть/закрыть); 21 – Laser Pilot (левый/правый); 22 – заслонка роторов; 23 – индикатор натяжения ленты; 24 – средняя линия разбрасывания; 25 – помощь при опорожнении бункера; 26 – ширина разбрасывания

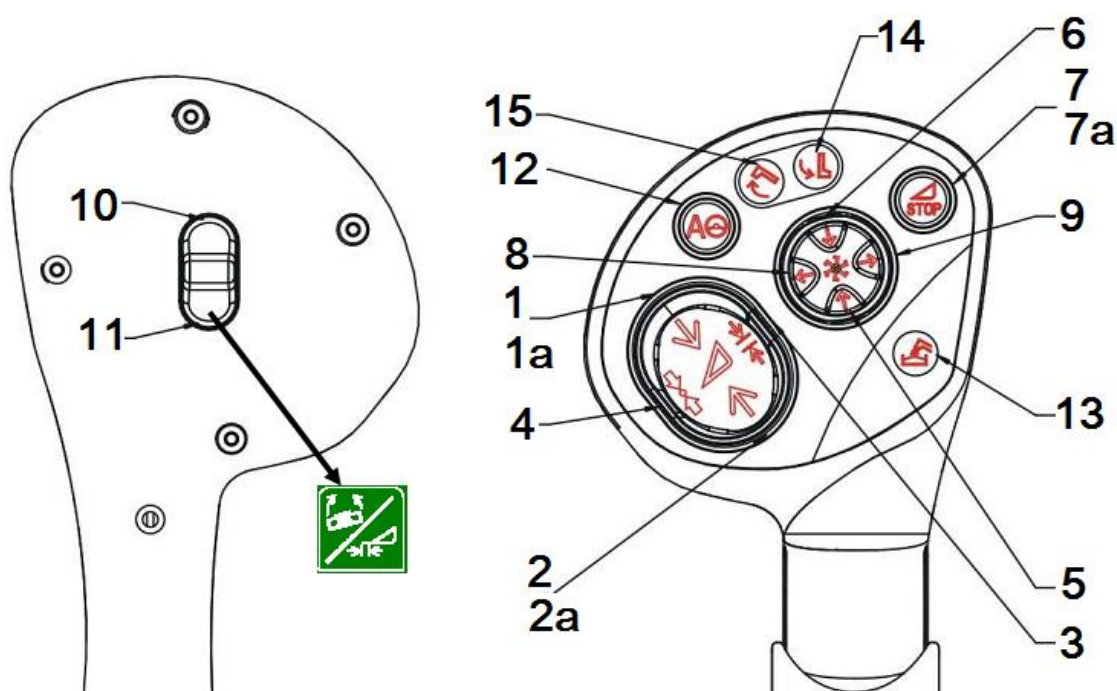


Рисунок 6.11 – Многофункциональный рычаг:

1 – опускание приставки (2 поз.); 2 – подъем приставки (2 поз.); 3 – предварительный выбор высоты среза (вкл.); 4 – система Auto Contour (вкл.); 5 – подъем мотовила; 6 – опускание мотовила; 7 – жатка выкл./тормоз (2 поз.); 8 – мотовило вперед; 9 – мотовило назад; 10 – стол жатки вперед/наклон жатки влево; 11 – стол жатки назад/наклон жатки вправо; 12 – Auto Pilot вкл./Cruise Pilot вкл.; 13 – выгрузка бункера (вкл./выкл.); 14 – задвинуть выгрузной шнек; 15 – выдвинуть выгрузной шнек

Транспортный режим дисплея отображает всю информацию, необходимую для езды по дорогам. Если переключиться на рабочий режим путем включения молотилки или выбором в меню символа, то некоторые данные перемещаются в другую часть дисплея, а также добавляются новые данные (рисунок 6.12).

Сигналы тревоги и информационные сигналы отсортированы по приоритету и располагаются в поле 3; индикаторы горят вплоть до момента изменения состояния. Меню 4 содержит подменю, касающиеся определенных функций, настройки в этих областях задаются с помощью кнопок Cebis.

Транспортный режим дисплея отображает всю информацию, необходимую для передвижения по дорогам (рисунок 6.13). При переключении на обзор уборки некоторые указатели перемещаются и дополняются новыми.

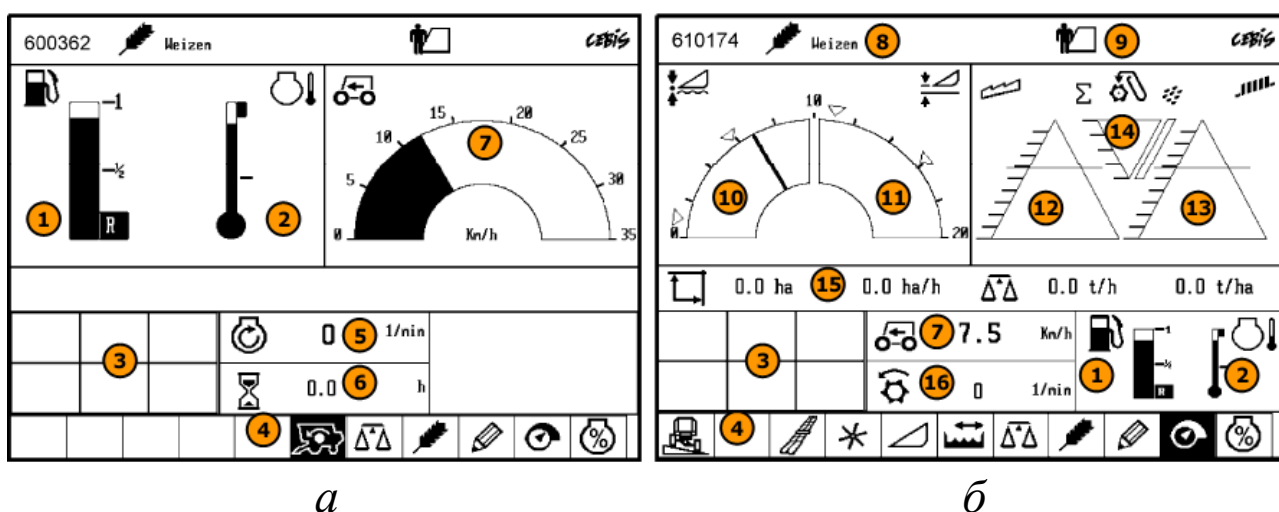
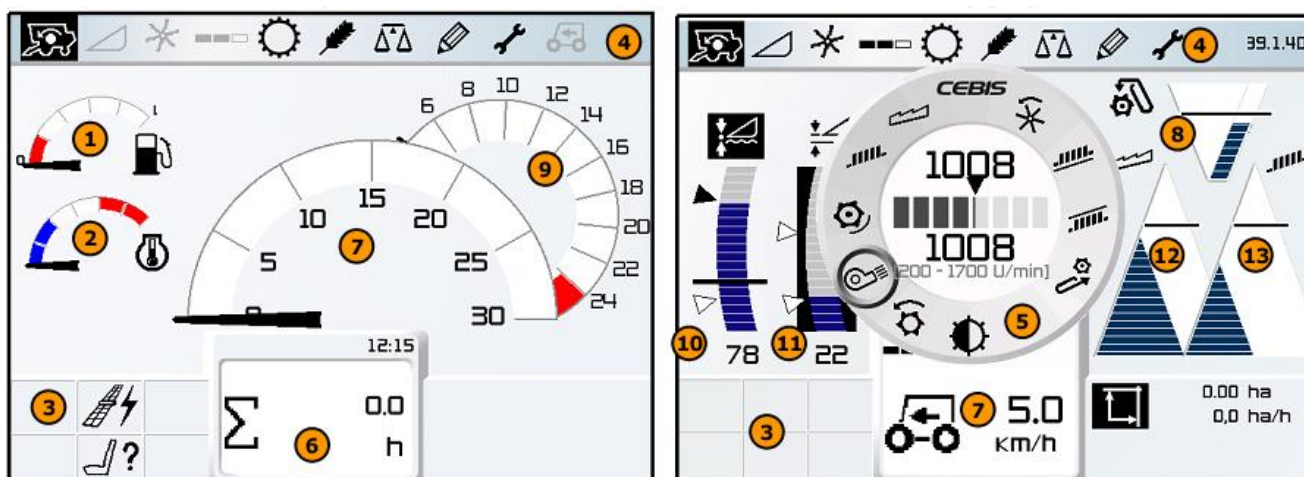


Рисунок 6.12 – Терминал Cebis
(*a* – транспортный режим дисплея;
б – рабочий режим дисплея):

1 – уровень топлива; 2 – уровень охлаждающей жидкости; 3 – сигнальные поля; 4 – меню; 5 – скорость вращения двигателя; 6 – счетчик моточасов; 7 – скорость движения; 8 – культура; 9 – имя клиента (при использовании карты); 10 – позиция системы Auto Contour; 11 – позиция предварительной высоты среза; 12 – потери за соломотрясом/роторами; 13 – потери за решетками; 14 – количество сходового продукта и зерна в нем; 15 – производительность; 16 – нагрузка на двигатель, скорость молотильного барабана, влажность зерна, зазор между пластинами початкоотделителя



а *б*
 Рисунок 6.13 – Терминал Cebis цветной
 (*а* – транспортный режим дисплея;
б – рабочий режим дисплея):

1 – уровень топлива; *2* – температура охлаждающей жидкости; *3* – поля индикации сигналов тревоги и справки; *4* – выбор меню; *5* – поворотный переключатель дисплея; *6* – часы работы дизельного двигателя; *7* – скорость движения; *8* – контроль сходового продукта (Grain Meter); *9* – обороты дизельного двигателя; *10* – положение жатки, регулирование высоты среза; *11* – положение жатки, предварительный выбор высоты резания; *12* – индикатор потерь за соломотрясом/роторами; *13* – индикатор потерь за решетками

ЛЕКЦИЯ 7

КОМБАЙНЫ JOHN DEERE

План лекции:

7.1. Особенности конструкции комбайнов

7.2. Органы управления

7.1. Особенности конструкции комбайнов

Общий вид комбайна John Deere 9880i STS представлен на рисунке 7.1.



Рисунок 7.1 – Общий вид комбайна

Регулировки комбайна TouchSet позволяют выбрать одну из 16 запрограммированных настроек или создать 5 своих для автоматической настройки комбайна под определенную культуру, включая настройку решет первичной и вторичной очистки.

Новый вариатор наклонной камеры увеличивает производительность на 20% (рисунок 7.2). «Пулеобразный» ротор увеличивает пропускную способность, уменьшает затраты энергии на обмолот и тем самым увеличивает производительность комбайна (рисунок 5.3).



Рисунок 7.2 – Жатка



Рисунок 7.3 – Комбайн

Молотильные секции 1 позволяют более эффективно перемещать большое количество массы через ротор, тем самым одновременно проводя обмолот (рисунок 7.4).

Износостойкие спиральные пластины STS модуля 2 не нуждаются в регулировках.

Высокопрочные пальцы сепаратора 3 позволяют проводить качественную сепарацию.

В отличие от традиционной роторной конструкции в комбайнах John Deere STS ротор вмонтирован эксцентрически по отношению к кожуху ротора (рисунок 7.5). Кроме того, диаметр кожуха увеличивается при переходе из зоны подачи в зону обмолота и из зоны обмолота в зону сепарации.

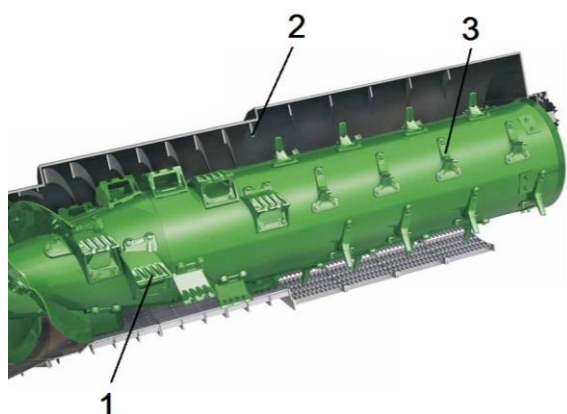


Рисунок 7.4 – Ротор:

1 – молотильные секции; 2 – износостойкие спиральные пластины STS модуля; 3 – высокопрочные пальцы сепаратора

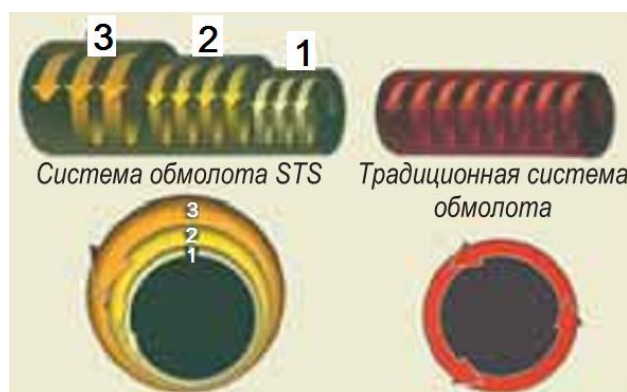


Рисунок 7.5 – Сравнение систем обмолота

Вентилятор диаметром 500 мм способен перемещать большой объем воздуха на полную ширину решет очистки. Благодаря новым направляющим воздушный поток распределяется в двух направлениях: первое – на верхние решета, второе – на нижние решета. Большой воздушный поток и отсутствие «мертвых» зон обеспечивает движение хлебной массы, минимизируя потери зерна.

Делители каналов 1 (рисунок 7.6) предотвращают скопление материала с одной стороны при уборке урожая на склонах, что гарантирует минимальные потери зерна.

Верхнее решето 2 позволяет равномерно распределить материал и обеспечить стабильное прохождение потока воздуха по всей ширине решета для улучшенной очистки.

Улучшенная подача воздуха на нижнее решето 3 позволяет выдувать оставшиеся частицы соломы и соломы.

Дополнительные боковые лопасти направляют воздушный поток 4 на боковые зоны верхних и нижних решет. Это способствует предотвращению накопления неочищенной зерновой массы по бокам решет.

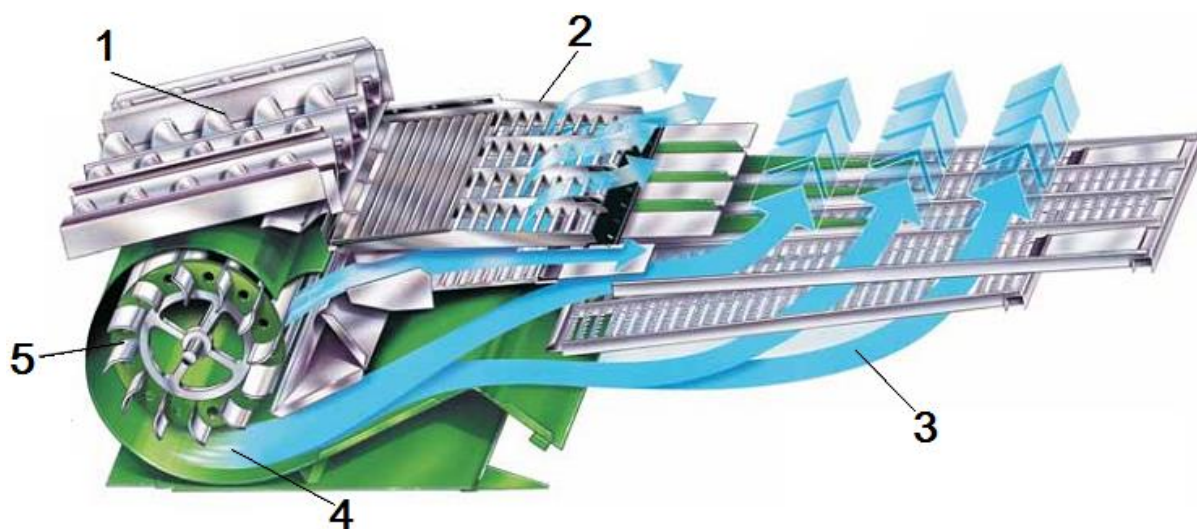


Рисунок 7.6 – Система очистки:

1 – делители каналов шнеков; 2 – верхнее решето; 3 – улучшенная подача воздуха на нижние решета; 4 – поток от дополнительных боковых лопастей; 5 – вентилятор

Для копирования рельефа почвы передняя подвижная рама наклонной камеры наклоняется вверх/вниз под углом 9° и вправо/влево под углом 4° (рисунок 7.7). Это обеспечивает поддержание одинаковой высоты среза материала и снижает возможность захвата почвы даже на неровных полях.

Складывающийся выгрузной шнек уменьшает общую транспортную длину комбайна (рисунок 7.8).

Измельчитель Power Cast позволяет регулировать ширину разбрасывания на ходу из кабины комбайна. Также имеется возможность регулировки вала ножей соломоизмельчителя без использования ключей.

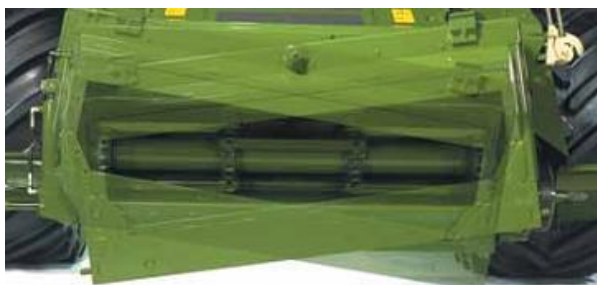


Рисунок 7.7 – Наклонная камера



Рисунок 7.8 – Выгрузной шнек

7.2. Органы управления

Органы управления комбайном представлены на рисунках 7.9–7.11.

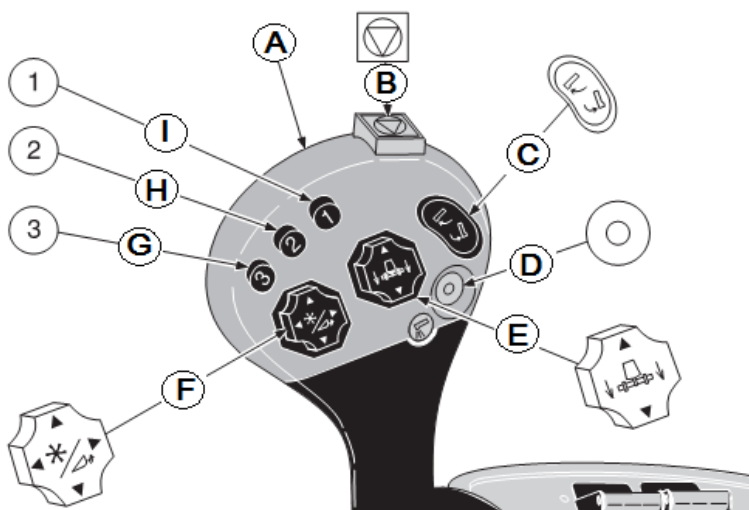


Рисунок 7.9 – Многофункциональная рукоятка управления (оранжевая):

А – многофункциональная рукоятка переднего/заднего хода; В – экстренное выключение автоматического выполнения операций; С – поворот выгрузного шнека внутрь и наружу; D – включение/выключение привода выгрузного шнека (с индикаторной лампочкой); E – переключатель подъема/опускания хедера и бокового наклона HeaderTrak; F – переключатель подъема/опускания мотовила и движения мотовила вперед/назад; F – скорость движения; F – регулируемые початкоотделяющие пластины кукурузоуборочной жатки (по спецзаказу); G – кнопка активизации 3; H – кнопка активизации 2; I – кнопка активизации 1

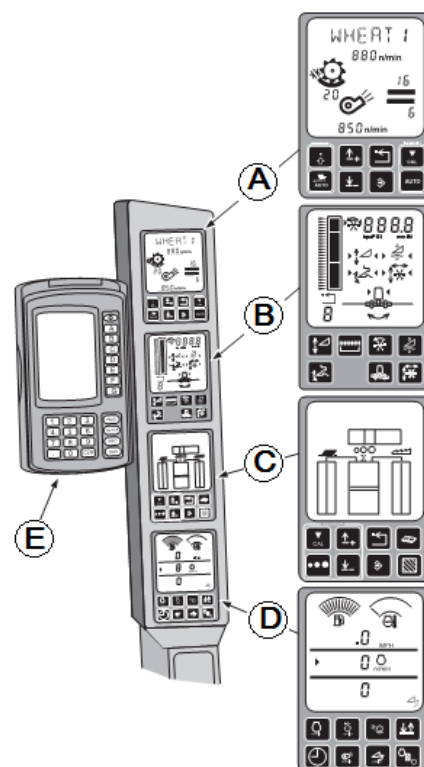


Рисунок 7.10 – Угловая стойка кабины

CommandTouch:

А – дисплей автоматических настроек комбайна (ACA) (TM) TouchSet; В – дисплей управления системы HeaderTrak; С – дисплей VisionTrak; D – тахометр трехсекционного дисплея; E – дисплей монитора (TM) GreenStar (дополнительное оснащение)

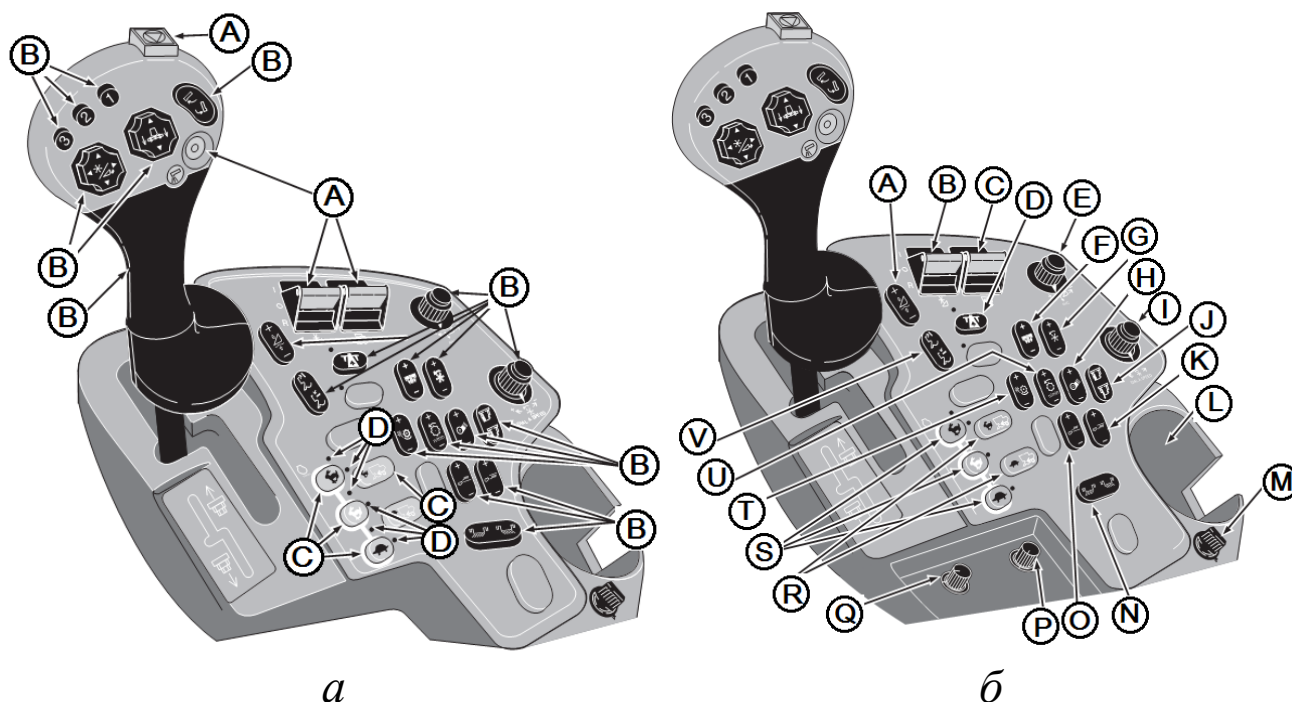


Рисунок 7.11 – Пульт управления Commandtouch
в подлокотнике (*а* – цвета переключателей и рукояток;
б – панель управления в подлокотнике)

A (желтый) – включение привода; *B* (черный) – рабочие настройки и операции управления; *C* (оранжевый) – скорость движения и обороты двигателя; *D* (зеленый) – индикаторы активации

A – переключатель управления Hydraflex; *B* – переключатель хедера и переключатель реверса камеры питателя; *C* – переключатель включения сепаратора; *D* – выключатель режима движения; *E* – регулятор высоты/давления на почву; *F* – переключатель скорости привода загрузчика; *G* – ручной переключатель скорости мотовила; *H* – переключатель скорости вращения вентилятора очистки; *I* – ручка системы Dial-a-Speed для мотовила; *J* – переключатель силового механизма складывания выгрузного шнека; *K* – переключатель регулировки зернового решета; *L* – подстаканник; *M* – прикуриватель; *N* – регулятор лопаток измельчителя; *O* – переключатель регулировки колосового решета; *P* – ручной регулятор скорости камеры питателя; *Q* – регулятор чувствительности системы HeaderTrak; *R* – переключатели четырехколесного привода; *S* – переключатели скорости двигателя; *T* – переключатель зазора подбарабання; *U* – переключатель скорости обмолота; *V* – переключатель крышки бункера зерна

ЛЕКЦИЯ 8

КОМБАЙНЫ NEW HOLLAND

План лекции:

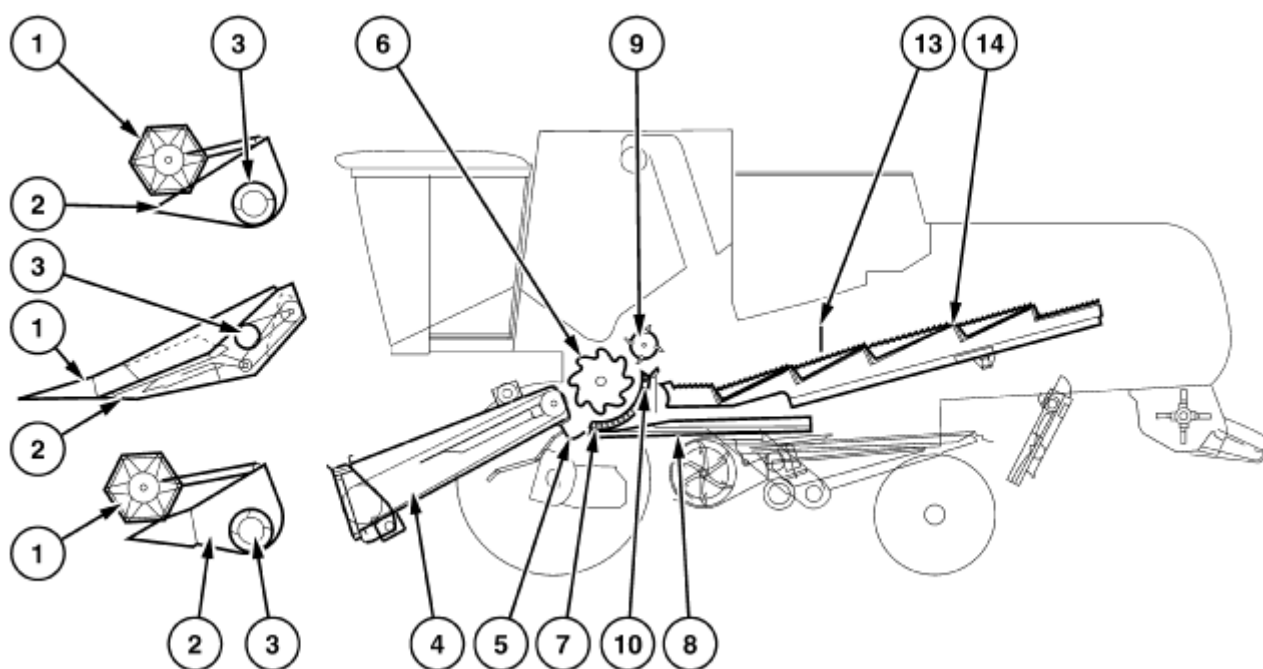
- 8.1. Устройство
 - 8.2. Технологический процесс работы
 - 8.3. Особенности конструкции комбайнов
 - 8.4. Органы управления
-

8.1. Устройство

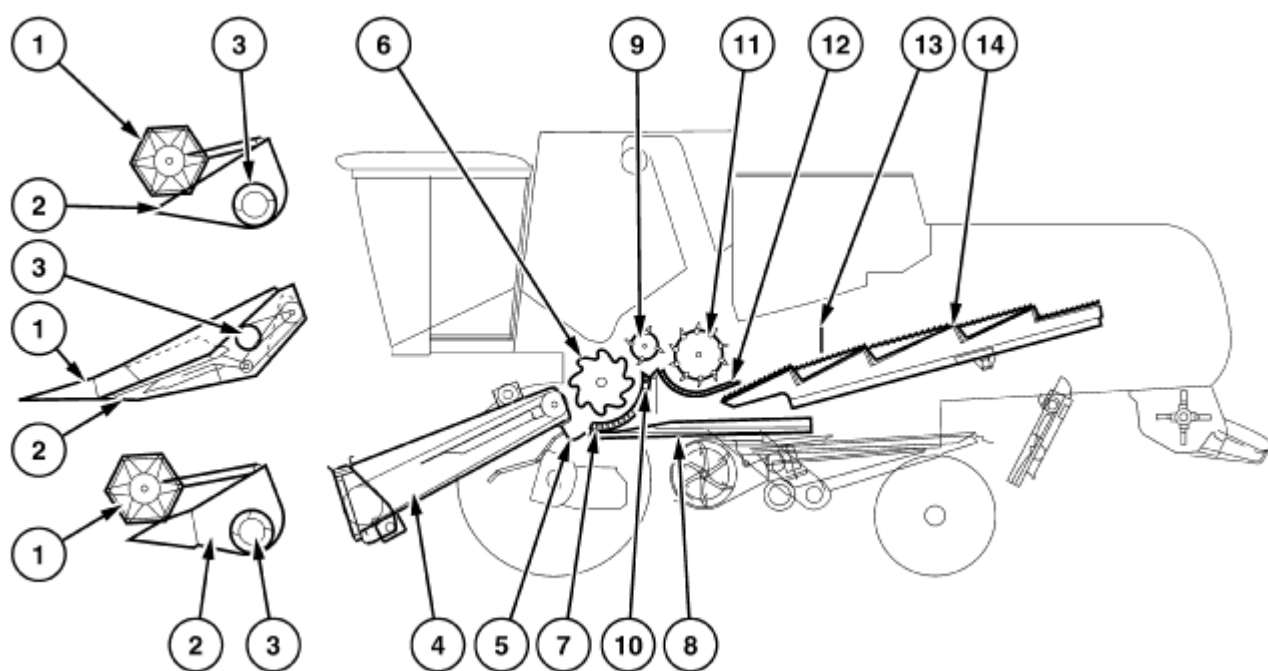
Общий вид и устройство комбайна New Holland CSX 7040–7080 показаны на рисунках 8.1–8.2.



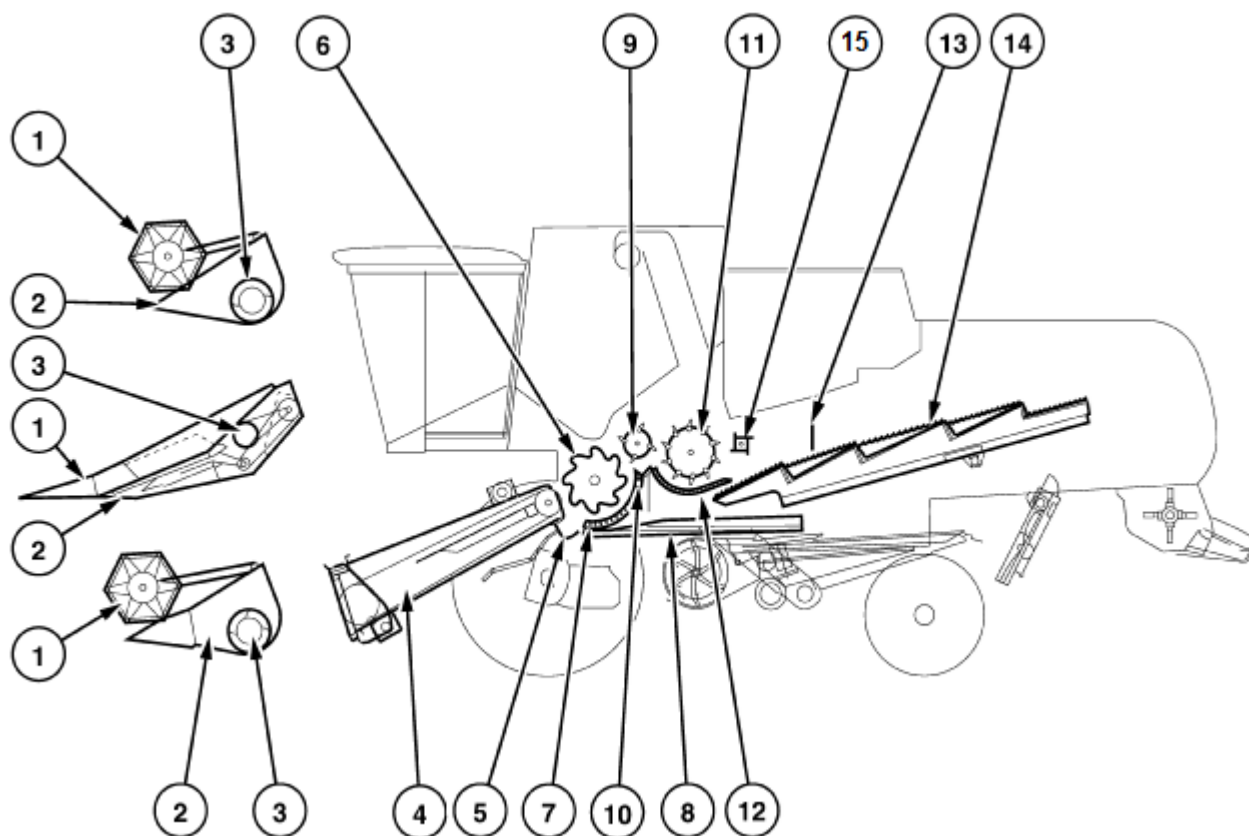
Рисунок 8.1 – Общий вид комбайна



a



b



в

Рисунок 8.2 – Устройство комбайна (*а* – без роторного сепаратора; *б* – с роторным сепаратором; *в* – битев Straw Flow):

1 – мотовило, делители; 2 – жатка, подбирающая цепь; 3 – шнек; 4 – наклонная камера; 5 – камнеуловитель; 6 – молотильный барабан; 7, 12 – подбарабанье; 8 – транспортная доска; 9 – битев; 10 – удлинитель подбарабанья; 11 – роторный сепаратор; 13 – соломозадерживающий фартук; 14 – соломотряс; 15 – битев Straw Flow

8.2. Технологический процесс работы

Мотовило 1 (на зерновой жатке или жатке типа SuperFlex) или подбирающая цепь 2 (на кукурузной жатке) направляют хлебную массу (початки кукурузы) в жатку, в сторону шнека 3 – рисунок 8.2. Шнек 3 направляет массу в переднюю часть наклонной камеры 4.

Затем хлебная масса переносится при помощи наклонной камеры через камнеуловитель 5 на молотильный барабан и подбарабанье. Задача камнеуловителя 5 – удаление камней и иных чужеродных тел, которые могут повредить внутренние

элементы комбайна.

Во вращающемся барабане 6 зерно трется о планки подбарабанья 7. Во время этой операции отделяется большая часть зерна, которое попадает на транспортную доску 8. Солома (и оставшееся зерно) переносится на бите 9.

Для злаковых остеоотделительные пластины могут быть установлены ниже подбарабанья, что позволяет оптимизировать процесс растирания при обмолоте озимого ячменя или при уборке других культур, обмолот которых затруднен.

Соскабливающие пластины могут быть установлены в передней части подбарабанья, что позволяет увеличить эффективность обмолота (это особенно важно при уборке пшеницы) и удалить мякину.

Бите 9 удаляет солому из барабана и подает ее на роторный сепаратор 11 и подбарабанье 12, где процесс отделения зерна от соломы продолжается.

Соломозадерживающий фартук 13 защищает от разброса соломы битером или роторным сепаратором слишком близко от соломотряса 14.

Бите Straw Flow 15 (если установлен) улучшает транспортировку соломы по направлению к соломотрясу и обеспечивает более плавное течение материала в случае тяжелых культур.

Соломотряс 14 поднимает и опускает солому, в результате чего с соломотряса выпадает зерно и подается на возвратные скатные доски, находящиеся в задней части транспортной доски 8.

Солому соломотряс переносит на заднюю часть комбайна, а там она укладывается в рядки или измельчается соломоизмельчителем (если установлен).

Зерно и мякина, находящиеся на транспортной доске 8, транспортируются к задней части комбайна. Если комбайн оснащен системой Smart Sieve, производительность очистной системы на склонах будет такой же, как и на ровной местности.

В зависимости от скорости вращения вентилятора и наклона привод системы Smart Sieve обеспечит больший или меньший диапазон боковых движений предварительного и верхнего решета.

Если не установлена система Smart Sieve, работу на склонах облегчает монтаж удлиненных распределителей на предварительном и верхнем решете. Эти распределители могут мешать при работе на ровном поле. Удлиненные распределители устанавливаются как стандартная оснастка на транспортной доске 8, где они обеспечивают равномерное распределение материала, который транспортируется на предварительное решето 17 – рисунок 8.3.

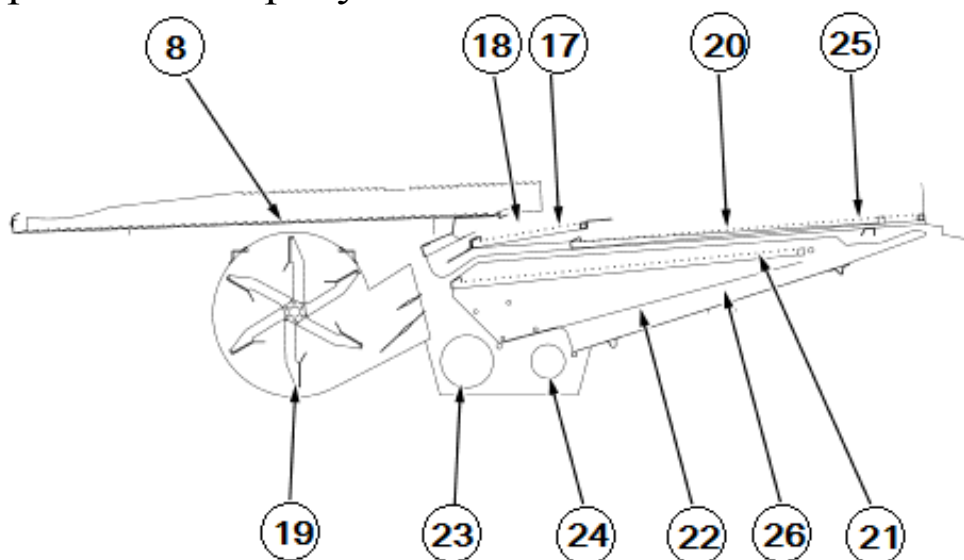


Рисунок 8.3 – Очистка:

8 – транспортная доска; 17 – предварительное решето; 18 – пальцевая решетка; 19 – вентилятор очистки; 20 – верхнее решето; 21 – нижнее решето; 22 – зерновой скат; 23 – шнек очищенного зерна; 24 – возвратный поперечный шнек; 25 – верхняя корзина; 26 – нижняя корзина

Ситовая корзина состоит из верхней 25 и нижней 26 корзин, движущихся в противоположных направлениях. Первая сепарация происходит на транспортной доске, где легкая мякина образует верхний слой, а более тяжелое зерно – нижний. Материал падает через пальцевую решетку 18, установленную сзади зернового поддона, на предварительное решето 17. Воздух из вентилятора очистной системы 19 выдувает мякину над предварительным решетом, и в результате через предва-

рительное решето проходит зерно в значительной мере очищенное. Это действие осуществляется еще раз между предварительным 17 и верхним 20 решетками. Воздух, поступающий с вентилятора 19, выбрасывает мякину через верхнее решето из машины, а зерно, необмолоченные колоски и небольшое количество тяжелой мякины попадает на нижнее решето 21.

Установка предварительного решета существенно повышает производительность ситовой корзины. Операция окончательной очистки происходит на нижнем, или очистном, решете. Зерно, которое попадет на очистное решето, переносится над зерновым скатом 22 и попадает на поперечный возвратный шнек очищенного зерна 23. Необмолоченные колоски, которые не упадут через нижнее решето, переносятся возвратным поперечным шнеком 24 и возвратным конвейером на молотильный барабан на повторный обмолот.

Очищенное зерно передается в зерновой бункер 32 (рисунок 8.4) при помощи поперечного шнека очищенного зерна 23 (рисунок 8.3), зернового элеватора 31 (рисунок 8.4) и шнека зернового бункера 33.

Зерновой бункер опорожняется при помощи разгрузочного шнека зернового бункера 34 и шнека разгрузочной трубы 35.

8.3. Особенности конструкции комбайнов

Все серии клавишных зерноуборочных комбайнов New Holland оснащаются эффективной многоступенчатой системой обмолота.

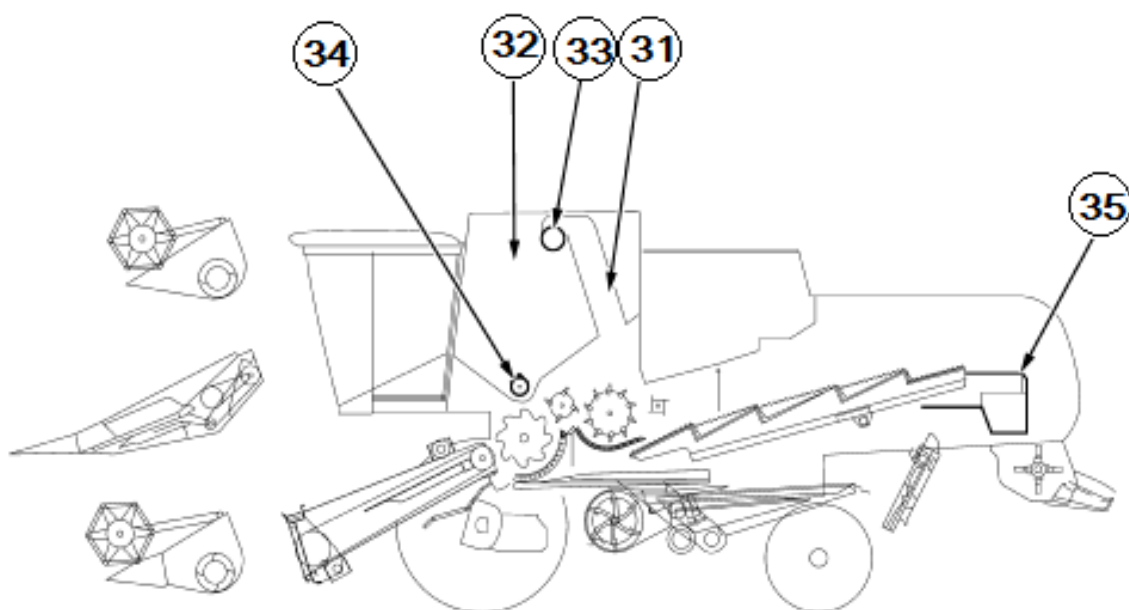


Рисунок 8.4 – Схема накопления зерна в бункере и его выгрузки:
 31 – зерновой элеватор; 32 – зерновой бункер; 33 – шнек зернового бункера; 34 – разгрузочный шнек зернового бункера; 35 – шнек разгрузочной трубы

Система обмолота состоит из трех (серия ТС) или четырех (серия CSX, CX) вращающихся элементов: молотильного барабана, битера, роторного сепаратора и битера соломы (рисунок 8.5).

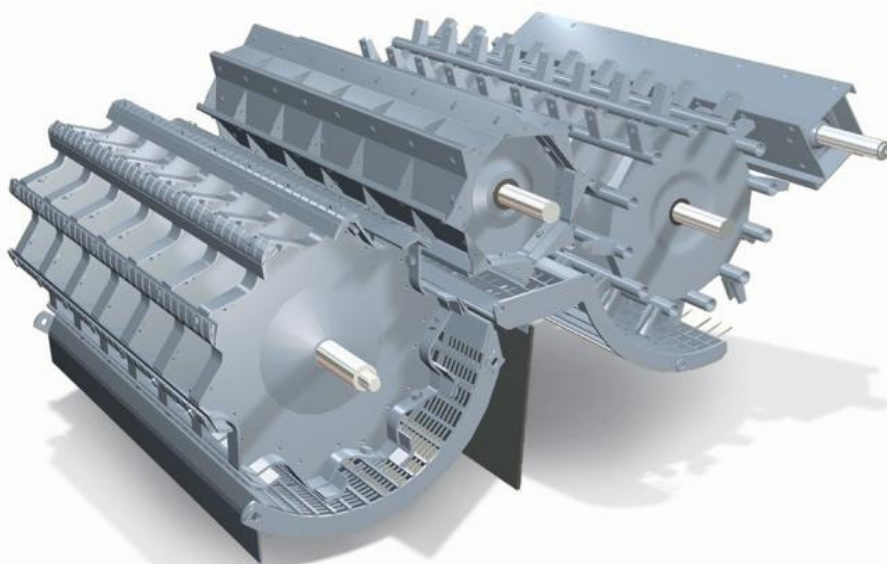


Рисунок 8.5 – Многоступенчатая система обмолота

Хлебная масса, обмолачиваемая молотильным барабаном, битером подается на роторный сепаратор, который дополнительно отделяет еще 3...4% зерна.

Система Multi-Thresh позволяет изменять расстояние между вращающимся роторным сепаратором и его подбарабаньем, обеспечивая адаптацию машины к уборке различных видов культур.

8.4. Органы управления

Приборы управления представлены на рисунках 8.6–8.8.

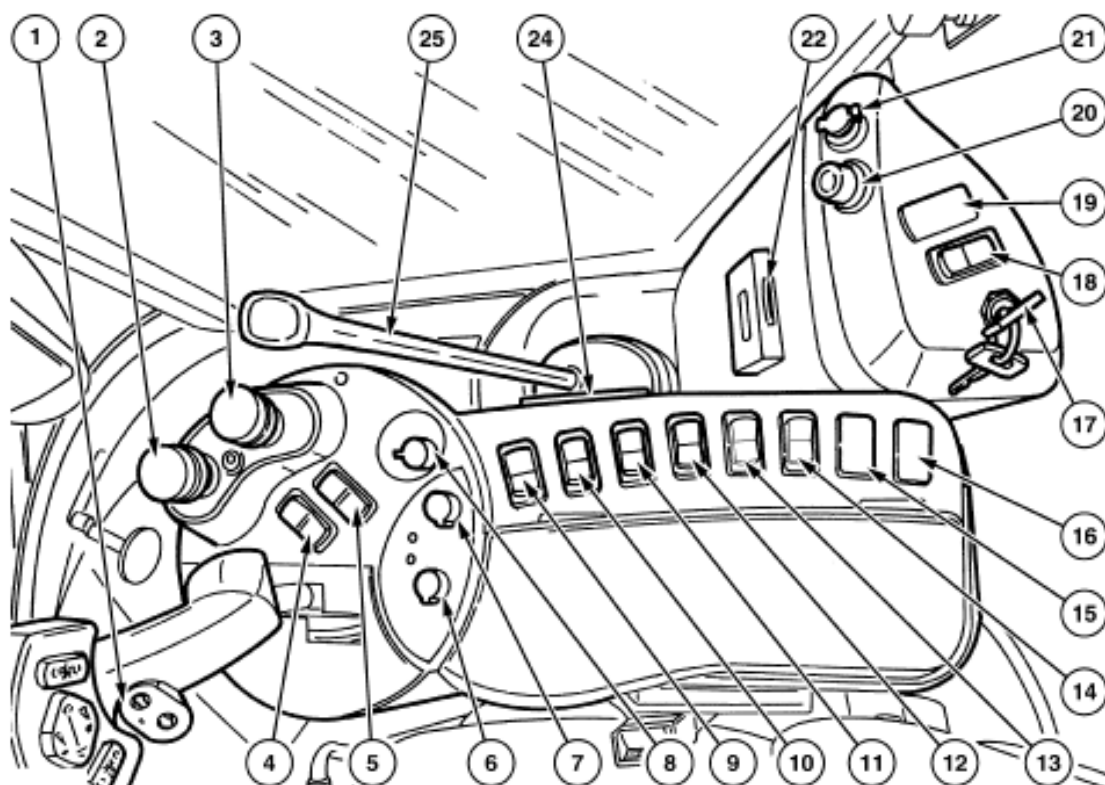


Рисунок 8.6 – Панель управления с правой стороны:

1 – ходовой/мультифункциональный рычаг; 2 – переключатель включения молотилки; 3 – переключатель жатка/соломоподъемник; 4 – кулисный переключатель скорости вращения барабана; 5 – кулисный переключатель скорости вращения вентилятора; 6 – тумблер управления высотой рабочей зоны жатки; 7 – тумблер управления выравниванием (компенсацией) жатки; 8 – переключатель режима управления жаткой; 9 – переключатель режима движения; 10 – движение ножа/тумблерный переключатель горизонтального положения мотовила; 11 – тумблерный переключатель включения системы синхронизации скорости вращения мотовила; 12 – кулисный переключатель клавиши разбрасывателя и измельчителя (если установлен); 13 – кулисный переключатель контроля зазора подбарабанья (если установлен); 14 – кулисный переключатель контроля верхнего решета (если установлен); 15 – кулисный переключатель управления нижним решетом (если установлен); 16 – выключатель вертикальных ножей (если установлен); 17 – ключ замка зажигания; 18 – тумблер включения привода на четыре колеса (если установлен); 19 – кулисный переключатель дросселя двигателя; 20 – зажигалка; 21 – 12-вольтовое гнездо постоянного тока; 22 – место для хранения напитков; 24 – пепельница; 25 – рычаг ручного переключения скоростей

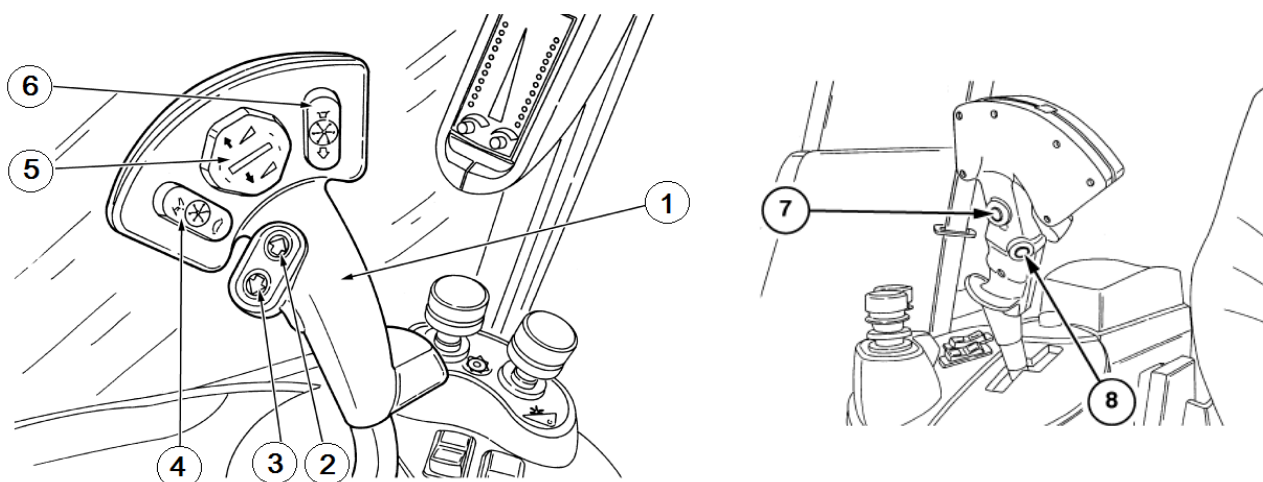


Рисунок 8.7 – Многофункциональный рычаг:

1 – многопозиционный/ходовой рычаг; 2 – кнопка открывания разгрузочной трубы; 3 – кнопка закрывания разгрузочной трубы; 4 – кулисный переключатель увеличения / уменьшения скорости вращения мотовила; 5 – кулисный переключатель высоты жатки; 6 – кулисный переключатель контроля высоты мотовила; 7 – кнопка автоматического контроля высоты жатки; 8 – кнопка изменения направления жатки и соломоподъемника

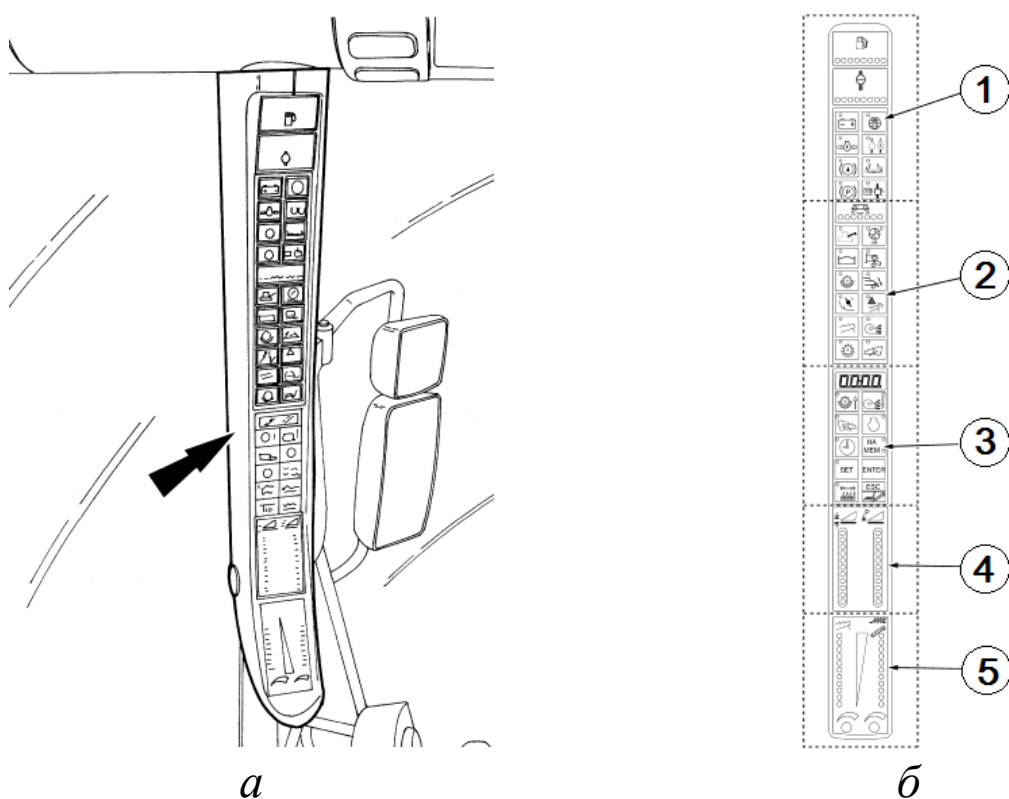


Рисунок 8.8 – Монитор (а – общий вид; б – разделение монитора по выполняемым функциям):

1 – функции двигателя; 2 – функции обмолота; 3 – дисплей функций клавиатуры; 4 – показания жатки; 5 – показания потерь

ЛЕКЦИЯ 9

КОМБАЙНЫ Sampo ROSENLEW

План лекции:

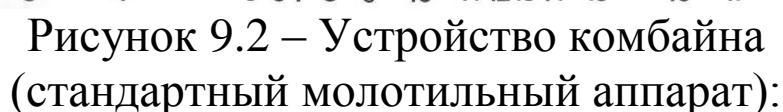
- 9.1. Устройство
 - 9.2. Технологический процесс работы
 - 9.3. Особенности конструкции комбайнов
 - 9.4. Органы управления
-

9.1. Устройство

Общий вид и устройство комбайна Sampo Rosenlew SR3065 представлены на рисунках 9.1–9.3.



Рисунок 9.1 – Общий вид комбайна



Technical drawing of a motor vehicle with a crane, showing a side view and a detailed view of the crane mechanism. The side view is labeled with numbers 1 through 18. The detailed view of the crane mechanism is labeled with numbers 20 through 26.

Рисунок 9.3 – Устройство комбайна
(TS молотильный аппарат):

67

9.2.1. Технологический процесс работы (стандартный молотильный аппарат)

Хлебные делители отделяет срезанный хлеб и направляют его на мотовило 1 (рисунок 9.2). Мотовило 1 вместе со стеблеподъемниками поднимает полегший хлеб и направляют его с режущего аппарата жатки на шнек 3, который собирает срезанный хлеб и подает его на транспортер 4, несущий его дальше на обмолот.

Камни и прочие тяжелые предметы оседают в камнеуловителе 5. Так молотильный механизм защищен от повреждения.

Обмолот зерна происходит при воздействии барабана 6 на подбарабанье 7. Обмолоченные зерна и большая часть шелухи и соломы идет через подбарабанье 7 на транспортную доску 10. Отбойный битей 8 и продолжение подбарабана направляют обмолоченную соломенную массу на соломотряс 17.

Соломотряс 17 отделяет соломенную массу от оставшегося зерна и выносит солому наружу. Зерно движется по донному желобу соломотрясов на транспортную доску 10. Транспортная доска 10 перемещает обмолоченную массу на очистку 13. На транспортной доске 10 шелуха и легкий мусор оказываются сверху, а зерна снизу.

Поток воздуха вентилятора 9 поднимает легкую шелуху в воздух в самом начале грохота 13 и выносит их наружу, минуя грохот. Мякинное решето пропускает через себя более тяжелые и подходящие по размеру зерна и не полностью обмолоченные колосья. Более крупный мусор движется по решетам наружу. Чистое зерно падает на зерновой шнек через зерновое решето и далее в зерновой элеватор 11 и посредством наполняющего шнека в зерновой бункер 23.

Оставшиеся на удлинителе зерна и части колосьев, не просеянные через зерновое решето, возвращаются на повторный обмолот.

После соломотряса 17 солома выбрасывается целой в поле

или направляется на измельчитель 19, измельчается и разбрасывается по полю.

9.2.2. Технологический процесс работы (TS молотильный аппарат)

Хлебные делители отделяют срезанный хлеб и направляют на мотовило 1 (рисунок 9.3).

Мотовило 1 вместе со стеблеподъемниками поднимают полегший хлеб и направляют его с режущего аппарата жатки на шнек 3. Шнек 3 собирает срезанный хлеб и подает его на транспортер 4, несущий его дальше на обмолот. Камни и прочие тяжелые предметы оседают в камнеуловителе 5.

Срезанные стебли подают сначала на предварительный молотильный барабан 20, который отделяет обмолоченные зерна и направляет их через предварительное подбарабанье на переднюю часть транспортной доски 10. Предварительный молотильный барабан 20 одновременно выравнивает подачу на основной молотильный барабан 6.

Обмолот оставшейся части зерна происходит между основным барабаном 6 и подбарабаньем 7. Обмолоченные зерна и большая часть шелухи и соломы идет через подбарабанье 7 на транспортную доску 10.

Отбойный битей 8 и продолжение подбарабанья направляют обмолоченную солоmistую массу на соломотряс 17.

Соломотряс 17 отделяет солоmistую массу от оставшегося зерна и выносит солому наружу. Зерно движется по донному желобу соломотряса 17 на транспортную доску 10. Транспортная доска 10 перемещает обмолоченную массу на очистку 13. На транспортной доске 10 шелуха и легкий мусор оказываются сверху, а зерна снизу.

Поток воздуха вентилятора 9 поднимает легкую шелуху в воздух в самом начале очистки 13 и выносит их наружу, минуя ее. Мякинное решето пропускает через себя более тяжелые и

подходящие по размеру зерна и не полностью обмолоченные колосья. Более крупный мусор движется по решетам наружу. Чистое зерно падает на зерновой шнек через зерновое решето и далее в зерновой элеватор 11 и посредством наполняющего шнека в зерновой бункер 25.

Оставшиеся на удлинителе зерна и части колосьев, не просеянные через зерновое решето, возвращаются на повторный обмолот.

После соломотряса 17 солома выбрасывается целой в поле или направляется на измельчитель 19, измельчается и разбрасывается по полю.

9.3. Особенности конструкции комбайнов

Ширина захвата жаток составляет 4,2; 4,50; 4,80; 5,10; 5,70; 6,3 м (рисунок 9.4). Привод режущего аппарата – механизм качающейся шайбы.



Рисунок 9.4 – Жатка

При обломе пальцев шнека жатки он остается внутри шнека, не повреждая жатку (рисунок 9.5).

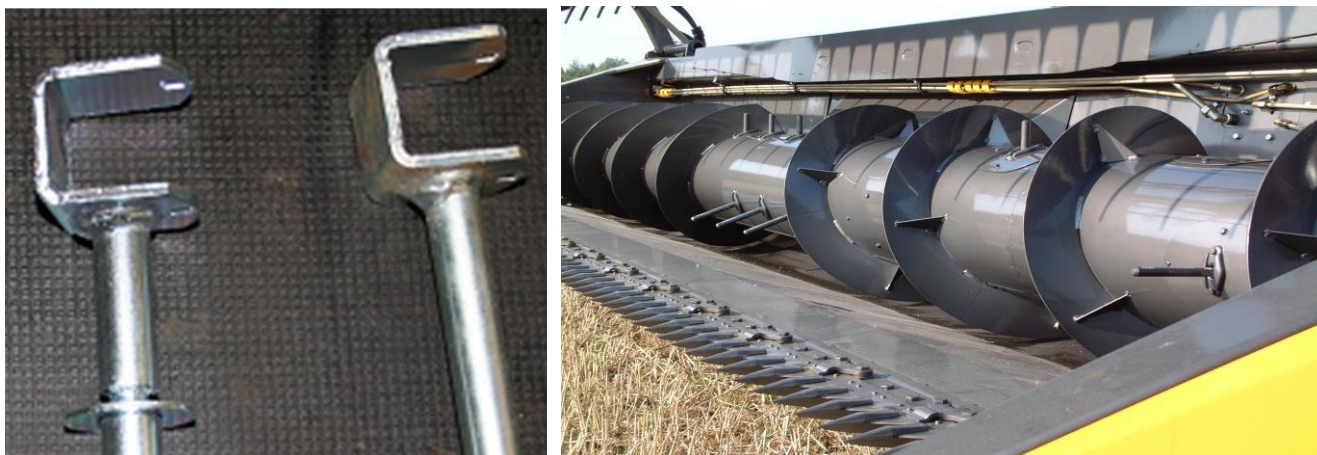


Рисунок 9.5 – Пальцы жатки

Граблины мотовила изготовлены из пластик-нейлона или из оцинкованного металла (рисунок 9.6).



Рисунок 9.6 – Пальцы мотовила

Сегменты ножа крепятся при помощи болтового соединения, что упрощает ремонтпригодность в поле (рисунок 9.7).



Рисунок 9.7 – Сегменты ножа

У модели SR3065 установлен барабан и отбойный бите́р (рисунок 9.8, *а*) у SR3085 – двухбарабанная система обмолота (рисунок 9.8, *б*).

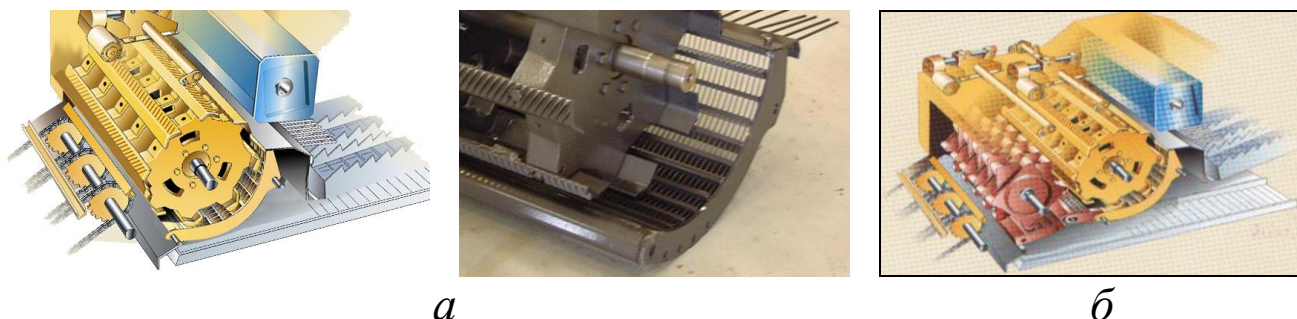


Рисунок 9.8 – Молотильный аппарат (*а* – комбайн серии SR3065; *б* – комбайн серии SR3085)

На рисунке 9.9, *б* изображено подбарабанье нового типа. Оно эффективно работает при обмолоте сухого зерна. В передней части прутки имеют более частый шаг. Модификация улучшает обмолот и препятствует падению необмолоченного материала сквозь подбарабанье.

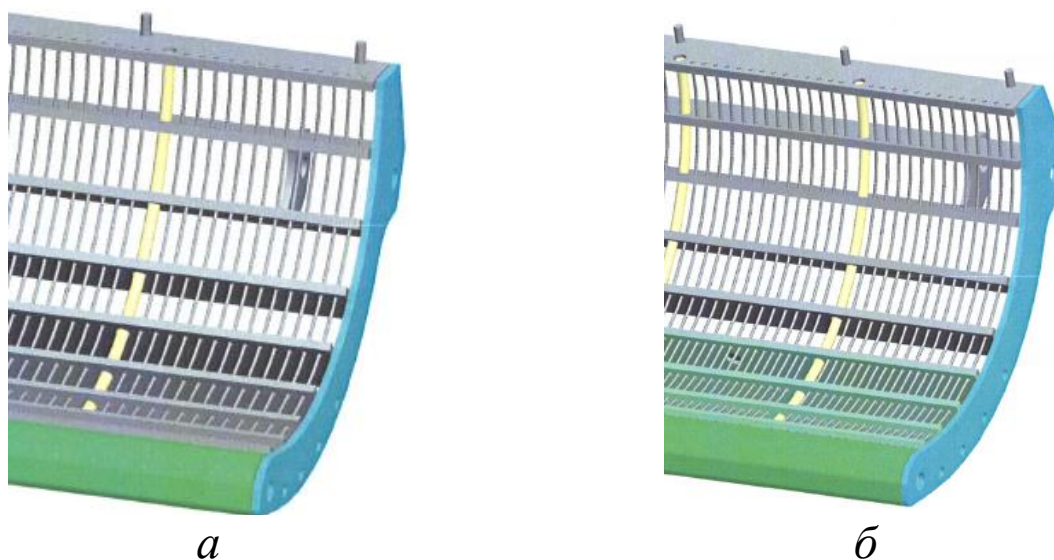


Рисунок 9.9 – Подбарабанье:
а – старого типа; *б* – нового типа

В конструкции предусмотрены извлекаемые секции решет (3 шт.) из нержавеющей стали (рисунок 9.10, *а*). Предусмотре-

но легкое их извлечение с помощью спецключа (рисунок 9.10, б).



а



б

Рисунок 9.10 – Секции решет:

а – решетка; *б* – спецключ

Устройство дополнительного обмолота эффективно до-молачивает поступающую массу и подает ее на решетка (рису-нок 9.11). Система не перегружает основное молотильное устройство.

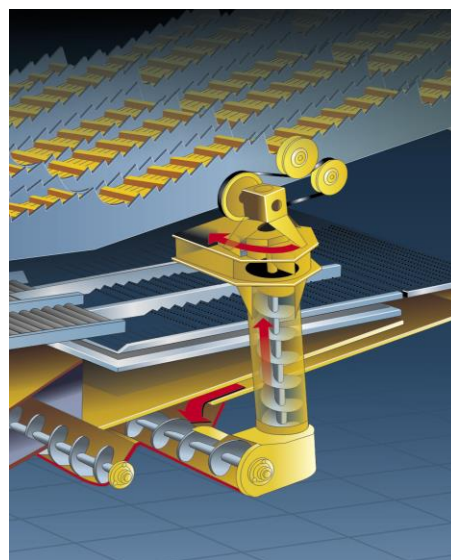
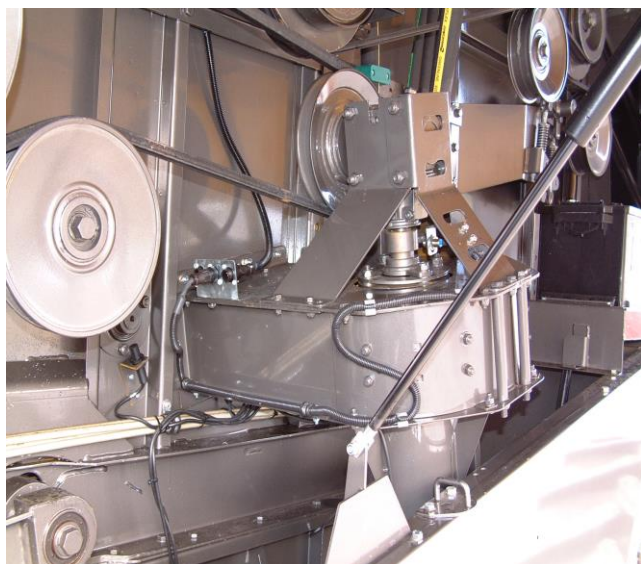


Рисунок 9.11 – Система дополнительного обмолота

На комбайне устанавливаются шесть четырехступенчатых клавиш соломотряса (рисунок 9.12). Лотки клавиш соломотряса легко извлекаются через люк в задней панели комбайна.



Рисунок 9.12 – Соломотряс

9.4. Органы управления

Приборы управления представлены на рисунках 9.13–9.15.

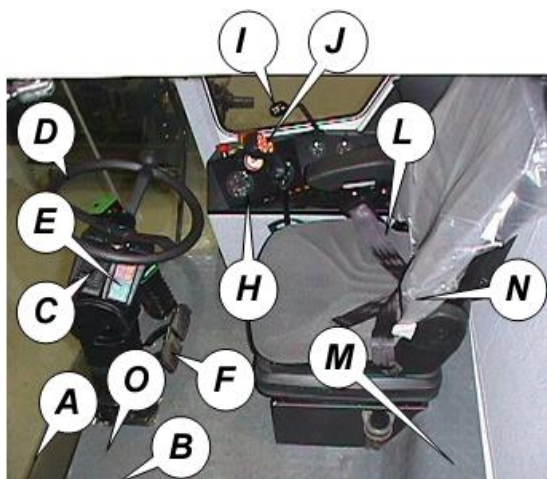


Рисунок 9.13 – Кабина:

А – указатель высоты жатки; В – ручной тормоз; С – многофункциональный переключатель; D – руль; E – сигнальные лампочки; F – педали тормоза; H – приборная доска; I – рычаг переключения передач; J – рычаг хода; L – руль регулировки подбарабання (при ручном управлении); N – кресло; M – сидение помощника

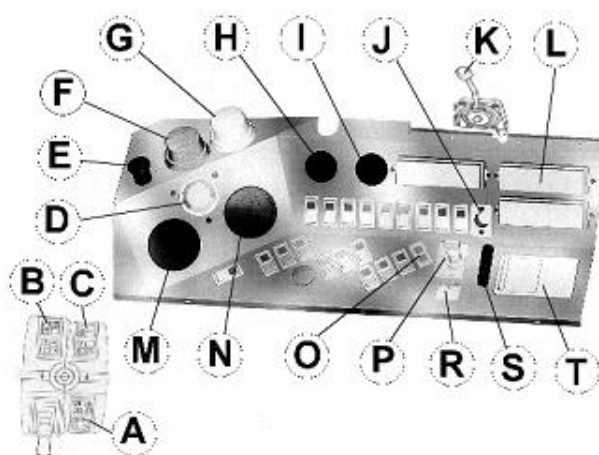


Рисунок 9.14 – Приборная доска:

А – сигнальные лампочки, рабочее состояние; В – сигнальные лампочки, аварийное состояние молотильного аппарата; С – сигнальные лампочки, двигатель и гидравлика; D – датчик облегчения жатки; E – аварийный выключатель; F – аварийная лампочка; G – сигнальная лампа зернового бункера; H – термометр; I –топливный датчик; J – электророзетка; K – рычаг газа; L – предохранители; M – счетчик скорости вращения барабана и вентилятора; N – спидометр и счетчик часов; P – замок зажигания, стартер/остановка; R – указатель зазора молотыбы; S – стоп-рычаг; T – пепельница; O – предварительный нагрев и сигнальная лампа двигателя

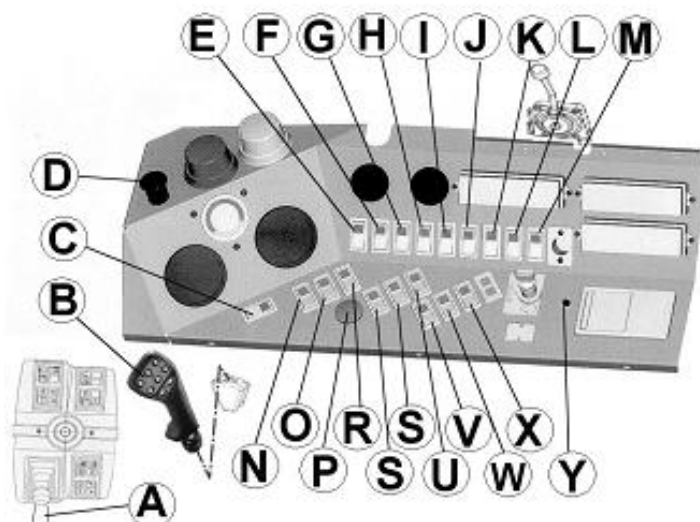


Рисунок 9.15 – Переключатели:

A – указатель поворота, фары, ближний/дальний свет, звуковой сигнал/заполнение бункера; *B* – рычаг хода и многофункциональный рычаг; *C* – индикатор скорости барабан/вентилятор; *D* – аварийный выключатель; *E* – вращающаяся мигалка; *F* – аварийная мигалка; *G* – переключатель полного привода; *H* – регулятор скорости вращения барабана; *I* – регулятор скорости вращения вентилятора; *J* – регулятор зазора в молотильном аппарате; *K* – передние рабочие фары; *L* – задние рабочие фары; *B* – рычаг хода и многофункциональный рычаг; *C* – указатель скорости барабана/вентилятора; *N* – выключатель жатки; *O* – выключатель молотильного аппарата; *R* – выключатель разгрузки; *S* – направление струи измельчителя; *U* – поднятие крышки бункера; *V* – вертикальный нож левый; *W* – вертикальный нож правый; *X* – обратный ход жатки и шнека; *M* – электрогаз; *P* – автоматическая регулировка скорости мотовила; *Y* – запрос кода ошибки ЕТ двигателя

ЛЕКЦИЯ 10

КОМБАЙНЫ ПО «ГОМСЕЛЬМАШ»

План лекции:

10.1. Устройство

10.2. Технологический процесс работы

10.3. Особенности конструкции комбайнов

10.4. Органы управления

10.1. Устройство

Общий вид и устройство комбайна КЗС-1218 «Палессе GS12» представлены на рисунках 10.1 и 10.2.



Рисунок 10.1 – Общий вид комбайна:

1 – жатка; 2 – комбайн самоходный

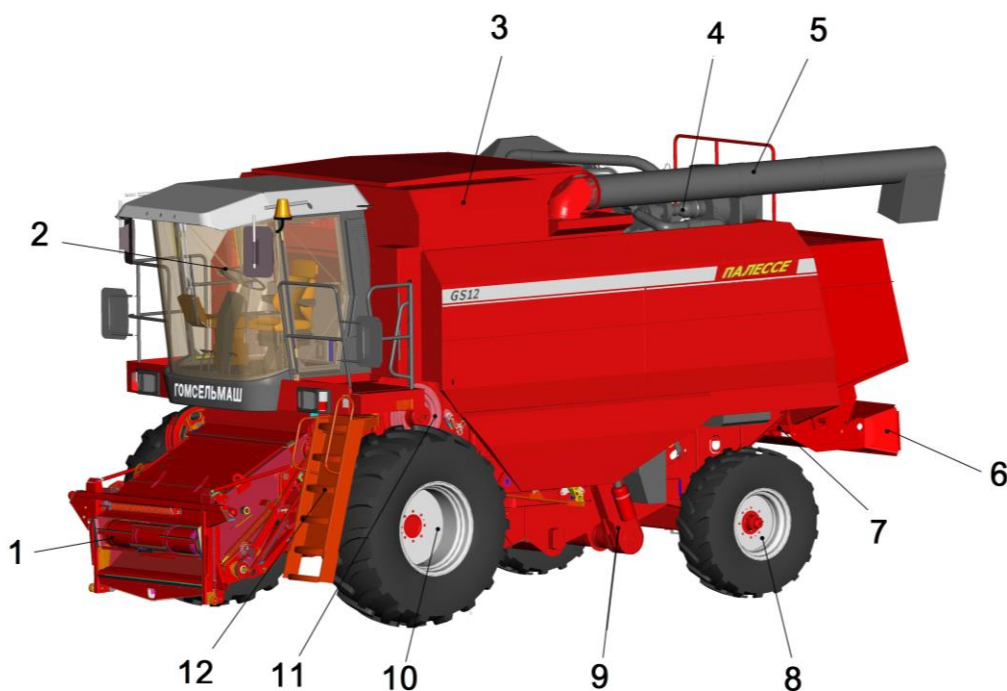


Рисунок 10.2 – Устройство комбайна:

1 – наклонная камера; 2 – кабина с площадкой управления; 3 – зерновой бункер; 4 – двигатель; 5 – шнек выгрузной; 6 – дефлектор; 7 – соломоизмельчитель; 8 – мост управляемых колес; 9 – очистка; 10 – мост ведущих колес; 11 – молотильный аппарат; 12 – трап

Комбайн состоит из наклонной камеры 1 (рисунок 10.2), молотильного аппарата 11, очистки 9, соломоизмельчителя 7 с дефлектором 6, двигателя 4, кабины 2 с площадкой управления, бункера зернового 3, шнека поворотного выгрузного 5, гидросистемы привода ходовой части, гидросистемы рулевого управления и силовых гидроцилиндров, электрооборудования и приводов рабочих органов.

10.2. Технологический процесс работы

При движении комбайна лопасти мотовила 22 (рисунок 10.3) жатки для зерновых культур захватывают и подводят порции стеблей к режущему аппарату 21, а затем подают срезанные стебли к шнеку 20. Пальчиковый механизм шнека захватывает их и направляет в окно жатки, из которого масса отбирается к транспортеру наклонной камеры 19, который подает поток хлебной массы в молотильный аппарат к барабану-ускорителю 18, а затем к молотильному барабану 16. В

процессе обмолота зерно, солома и мелкий соломистый ворох просыпаются через решетку подбарабанья 17 на транспортную доску 14, остальной ворох отбрасывается отбойным битем 15 на соломотряс 4, на клавишах которого происходит дальнейшее отделение зерна из соломистого вороха.

Солома транспортируется клавишами соломотряса к заднему капоту, с которого в зависимости от настройки соломоизмельчителя 6 формируется в валок, или измельчается ротором соломоизмельчителя 6 и через дефлектор 5 разбрасывается по полю. Полова и легкие примеси воздушным потоком вентилятора 13 выдуваются из очистки на поле.

Зерновая смесь, попавшая на транспортную доску 14, попадает на решетные станы очистки, откуда очищенное зерно ссыпается через поддон к зерновому шнеку 11 и загружается в бункер зерновым элеватором 3 и загрузным шнеком 2.

После заполнения бункера зерна выгружается в транспортное средство выгрузным шнеком 23.

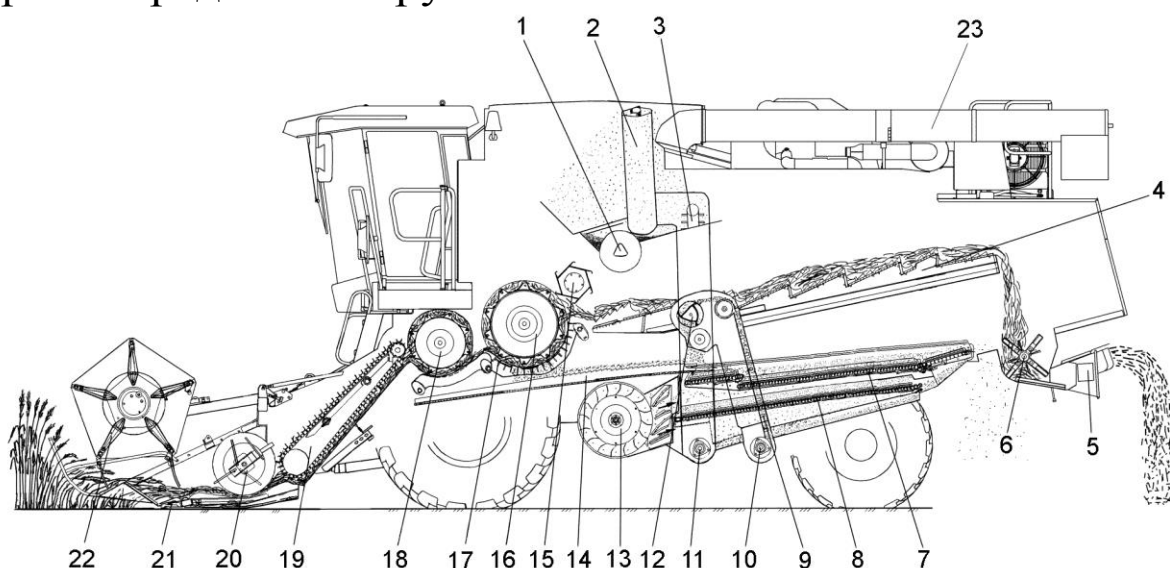


Рисунок 10.3 – Схема технологического процесса работы комбайна:

1 – шнек горизонтальный; 2 – шнек загрузной зерновой; 3 – элеватор зерновой; 4 – соломотряс; 5 – дефлектор; 6 – соломоизмельчитель; 7 – верхний решетный стан; 8 – нижний решетный стан; 9 – элеватор колосовой; 10 – шнек колосовой; 11 – шнек зерновой; 12 – домолачивающее устройство; 13 – вентилятор; 14 – транспортная доска; 15 – отбойный битем; 16 – барабан молотильный; 17 – подбарабанье; 18 – барабан-ускоритель; 19 – транспортер наклонной камеры; 20 – шнек; 21 – режущий аппарат; 22 – мотовило; 23 – шнек выгрузной

10.3. Особенности конструкции комбайнов

В нижней части рамы 4 жатки установлены копирующие башмаки 7 (рисунок 10.4), на которые жатка опирается при работе с копированием рельефа поля, при ремонте, хранении и обслуживании. Башмаки могут быть установлены в одно из пяти положений, обеспечивая необходимую высоту среза стеблей.

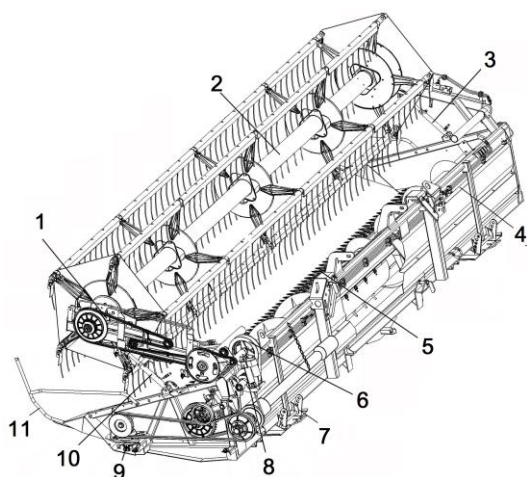
На жатке установлены прутковые делители 11.

Для уменьшения пассивной зоны между режущим аппаратом и шнеком и для предотвращения попадания камней в молотильный аппарат комбайна между режущим аппаратом и шнеком установлен съемный отбойник. Он необходим при уборке низкостебельных культур.

В процессе работы мотовила граблины 1 (рисунок 10.5) могут занимать различное положение от $+15^\circ$ (наклон вперед) до -30° (наклон назад). Этот наклон граблин обеспечивается автоматически благодаря особой конфигурации закрепленного на подержках копира, с которым взаимодействует ролик 7 эксцентрикового механизма 9. Эксцентриковый механизм обеспечивает заданный наклон граблин при вращении мотовила.

Наклон граблин изменяется автоматически при перемещении мотовила в горизонтальном направлении (при выносе мотовила).

Для обеспечения нормального режима работы жатки при различных условиях уборки мотовило имеет следующие технологические регулировки: по высоте – с помощью двух синхронно действующих гидроцилиндров 3 и 10 (рисунок 10.4); по выносу вперед – с помощью двух синхронно действующих гидроцилиндров 1.



**Рисунок 10.4 – Жатка
для зерновых культур:**

1 – гидроцилиндр выноса мотовила; 2 – мотовило; 3, 10 – гидроцилиндры подъема мотовила по высоте; 4 – рама; 5 – режущий аппарат; 6 – вариатор; 7 – копирующий башмак; 8 – исполнительный электромеханизм; 9 – угловая передача; 11 – прутковый делитель

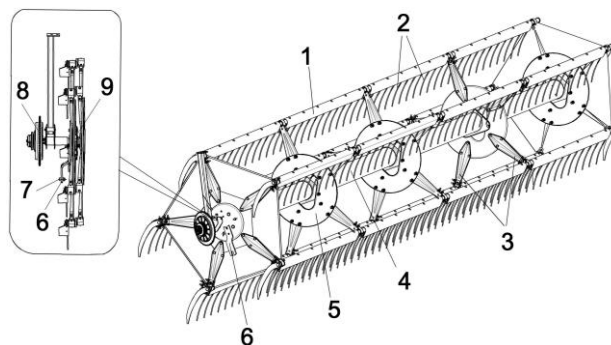


Рисунок 10.5 – Мотовило:

1 – граблина; 2 – зуб пружинный; 3 – луч; 4 – вал мотовила; 5 – диск; 6 – поводок; 7 – ролик; 8 – приводная звездочка с предохранительной муфтой; 9 – эксцентриковый механизм

Управление перемещением мотовила осуществляется из кабины комбайна переключателем пульта управления на рукоятке управления скоростью движения.

Включение и изменение частоты вращения мотовила осуществляется с помощью клиноременного вариатора 6, управляемого исполнительным электромеханизмом 8.

Сегменты 2 (рисунок 10.6) режущего аппарата установлены попарно с чередованием: насечка вверх – насечка вниз.

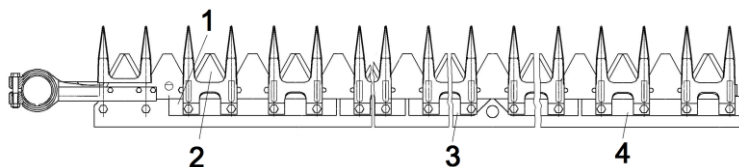


Рисунок 10.6 – Режущий аппарат:

1, 3, 4 – пластины трения; 2 – сегмент

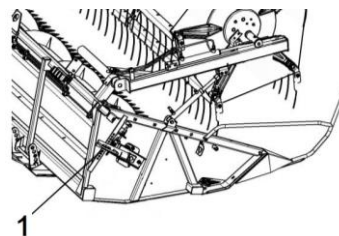


Рисунок 10.7 – Жатка:

1 – рычаг управления пальчиковым механизмом

Привод режущего аппарата осуществляется от угловой передачи 9 (см. рисунок 10.4).

На шнеке имеются витки левого и правого направлений, которые выполняют функции транспортера. Пальчиковый механизм предназначен для подачи стеблевой массы на цепочно-планчатый транспортер наклонной камеры комбайна. Управление пальчиковым механизмом производится рычагом 1 (рисунок 10.7).

Стеблеподъемники служат для разделения и подъема путанных и полеглых стеблей убираемой культуры перед их скашиванием. Стеблеподъемники крепятся на пальцах режущего аппарата.

Наклонная камера (рисунок 10.8) состоит из рамки переходной 1, механизма продольного копирования 5, рамы 4, механизма реверса, цепочно-планчатого транспортера 2 и механизмов приводов. Упор 7 служит для фиксации жатки с наклонной камерой в поднятом положении при регулировках и ремонтных работах. Для установки упора необходимо поднять наклонную камеру с жаткой в верхнее положение, снять упор 7 с цепочки 6 и опустить на выдвинутый шток гидроцилиндра подъема наклонной камеры.

Механизм реверса расположен на правой стороне наклонной камеры и состоит из рычага, на котором установлен гидромотор 3 с ведущей шестерней и гидроцилиндром. Привод механизма осуществляется с помощью гидромотора 3.

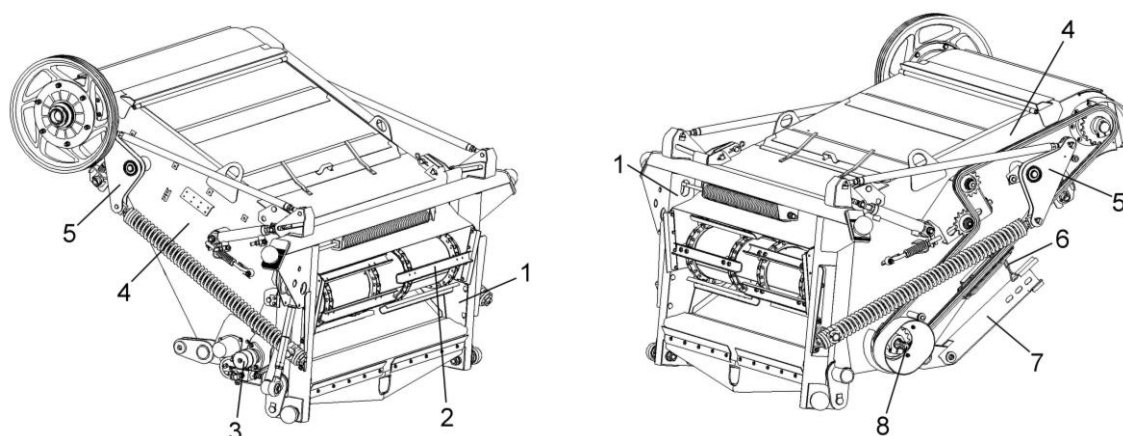


Рисунок 10.8 – Наклонная камера:

1 – рамка переходная; 2 – цепочно-планчатый транспортер; 3 – гидромотор; 4 – рама; 5 – механизм продольного копирования; 6 – цепочка; 7 – упор; 8 – вал

Молотильный аппарат (рисунок 10.9) состоит из корпуса, камнеуловителя 8, бильного молотильного барабана 5, барабана-ускорителя 2, подбарабанья 1, механизма регулировки подбарабанья, отбойного битера 6 и механизмов привода рабочих органов.

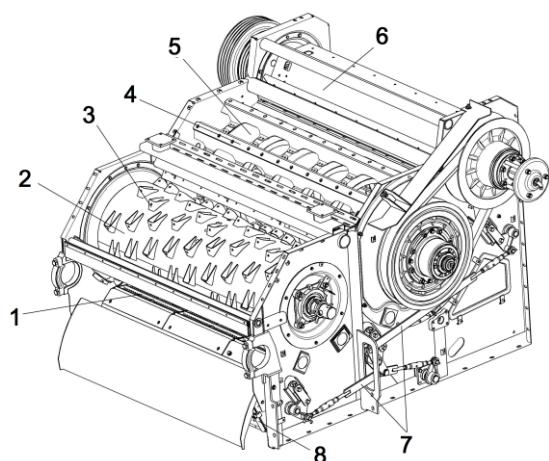


Рисунок 10.9 – Аппарат
МОЛОТИЛЬНЫЙ:

1 – подбарабанье; 2 – барабан-ускоритель;
3 – колпак; 4 – бич; 5 – барабан молотиль-
ный; 6 – отбойный битер; 7 – подвески под-
барабанья; 8 – камнеуловитель

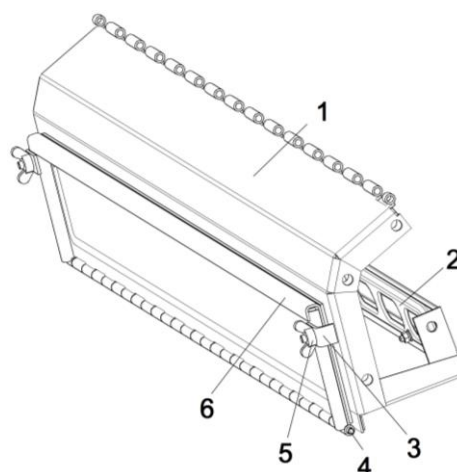


Рисунок 10.10 – Камнеулови-
тель:

1 – основание; 2 – щит; 3 – прижим; 4 – ось
5 – гайка-барашек; 6 – крышка

Рифленые бичи 4 закреплены на подбичниках остова молотильного барабана 5 поочередно.

Основание 1 и щит 2 камнеуловителя (рисунок 10.10) образуют полость для улавливания посторонних предметов, попадающих в молотильный аппарат с хлебной массой.

Двухсекционное подбарабанье (рисунок 10.11) состоит из переднего 12 и заднего подбарабанья 9, подвешено с помощью тяг 2, 8, 10, 13 стяжек 6 и рычагов 7, 11.

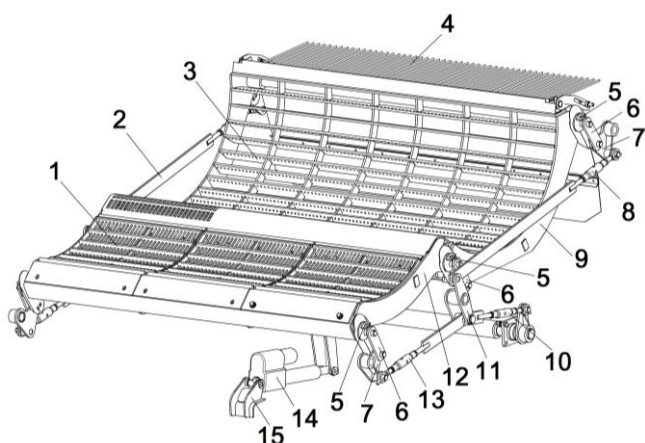


Рисунок 10.11 – Подбарабанье:

1 – деки переднего подбарабана; 2, 8, 10, 13 – тяги; 3 – дека заднего подбарабана; 4 – решетка пальцевая; 5 – фиксаторы; 6 – стяжки; 7, 11 – рычаги; 9 – каркас заднего подбарабана; 12 – каркас переднего подбарабана; 14 – электромеханизм; 15 – кронштейн

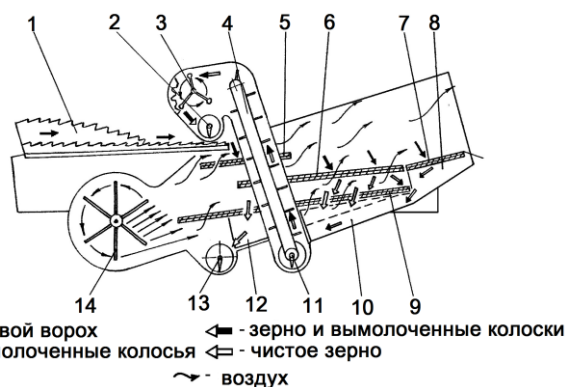


Рисунок 10.12 – Схема работы очистки:

1 – транспортная доска; 2 – шнек распределительный; 3 – устройство домолачивающее; 4 – элеватор колосовой; 5 – дополнительное решето; 6 – решето верхнее; 7 – удлинитель; 8 – поддон удлинителя; 9 – решето нижнее; 10 – поддон колосовой; 11 – шнек колосовой; 12 – поддон зерновой; 13 – шнек зерновой; 14 – вентилятор

Изменение зазора переднего и заднего подбарабана производится электромеханизмом 14, путем включения кнопки увеличения/уменьшения зазора подбарабана на пульте управления в кабине комбайна.

Вал шестилопастного отбойного битера 6 (см. рисунок 10.9) является одновременно контрприводом наклонной камеры и молотильного барабана.

Зерновой ворох, попавший после обмолота на транспортную доску 1 (рисунок 10.12), совершающую колебательные движения, предварительно перераспределяется – зерно и тяжелые соломистые частицы опускаются вниз и движутся в нижней зоне слоя, а легкие и крупные соломенные частицы перемещаются в его верхней зоне. На пальцевой решетке транспортной доски идет дальнейшая предварительная сепарация вороха: зерно, движущееся в нижней зоне слоя, поступает на дополнительное 5 и верхнее 6 решета верхнего решетного стана, а крупные соломистые частицы проходят по пальцевой решетке над решетками. Полова и легкие примеси

под действием воздушной струи вентилятора 14 выдуваются из очистки и оседают на поле. Крупные солоmistые частицы, идущие сходом с верхнего решета 6 и удлинителя 7, также попадают на поле. На удлинителе 7 выделяются недомолоченные колоски, которые поступают в колосовой шнек 11. Зерно, очищенное на верхнем решете 6, поступает на нижнее решето 9 нижнего решетного стана, где очищается окончательно. Очищенное зерно по поддону зерновому 12 подается в зерновой шнек 13 и далее зерновым элеватором и загрузным шнеком в бункер зерна, а сходы с нижнего решета поступают по поддону колосовому 10 в колосовой шнек 11, после чего транспортируются колосовым элеватором 4 на повторный обмолот в домолачивающее устройство 3, а затем шнеком 2 распределяются повторно по ширине транспортной доски 1.

Зерновой бункер (рисунок 10.13) предназначен для сбора зерна во время работы комбайна. Для удобства наблюдения за заполнением и выгрузкой зерна из бункера на передней боковине корпуса размещено смотровое окно 12. Для взятия пробы зерна из бункера в процессе работы комбайна предназначено окно пробоотборника 11. На передней боковине в бункере расположены датчики для звуковой и световой сигнализации о заполнении бункера зерна на 70 и 100%. Крышка 1 закрывает лаз бункера. Крыша бункера 2 предназначена для защиты от атмосферных осадков и увеличения объема бункера за счет ее трансформации.

Выгрузное устройство предназначено для выгрузки зерна из бункера в транспортное средство. Шнек поворотный выгрузной 5 может быть установлен при помощи гидроцилиндра в рабочее и транспортное положение, управление осуществляется из кабины комбайна. В транспортном положении выгрузной шнек поддерживается опорой. Для осуществления выгрузки зерна устройство снабжено приводом шнека с механизмом включения.

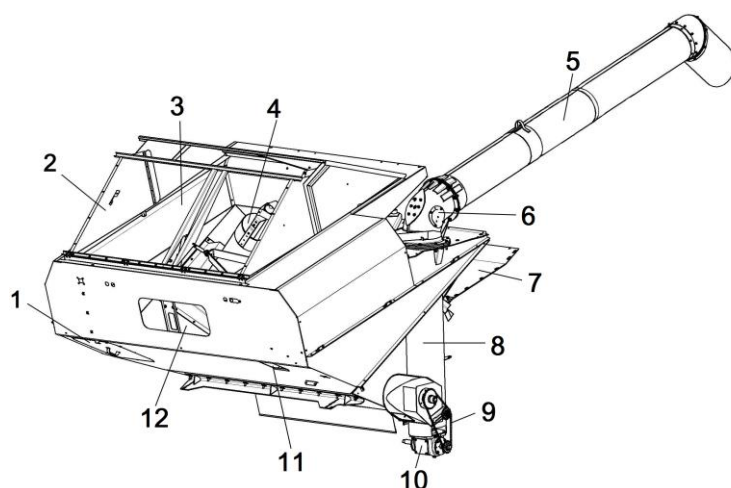


Рисунок 10.13 – Бункер зерновой:

1 – крышка; 2 – крыша бункера; 3 – бункер; 4 – шнек загрузной; 5 – шнек поворотный выгрузной; 6 – отвод с редуктором; 7 – настил; 8 – шнек наклонный выгрузной; 9 – цепная передача привода шнека горизонтального; 10 – редуктор; 11 – окно пробоотборника; 12 – смотровое окно

Соломоизмельчитель (рисунок 10.14) с входящим в него дефлектором 16 предназначен для измельчения и распределения по полю соломы. При необходимости его можно без демонтажа с комбайна перенастроить в положение для укладки соломы в валок.

Соломоизмельчитель представляет собой сварной корпус, на боковинах которого в подшипниках установлен ротор соломоеизмельчителя 11 с закрепленными на нем шарнирно ножами и приваренными лопатками. На боковинах корпуса закреплена ножевая опора 9 с установленными на ней противорежущими ножами. В ножевой опоре предусмотрены овальные отверстия, позволяющие поворачивать ее вместе с ножами для изменения длины измельчения. На боковинах корпуса закреплена также опора противореза 7, на которой закреплен поперечный нож с продольными отверстиями для регулировки зазора между поперечным ножом и ножами ротора 11.

На корпус шарнирно навешивается дефлектор 16 и фиксируется полозами 14 на одном из пазов (Д, Е, Ж, И, К) в одном из положений («а», «б», «в») и закрепляется на боковинах корпуса гайками 12.

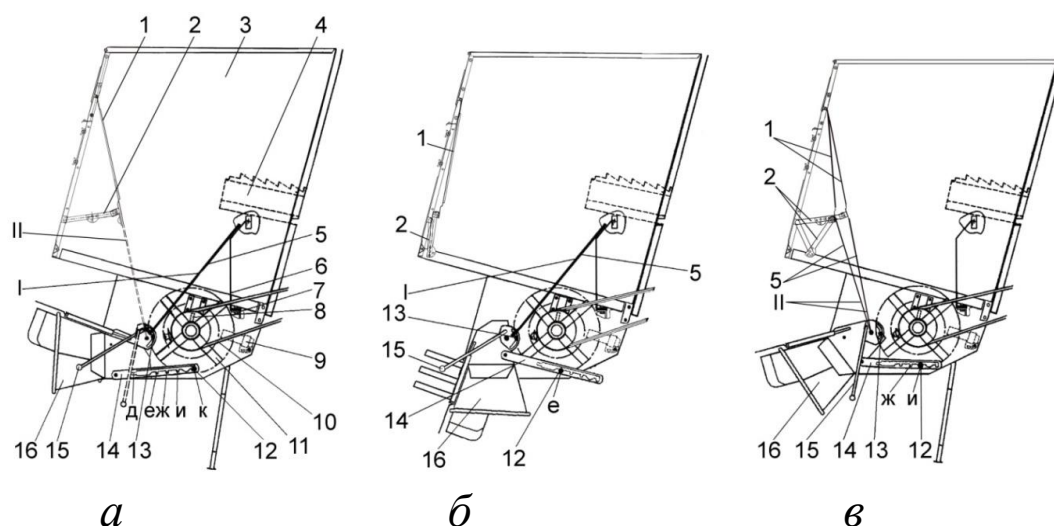


Рисунок 10.14 – Соломоизмельчитель:

1 – отражатель; 2 – планка; 3 – капот; 4 – соломотряс; 5 – заслонка; 6 – щиток; 7 – опора противореза; 8 – флажок; 9 – ножевая опора; 10 – ременная передача соломоизмельчителя; 11 – ротор соломоизмельчителя; 12 – ручка; 13 – гайки; 14 – полоз; 15 – рукоятка; 16 – дефлектор; I, II – положения заслонки; Д, Е, Ж, И, К – пазы установки полоза дефлектора; положения дефлектора: а – транспортное, б – при укладке в валок, в – при разбрасывании измельченной массы на поле

Между боковинами корпуса на оси шарнирно закрепляется заслонка 5, имеющая рукоятку 15, с помощью которой она может поворачиваться в одно из положений I или II и фиксироваться гайками 13 на осях, приваренных к боковинам корпуса и проходящих через продольные пазы секторов заслонки 5. В положении II заслонка 5 ложится на отражатель 1, который закрепляется планкой 2 на одном из трех отверстий в зависимости от настройки работы соломоизмельчителя (с измельчением соломы или с укладкой в валок). Привод вала ротора 11 осуществляется посредством двух клиноременных передач от главного привода, расположенного на правой стороне молотилки самоходной. В положении I заслонки 5 и положениях «а» и «б» дефлектора 16 при включении главного контрпривода клиноременная передача от главного контрпривода к контрприводу соломоизмельчителя должна быть отключена путем отвода натяжного ролика.

В конструкции соломоизмельчителя предусмотрена блокировка запрета включения главного контрпривода. Главный контрпривод нельзя включить, в случае если: заслонка 5 от-

кинута вперед (привод соломоизмельчителя включен); заслонка 5 откинута назад (привод соломоизмельчителя выключен).

10.4. Органы управления

Пульт управления расположен с правой стороны сиденья оператора (рисунок 10.15).

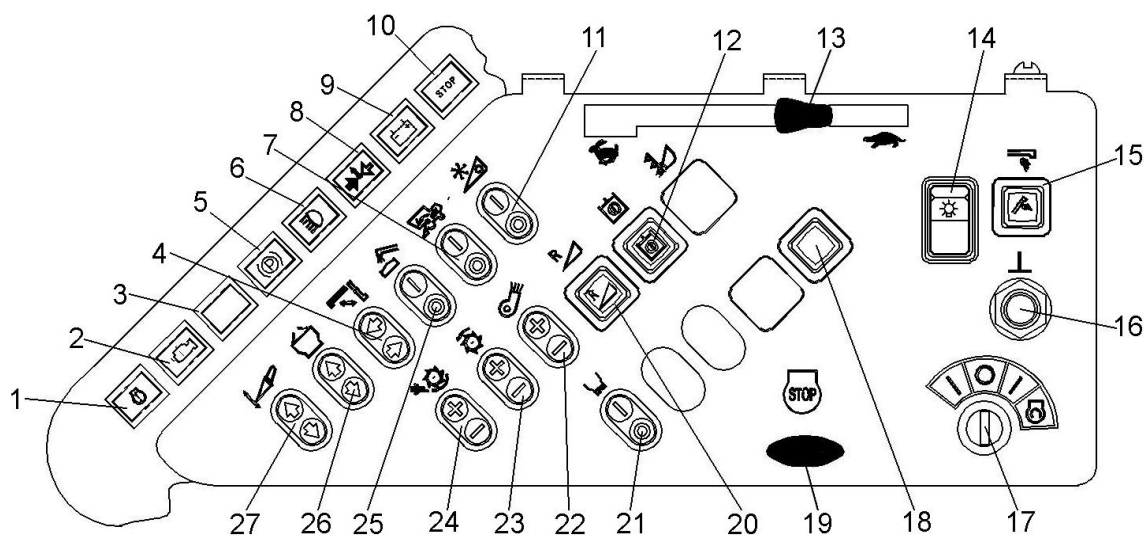


Рисунок 10.15 – Пульт управления:

1 – контрольная лампа «Стоп» двигателя SEL (красная, только для комбайнов с двигателем International DTA 530E (I-308)); 2 – контрольная лампа контроля двигателя CEL (желтая, только для комбайнов с двигателем International DTA 530E (I-308)); 3 – контрольная лампа интервалов обслуживания двигателя CIL (желтая, только для комбайнов с двигателем International DTA 530E (I-308)); 4 – переключатель складывания/выдвижения выгрузного шнека; 5 – контрольная лампа стояночного тормоза (красная); 6 – контрольная лампа дальнего света (синяя); 7 – переключатель включения/выключения главного привода молотилки; 8 – контрольная лампа включения разгрузочно-предохранительного клапана (зеленая); 9 – контрольная лампа разряда аккумуляторных батарей (красная); 10 – контрольная лампа аварийных режимов молотилки «Стоп» (красная); 11 – переключатель включения/выключения привода наклонной камеры и адаптеров; 12 – выключатель питания электро-гидравлики; 13 – регулятор оборотов двигателя; 14 – выключатель габаритного света/света транспортных фар; 15 – выключатель света фары выгрузного шнека; 16 – кнопка дистанционного управления выключателя массы; 17 – замок зажигания; 18 – выключатель запроса диагностических кодов двигателя (только для комбайнов с двигателем International DTA 530E (I-308)); 19 – рычаг останова двигателя (только для комбайнов с двигателем ЯМЗ); 20 – выключатель реверса адаптеров и наклонной камеры; 21 – резерв; 22 – переключатель вариатора вентилятора очистки увеличение/снижение оборотов; 23 – переключатель вариатора молотильного барабана увеличение/снижение оборотов; 24 – переключатель зазора подбарабана увеличение/уменьшение зазора; 25 – переключатель включения/отключения выгрузки зерна; 26 – переключатель открывания/закрывания надставки зернового бункера; 27 – переключатель выдвижения/втягивания цилиндров рамки наклонной камеры

ЛЕКЦИЯ 11

КОМБАЙНЫ LAVERDA

План лекции:

- 11.1. Устройство
 - 11.2. Технологический процесс работы
 - 11.3. Особенности конструкции комбайнов
 - 11.4. Органы управления
-

11.1. Устройство

Общий вид комбайн Laverda M306 представлен на рисунке 11.1.



Рисунок 11.1 – Общий вид комбайна Laverda M306

Комбайн выполняет пять основных функций (рисунок 11.2): 1 – подача скошенной массы; 2 – обмолот; 3 – сепарация; 4 – очистка; 5 – хранение и выгрузка зерна.

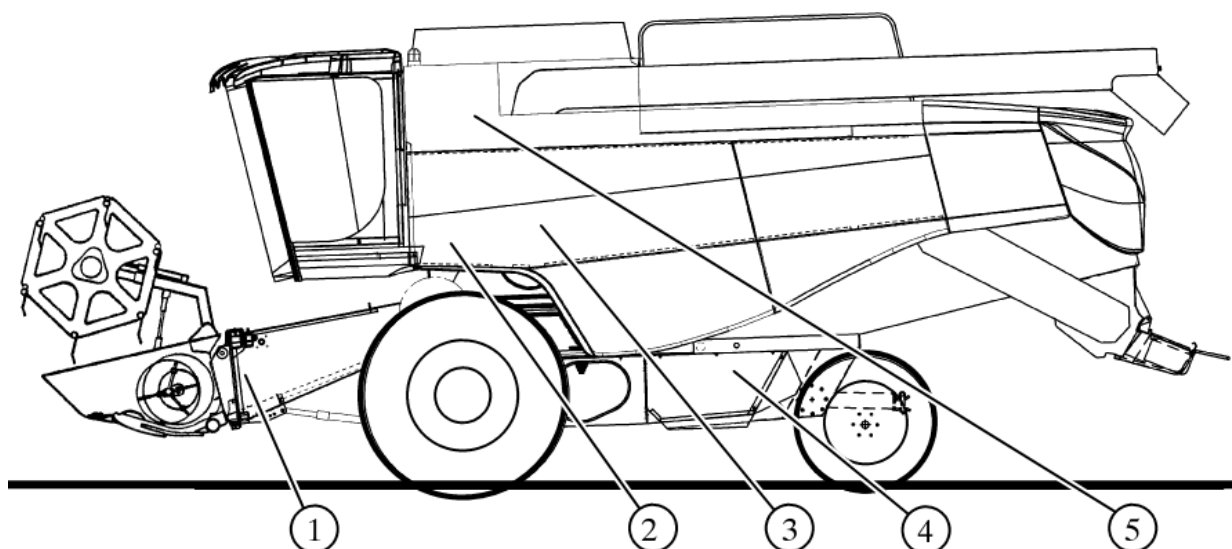


Рисунок 11.2 – Функции, выполняемые комбайном:

1 – подача скошенной массы; 2 – обмолот; 3 – сепарация; 4 – очистка; 5 – хранение и выгрузка зерна

11.2. Технологический процесс работы

Мотовило 1 транспортирует культуру внутри жатки 2 по направлению к шнеку 3 (рисунок 11.3).

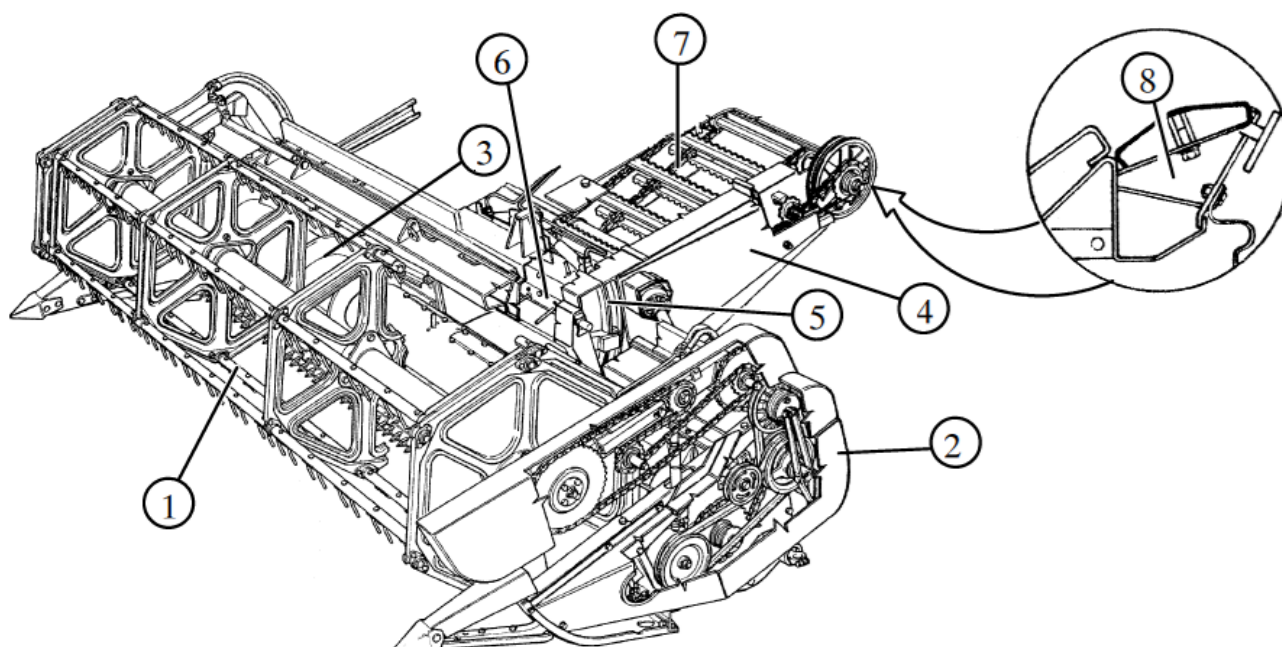


Рисунок 11.3 – Жатка с наклонной камерой:

1 – мотовило; 2 – жатка; 3 – шнек; 4 – соломоподъемник; 5 – подвижный диск; 6 – подающий ролик; 7 – цепной подъемник; 8 – улавливатель камней

В свою очередь шнек подает культуру в соломоподъемник 4.

На раме корпуса подъемника шарнирно закреплен подвижный диск 5, обеспечивающий двустороннее выравнивание жатки в зависимости от поверхности, независимо от положения корпуса машины.

Подающий ролик 6 выдвижного пальца выравнивает поток культуры перед подачей в молотильный аппарат цепным подъемником 7.

Улавливатель камней 8 предотвращает попадание камней и других тяжелых предметов в корпус молотильного аппарата и тем самым защищает внутренние компоненты машины от повреждений. Для разгрузки улавливателя камней на правой стороне машины предусмотрен специальный рычаг.

Жатка приводится в движение прочной цепью (модели М304 LS и М306 LS) или многосекционным ремнем (модели М304 и М306). Реверсивный механизм с механическим приводом (рычаг с удобным доступом с сиденья оператора), удобный в эксплуатации, позволяет легко преодолеть возможные перегрузки системы подачи.

Посредством реверсивного механизма можно одновременно изменять направление движения соломоподъемника и жатки на противоположное, предотвращая скопление скошенной культуры в любой части машины.

Основная задача молотильного барабана 1 и подбарабанья 2 обмолот колосьев и отделение зерна от соломы, так чтобы обмолоченное зерно могло проходить через решетку подбарабанья и падать на транспортную зерновую доску 3 (рисунок 11.4).

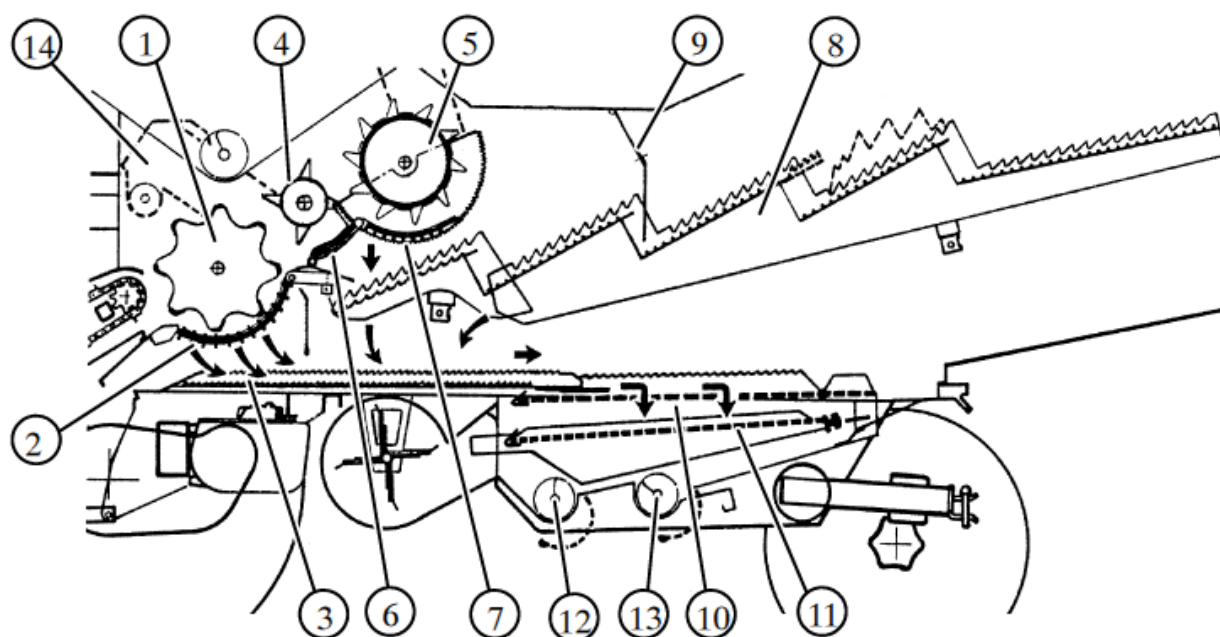


Рисунок 11.4 – Обмолот, сепарация и очистка зерна:

1 – молотильный барабан; 2 – подбарабанье; 3 – транспортная доска; 4 – задний битей; 5 – цилиндр «универсального триера»; 6 и 7 – подвижные решетки; 8 – клавишный соломотряс; 9 – фартук; 10 – верхнее решето; 11 – нижнее решето; 12 – поперечный шнек; 13 – возвратный шнек; 14 – элеватор

Молотильный барабан (диаметром 600 мм) оснащен восемью очистительными решетками и дополнительно восемью балластными брусками.

Подбарабанье имеет угол обхвата 106° ; зазор между подбарабаньем и молотильным барабаном можно регулировать на входе и выходе при помощи двух переключателей на панели приборов.

Машина поставляется с остеотделительными планками с продольными отверстиями, которые используются для культур, плохо поддающихся обмолоту; данные планки должны быть установлены на первых двух выходных отверстиях подбарабанья.

Таким образом, обеспечивается возможность надежного обмолота культуры благодаря равномерному распределению по всей ширине транспортной доски 3.

Для кукурузы и подсолнечника используется специальное подбарабанье с решеткой из проволоки диаметром 6 мм и шагом 24 мм.

Если комбайн работает с производительностью, близкой к максимальной, около 90% обмолоченной культуры выгружается на транспортную доску 3 под действием центробежной силы молотильного барабана 1, заднего битера 4 и в результате воздействия подбарабання 2 с соответствующими граблями.

Солома и неотделенные зерна поступают в цилиндр 5 универсального триера с подвижными решетками 6 и 7.

В универсальном триере производится дальнейшая принудительная сепарация потока соломы.

Для улучшения рабочих характеристик комбайна следует полнее отделять зерно от соломы до ее поступления на клавишный соломотряс.

Сепарация последней порции зерна осуществляется клавишным соломотрясом 8 с четырьмя наклонными уступами, установленными на коленчатых валах с большим углом поворота кривошипа для быстрой подачи отделенных зерен на транспортную доску 3.

Фартук 9 предотвращает выброс соломы с клавишного соломотряса на слишком большое расстояние и обеспечивает тем самым максимальную эффективность очистки.

Смесь зерна и соломенной сечки поступает по транспортной доске 3 в верхнее регулируемое решето 10, откуда соломенная сечка и легкие частицы выбрасываются наружу под действием воздуха, подаваемого вентилятором.

Зерна, возможные верхушки недомолоченных колосьев и некоторые частицы соломенной сечки падают на нижнее решето 11.

Комбинированное действие вентилятора и нижнего решета 11 завершает очистку культуры.

Зерна проходят через нижнее решето 11, подаются поперечным шнеком 12 на элеватор 2 (рисунок 11.5) и затем поступают в зерновой бункер 1.

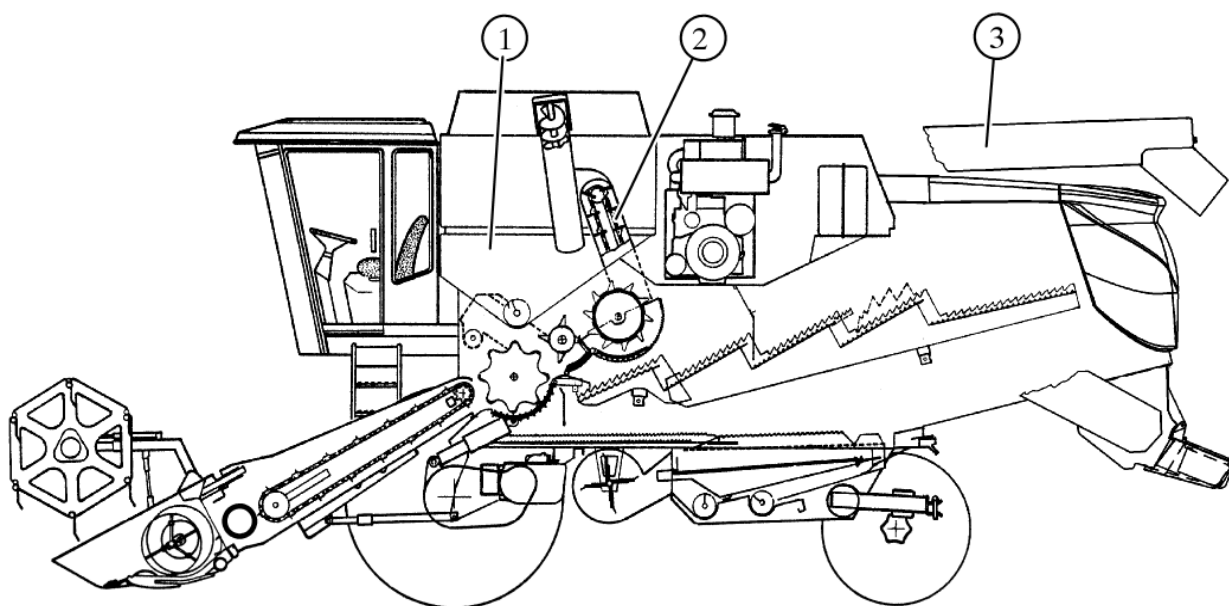


Рисунок 11.5 – Хранение и выгрузка зерна:

1 – зерновой бункер; 2 – элеватор; 3 – разгрузочный шнек

Если верхушки колосьев не проходят через решето 11 (рисунок 11.4), они поступают в возвратный шнек 13 для последующей транспортировки элеватором 14 в молотильный аппарат для нового цикла обмолота.

Датчики, установленные с двух сторон на концах соломотряса и на конце верхнего регулируемого решета и соединенные с блоком контроля рабочих характеристик, позволяют оператору устанавливать оптимальную скорость машины без превышения предельного объема потерь зерна.

Элеватор 2 (рисунок 11.5) транспортирует зерно в центр бункера 1 для его равномерного заполнения. Когда уровень заполнения бункера зерном достигает заданного значения, датчик активирует предупредительную сигнализацию внутри кабины и одновременно включает вращающийся маячок на крыше для предупреждения водителей прицепов, ожидающих погрузку.

Включение и отключение разгрузочного шнека 3 осуществляется электрогидравлическим приводом с управлением кнопкой на многофункциональном рычаге. При помощи кнопки на задней панели приборов выгрузку зерна можно производить при любом положении разгрузочного шнека.

Благодаря этой функции оператор может надлежащим образом выполнять загрузку прицепов даже во время движения комбайна.

Горизонтальный разгрузочный шнек обеспечивает постоянное расстояние от поверхности земли и предотвращает тем самым риск столкновения с прицепами.

На моделях M306 и M306 LS активированная система разгрузки зернового бункера также подает сигнал на главную распределительную коробку, управляющую двигателем. Это означает, что для длительных операций разгрузки двигатель увеличивает распределенную мощность примерно на 10%.

Количество обмолоченной культуры можно проверять непосредственно с сиденья оператора, через дверцу, расположенную слева от оператора.

11.3. Особенности конструкции комбайнов

Система автоматического продольного и поперечного выравнивания корпуса жатки GSAX (Ground Self Alignment Extra) обеспечивает качественную уборку в самых различных условиях работы (рисунок 12.6).

M304 LS 4WD и M306 LS 4WD специально предназначены для работы на склонах и в стандартном исполнении оборудованы приводом задних колес. Каждый раз, когда изменяется угол поверхности, автоматическое устройство заново выравнивает весь комбайн, в то время как жатка следует контуру земли (рисунок 11.6). В стандартных комбайнах такая система обеспечивает стабильность работы при поперечном изменении уровня до 20% и продольном изменении уровня до 8%, сохраняя эксплуатационные характеристики, как на ровной поверхности.

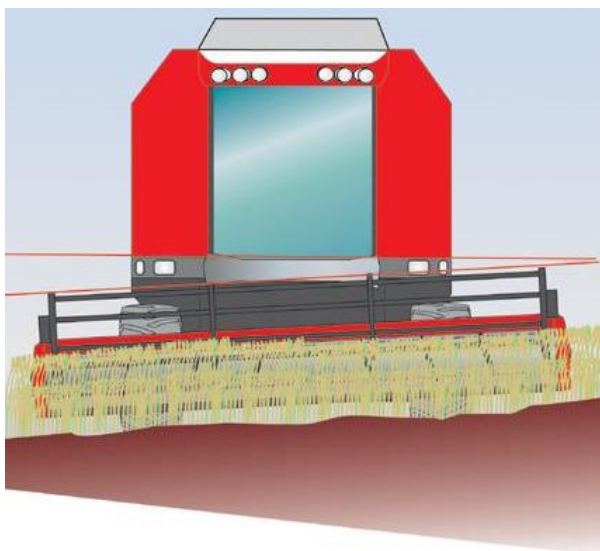


Рисунок 11.6 – Работа комбайна на склонах

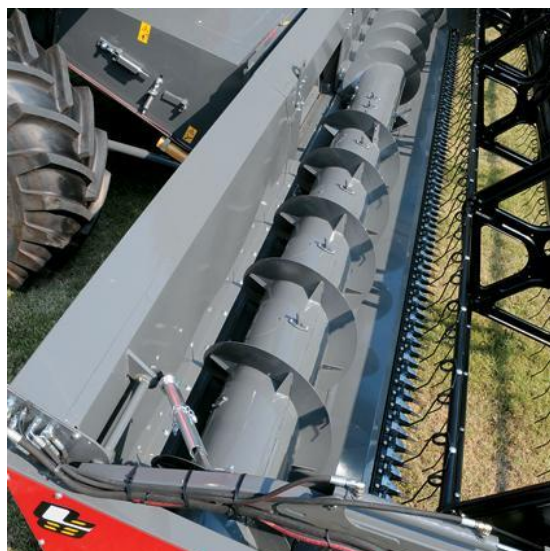


Рисунок 11.7 – Режущий аппарат

Планетарный редуктор Schumacher для режущего аппарата, позволяет делать 1220 срезов в минуту: двойные сегменты ножа, выполненные из стали, установлены в противофазе (эффект самозаточки и самоочистки) и крепятся болтами, что облегчает их замену (рисунок 11.7).

Система PFR (Preparation Feeding Roller), состоящая из приемного битера с втягивающимися пальцами, обеспечивает бесперебойную и равномерную подачу продукта от мотовила к молотильному барабану, препятствует засорению и застыванию продукта и распределяет массу по всей ширине наклонной камеры (рисунок 11.8).

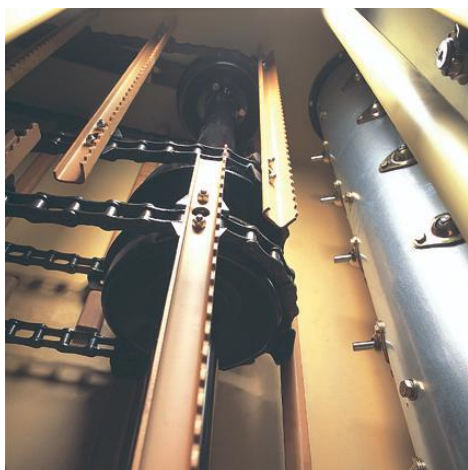


Рисунок 11.8 – Система PFR

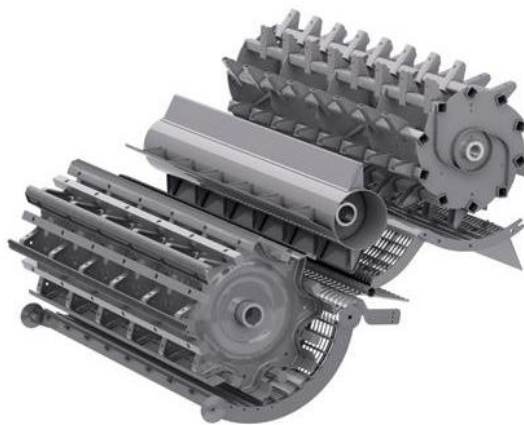


Рисунок 11.9 – Система MCS

Система MCS (Multi Crop Separator) состоит из дополнительного сепарирующего барабана, в который интегрирован модуль сепарации REV, благодаря чему увеличивается на 20% площадь сепарации, а угол охвата достигает 120° при использовании всей длины соломотряса (рисунок 11.9).

Комбайн имеет длинный соломотряс с решетками оригинальной формы и высокими ступенями, решетка профиля HCD (High Capacity Design) оппозитного действия, мощный вентилятор с трехсторонним обдувом (с боков и сверху).

Универсальный триер состоит из зубчатого цилиндра 1 и двух подвижных решеток 2 (рисунок 11.10). Триер усиливает дальнейшую сепарацию потока соломы, поступающего из битаера. Использование универсального триера с включенными решетками является особенно эффективным при обработке культур в стандартных условиях (ячмень, пшеница, рис и т.д.).



Рисунок 11.10 – Универсальный триер:

1 – зубчатый цилиндр; 2 – решетки; 3 – износостойкие пальцы



Рисунок 11.11 – Измельчитель

На комбайне установлен измельчитель с 64 лезвиями ротора для машин с шестью соломотрясами и с 52 лезвиями для машин с пятью соломотрясами (рисунок 11.11). Измельчитель Laverda эффективно измельчает солому благодаря регулируемым зубчатым лезвиям с обеих сторон и характерным регулируемым отступам базы. Для того чтобы солома была равно-

мерна по всей ширине резки, измельчитель Laverda имеет дефлекторы, которые могут регулироваться либо механическим управлением или прямо из кабины электрической командой (по желанию).

11.4. Органы управления

Приборы управления представлены на рисунках 11.12–11.15.

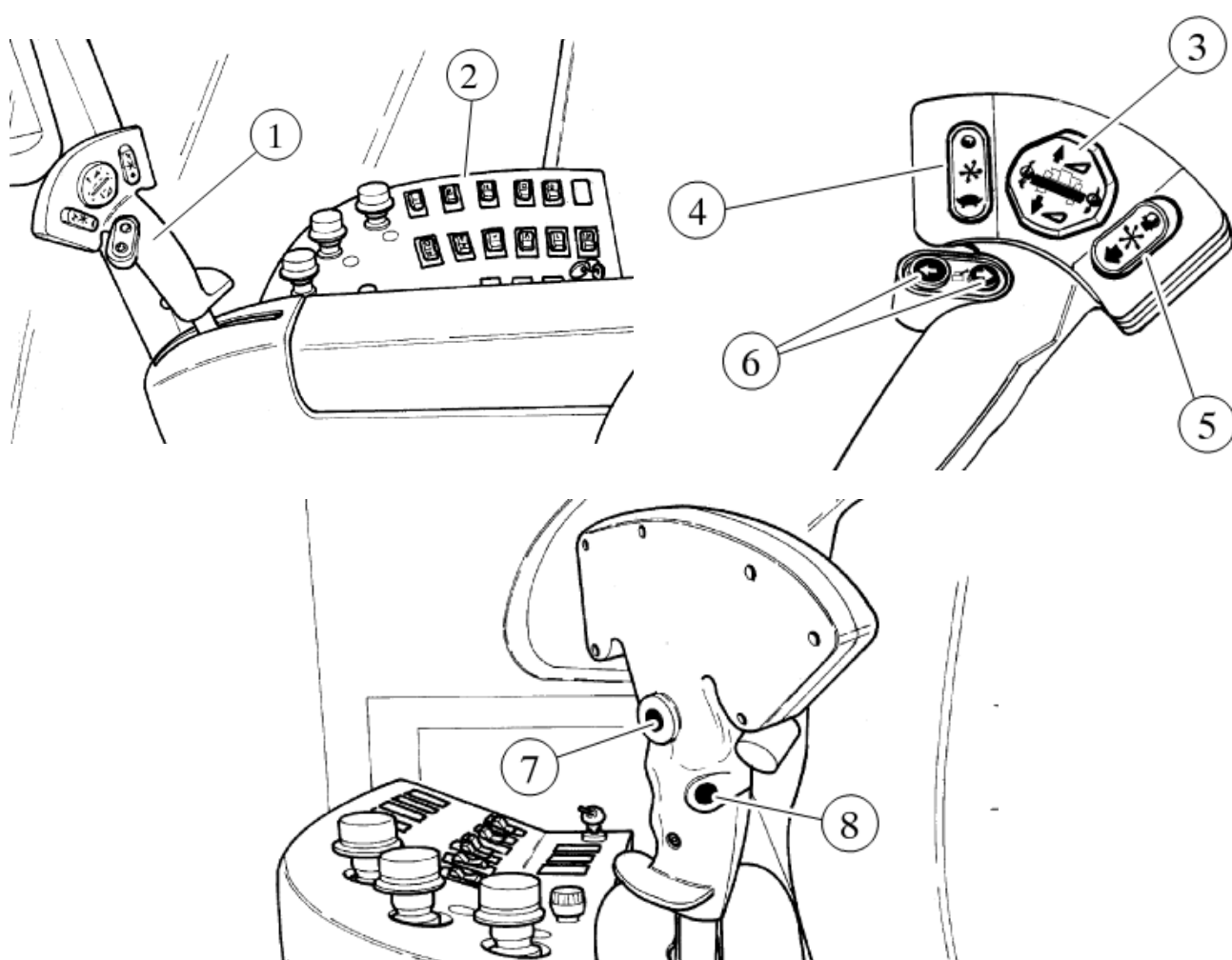


Рисунок 11.12 – Многофункциональный рычаг:

1 – многофункциональный рычаг; 2 – пульт управления; 3 – переключатель для управления подъемом/опусканием и поперечным самоустанавливанием жатки; 5 – переключатель для управления вариатором частоты вращения мотовила; 6 – кнопка для управления разгрузочным шнеком; 7 и 8 – кнопка для управления движением мотовила вперед и назад

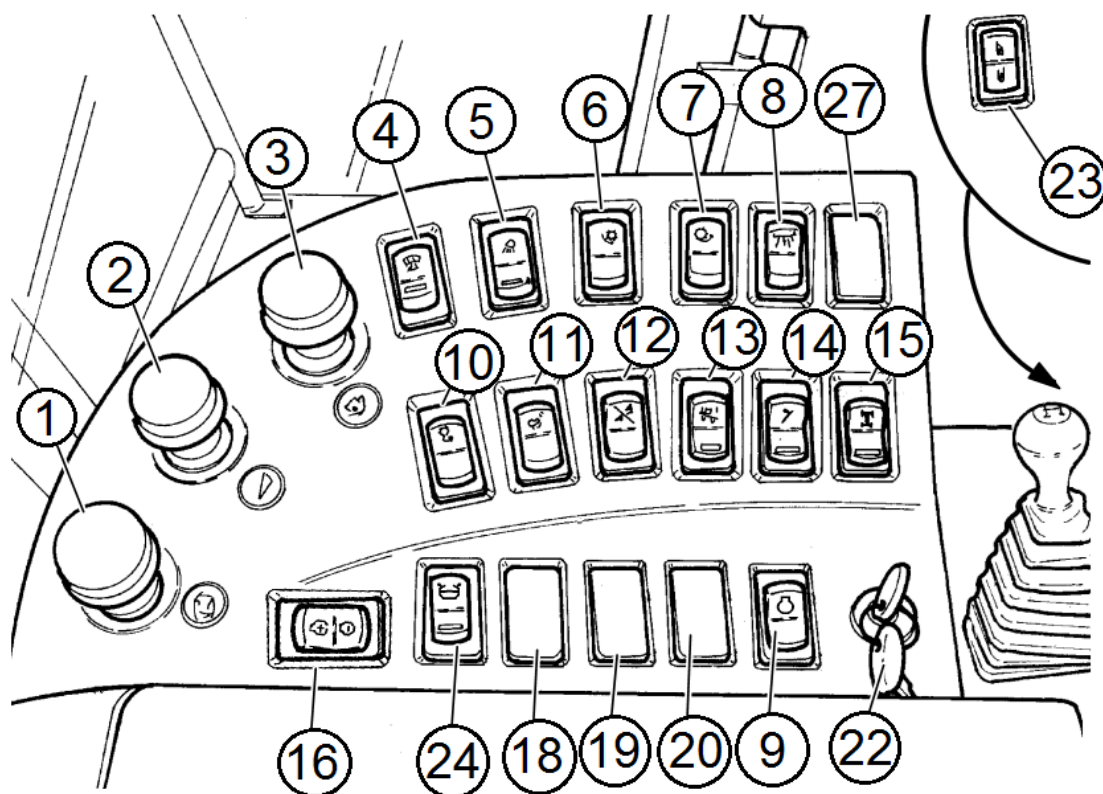


Рисунок 11.13 – Панель приборов (М304 и М306):

1 – кнопка управления разгрузочным шнеком; 2 – кнопка управления питателем; 3 – кнопка управления молотилкой и соломорезкой; 4 – управляющий переключатель, отключающий органы управления, расположенные на рычаге переднего хода, а также управляющий переключатель фонаря заднего хода; 5 – переключатель внутреннего освещения зернового бункера; 6 – тумблер передней настройки подбарабання; 7 – тумблер задней настройки подбарабання; 8 – тумблер для настройки ширины разбрасывания соломорезки; 9 – переключатель диагностического контроля; 10 – тумблер для управления вариатором молотильного аппарата; 11 – тумблер для управления вариатором вентилятора; 12 – переключатель режимов работы жатки: поперечное самоустанавливание/автоматическое регулирование по высоте; 13 – переключатель GSAX; 14 – переключатель вспомогательного цилиндра жатки; 15 – переключатель включения заднего привода; 16 – акселератор (оранжевый); 18, 19, 20, 27 – не используются; 22 – пусковой выключатель двигателя с ключом зажигания; 23 – конечный выключатель подбарабання с индикацией (пшеница/кукуруза); 24 – переключатель положения крышки зернового бункера (открыто/закрыто)

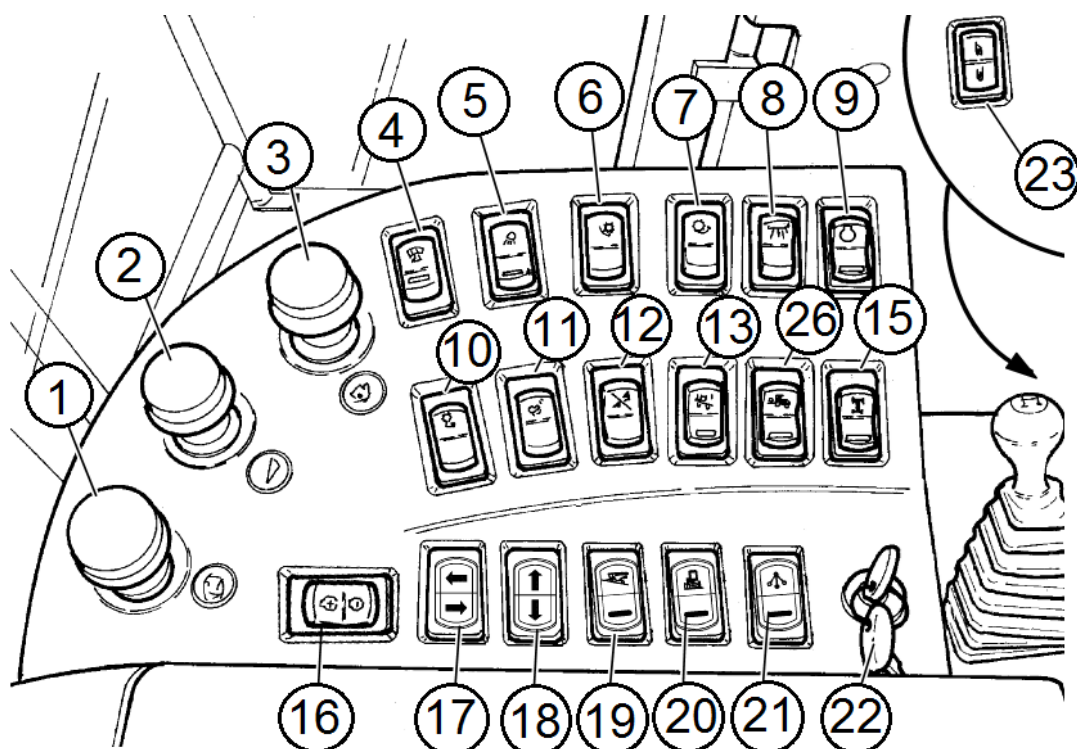


Рисунок 11.14 – Панель приборов (М304 LS и М306 LS):

1 – кнопка управления разгрузочным шнеком; 2 – кнопка управления питателем; 3 – кнопка управления молотилкой и соломорезкой; 4 – управляющий переключатель, отключающий органы управления, расположенные на рычаге переднего хода, а также управляющий переключатель фонаря заднего хода; 5 – переключатель внутреннего освещения зернового бункера; 6 – тумблер передней настройки подбарабана; 7 – тумблер задней настройки подбарабана; 8 – тумблер для настройки ширины разбрасывания соломорезки; 9 – переключатель диагностического контроля; 10 – тумблер для управления вариатором молотильного барабана; 12 – переключатель режимов работы жатки: поперечное самоустанавливание/автоматическое регулирование по высоте; 13 – переключатель GSAX; 15 – переключатель включения заднего привода; 16 – акселератор (оранжевый); 17 – тумблер для ручного управления продольным выравниванием; 18 – тумблер для ручного управления поперечным выравниванием; 19 – переключатель для включения продольного выравнивания; 20 – переключатель для включения поперечного выравнивания; 21 – переключатель для разблокирования управления поперечным и продольным выравниванием; 22 – пусковой выключатель двигателя с ключом зажигания; 23 – конечный выключатель подбарабана с индикацией (пшеница/кукуруза); 26 – переключатель заданного положения машины

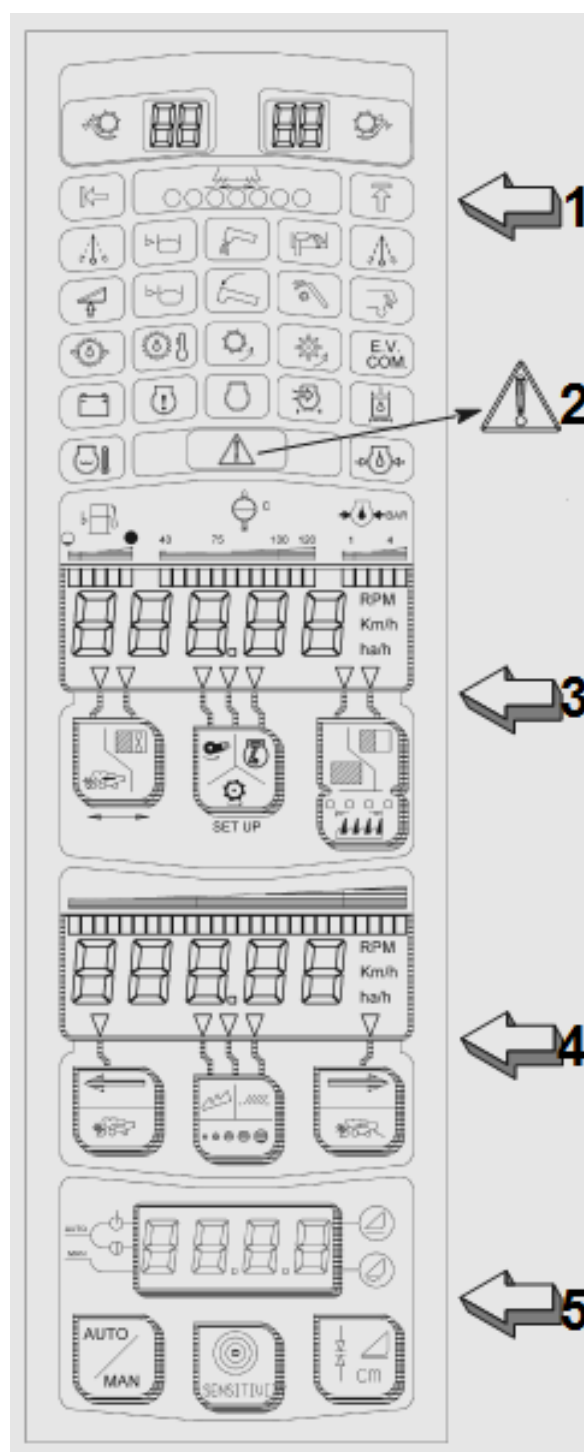


Рисунок 11.15 – Пульт управления Agritronicplus:

1 – многофункциональные световые индикаторы (для контроля 28 различных функций машины); 2 – индикатор общей неисправности (если данный индикатор активен, необходимо выявить компонент, который привел к срабатыванию сигнализации); 3 – бортовой компьютер (выдает данные по 12 различным позициям, касающиеся работы и характеристик комбайна); 4 – монитор контроля характеристик (выдает информацию о количестве потерь зерна и скорости переднего хода машины); 5 – устройство Terra-Control (отражает фактическую высоту скашивания и автоматически управляет положением жатки)

ЛЕКЦИЯ 12

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

План лекции:

12.1. Основные параметры и характеристики зерноуборочных комбайнов

12.2. Техничко-эксплуатационные параметры комбайнов в зависимости от их пропускной способности

12.3. Оценка технического уровня серийных комбайнов или опытных моделей

12.4. Выбор параметров перспективных комбайнов

12.1. Основные параметры и характеристики зерноуборочных комбайнов

Для расчета выбираются десять основных параметров и характеристик зерноуборочного комбайна.

1. Пропускная способность молотилки комбайна q_k (кг/с) – количество зерносоломистой массы в килограммах, которое обмоложено в комбайне за 1 с при суммарных потерях недомолотом, невытрясом и распылом в количестве 1,5% от всего обмолоченного зерна и отношении массы соломы к массе зерна 1,5. К примеру, в проспекте по комбайну указана пропускная способность $q_k = 8$ кг/с. Это означает, что комбайн обмолачивает зерносоломистую массу, с которой поступает $q_z = 3,2$ кг/с зерна и $q_c = 4,8$ кг/с незерновой части урожая, т.е. $q_c/q_z = a = 1,5$. При этом суммарные потери зерна составляют 1,5% от всего количества зерна, которое собралось в бункере за время проведения контрольного замера при уборке комбайном определенной площади. Так что эти

потери зерна никакого отношения к секундной подаче зерна в комбайн не имеют, а относятся только к урожаю, собранному с единицы площади. Одну и ту же площадь разные комбайны могут убирать с разной пропускной способностью, но потери должны быть не более 1,5% от собранного ими зерна в соответствии с принятым стандартом.

Пропускная способность комбайна q_k устанавливается по рабочей характеристике молотилки (РХМ) комбайна, представляющей графическое изображение зависимости изменения потерь зерна молотилкой комбайна от приведенной подачи хлебной массы в комбайн, определяемой при его лабораторно-полевых испытаниях в соответствии с отраслевым стандартом. Величина q_k зависит от конструкции комбайна и условий его испытаний. Показатель q_k – важнейшая паспортная характеристика комбайна, определяющая его производительность, класс, размерно-массовые и стоимостные параметры.

В соответствии с действующим стандартом по предложению Э.В. Жалнина РХМ комбайна аппроксимируется выражением:

$$\Pi_3 = \frac{b}{1+c \exp(-kbq_i)}, \quad (1)$$

где k, b, c – постоянные коэффициенты для условий испытаний конкретного комбайна, определяемые по специальной, имеющейся на МИС программе; q_i – текущая подача хлебной массы в комбайн при текущих потерях зерна Π_3 .

При Π_3 , равных $[\Pi_3] = 1,5\%$, из выражения (1) получаем значение пропускной способности комбайна:

$$q_k = \frac{1}{kb} \cdot \ln \left(\frac{[\Pi_3]c}{b-[\Pi_3]} \right). \quad (2)$$

Уравнение логисты (1) адекватно описывает РХМ для комбайнов с классической схемой молотилки в диапазоне подач хлебной массы от 2 до 14 кг/с и выше.

Для диапазона подач от 1 до 6 кг/с удовлетворительный результат получается при аппроксимации РХМ экспонентой вида:

$$П_3 = ae^{zq}. \quad (3)$$

Откуда при $П_3 = [П_3]$ имеем

$$q_k = \frac{1}{z} \ln \left(\frac{[П_3]}{a} \right), \quad (4)$$

где z, a – постоянные коэффициенты, характеризующие конструкцию комбайна и условия его испытаний.

2. Производительность комбайна W_0 в тоннах зерна за час основного времени, собранного в бункер без учета потерь зерна за час чистой работы комбайна, т.е. без остановок по каким-либо причинам.

Величина W_0 чаще всего указывается в проспектах зарубежных фирм и имеет больше рекламный характер, так как не связана с потерями зерна и фактической соломистостью в конкретных условиях работы комбайна:

$$W_0 = 0,1Y_3BV = 3,6q_3, \quad (5)$$

где Y_3 – урожайность зерна, т/га; B – ширина захвата жатки комбайна, м; V – скорость движения комбайна, км/ч.

Так как

$$q_z = \frac{1}{1 + \alpha_\phi} \cdot q_\phi,$$

$$W_o = \frac{3,6}{1 + \alpha_\phi} \cdot q_\phi, \quad (6)$$

где q_ϕ – фактическая подача хлебной массы в комбайн при фактической соломистости α_ϕ .

Формулы (5) и (6) раскрывают физический смысл рекламности показателя W_o , по которому нельзя сравнивать разные комбайны, несмотря на то, что в проспектах разных фирм этот показатель указывается чаще всего. Он указывается без ссылки на потери зерна за комбайном и при неизвестной соломистости.

Если комбайн обмолачивает хлебную массу с содержанием зерна, большим, чем содержание соломы, то такому комбайну легче производить обмолот, и его производительность по зерну будет выше, чем у того комбайна, который обмолачивает хлебную массу с малым содержанием зерна. Для того чтобы можно было объективно сравнивать комбайны, работающие в разных условиях, в отечественную практику испытаний введено понятие *приведенной подачи хлебной массы* и соответственно *приведенной производительности*. Приведение фактической подачи хлебной массы делается по содержанию соломы и реже по ее влажности, так как существенно влиять на производительность комбайна влажность соломы начинает только выше 22%.

Уборочный фон в США, Германии, Франции, Англии отличается от отечественного малым содержанием соломы ($\alpha_\phi = 0,8...1,0$), большей урожайностью зерна (50...80 ц/га), равномерностью стеблестоя и низкой влажностью соломы (9...15%). Поэтому в проспектах зарубежных фирм часто можно встретить значения чистой производительности порядка 30...35 т/ч, а иногда и выше.

К этим показателям надо относиться с учетом тех условий, в которых они получены. В отечественных условиях зарубежные комбайны такой производительности достигают только в отдельных случаях.

Для перевода фактической подачи хлебной массы при фактическом значении $\alpha_{\text{ф}}$ в приведенную подачу при стандартном значении $\alpha_{\text{пр}} = 1,5$ пользуются выражением:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ф}} \cdot \frac{1 + \alpha_{\text{ф}}}{1 + \alpha_{\text{пр}}}. \quad (7)$$

Соответственно при $\alpha_{\text{ф}} \leq \alpha_{\text{пр}} (1,5)$ значение $q_{\text{пр}} \leq q_{\text{ф}}$, а при $\alpha_{\text{ф}} \geq \alpha_{\text{пр}} (1,5)$ значение $q_{\text{пр}} \geq q_{\text{ф}}$.

Поэтому рабочая характеристика молотилки комбайна изображается в функции приведенной подачи хлебной массы, что обеспечивает сравнимость всех комбайнов, работающих в разных условиях.

3. Номинальная производительность комбайна $W_{\text{н}}$ в тоннах зерна за час чистого времени при фиксированных потерях зерна за молотилкой и соломистости.

При потерях 1,5% и отношении массы зерна к массе соломы, равном 1,5

$$W_{\text{н}} = 1,44q_{\text{к}}. \quad (8)$$

Этот показатель более объективно оценивает возможности комбайна.

4. Производительность комбайна в гектарах или тоннах зерна за час загонного времени $W_{\text{з}}$ – убранная площадь комбайном за время нахождения его в поле с учетом затрат времени на выгрузку зерна и повороты в конце загона:

$$W_3 = K_3 W_H = 3,6 K_0 q_3, \quad (9)$$

где K_0 – коэффициент использования загонного времени работы комбайна.

Этот коэффициент равен:

$$K_0 = T_{\text{ч}} / (T_{\text{ч}} + t_{\text{п}} n_{\text{п}} + t_{\text{выг}} n_{\text{выг}}), \quad (10)$$

где $T_{\text{ч}}$ – время чистой работы комбайна; $t_{\text{п}}, t_{\text{выг}}$ – время на повороты и выгрузку зерна из бункера; $n_{\text{п}}, n_{\text{выг}}$ – количество поворотов и выгрузок зерна за время работы комбайна в поле.

5. Производительность комбайна в гектарах или тоннах зерна в час сменного времени

$$W_{\text{см}} = k_{\text{см}} W_0, \quad (11)$$

где $k_{\text{см}}$ – коэффициент использования сменного времени работы комбайна с учетом потерь времени на технологические и организационные простои.

6. Производительность комбайна в гектарах или тоннах зерна за час эксплуатационного времени смены:

$$W_{\text{экспл}} = k_{\text{экспл}} W_0, \quad (12)$$

где $k_{\text{экспл}}$ – коэффициент использования времени смены с учетом всех видов простоев комбайна, включая потери времени на устранение технологических и технических отказов комбайна.

Значение $W_{\text{экспл}}$ зависит от степени безотказности работы комбайна в конкретных условиях уборки, его адаптивности к

варьируемым показателям агрофона, прочности конструкции основных узлов и агрегатов комбайна. Наиболее типичное значение $k_{\text{экспл}}$ для отечественных комбайнов 0,5...0,6, а зарубежных 0,6...0,9.

7. Масса комбайна в килограммах или тоннах G_k – сухая масса (без заправки ГСМ) комбайна в наиболее типичной или аналогичной со сравниваемыми моделях комплектации.

8. Вместимость бункера комбайна V_b – конструкционный объем бункера комбайна без учета реального коэффициента его заполнения зерном во время работы, равного, как правило, 0,90...0,95.

9. Конструкционные параметры молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) комбайна: молотильного барабана, соломотряса, очистительных рабочих органов (три группы факторов).

10. Мощность двигателя N_e в киловаттах или лошадиных силах – паспортная мощность двигателя нового комбайна.

Вышеперечисленные параметры и характеристики комбайна являются системообразующими для всех остальных показателей его технического уровня и большинство из них выражаются через пропускную способность комбайна и параметры МСУ. К примеру, номинальную производительность комбайна в час чистого времени можно выразить уравнением (8), а фактическую производительность в гектарах за час эксплуатационного времени рассчитать по формуле:

$$W_{\phi} = W_{\text{экспл}} = \frac{36q_k k_{\text{зон}}}{y_3(1+\alpha_{\phi})} \cdot k_{\text{экспл}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{зон}}$ – коэффициент зональности, или обобщенный коэффициент влияния зональных условий уборки на расчетную пропускную способность комбайна ($k_{\text{зон}} = 0,30 \dots 0,95$).

Зная W_{ϕ} , можно рассчитать количество убранного зерна за смену и сезон, а при известной стоимости зерна и затрат на его уборку – все остальные экономические и коммерческие показатели любого комбайна для конкретных условий его использования.

12.2. Техничко-эксплуатационные параметры комбайнов в зависимости от их пропускной способности

По Э.В. Жалнину для комбайнов с классической схемой молотилки:

мощность двигателя, л.с.

$$N_e = 21q_T + 12, \quad (14)$$

где q_T – теоретическая пропускная способность.

площадь развертки поверхности подбарабання, м^2

$$F'_{\Pi} = 0,13q_T + 0,13. \quad (15)$$

площадь поверхности соломотряса, м^2

$$F'_c = 0,75q_T + 0,75. \quad (16)$$

площадь поверхности решет очистки, м^2

$$F'_p = 0,4q_T + 0,4. \quad (17)$$

масса комбайна, т

$$G'_k = 2,2q^{0,75}. \quad (18)$$

вместимость зернового бункера, м³

$$V'_6 = 0,5q_T + 0,5. \quad (19)$$

Для комбайнов с аксиально-роторной молотилкой по Э.В. Жалнину приближенный результат для расчета обобщенных параметров получается по таким формулам:

$$N_c^a = 21,5q_T + 21,5. \quad (20)$$

$$F_{пс}^a = 0,4q_T + 0,4. \quad (21)$$

$$F_p^a = 0,35q_T + 0,35. \quad (22)$$

Формулы (18) и (19) подходят для любых комбайнов, независимо от схемы молотилки.

12.3. Оценка технического уровня серийных комбайнов или опытных моделей

Наиболее распространенный методический прием сравнительного анализа различных комбайнов заключается в сопоставлении их агротехнических и технико-эксплуатационных характеристик, полученных в результате полевых испытаний в разных условиях.

Однако этот метод требует сложных организационных мероприятий и больших затрат материально-технических и финансовых ресурсов. К тому же часто не удается добиться

идентичности условий испытаний для всех комбайнов, особенно если их больше трех. Для получения достоверной оценки необходима многократная повторность испытаний, что часто невозможно обеспечить.

Прямое сравнение параметров комбайнов по проспектным данным также не может дать полной информации об их потенциальных возможностях, если их параметры близки. Известно также немало случаев, когда совершенно разные по размерно-массовым характеристикам комбайны в реальных условиях использования по удельным показателям были почти одинаковы.

Э.В. Жалниним предлагается следующая последовательность расчетов и, соответственно, количественной и качественной оценки параметров комбайнов.

1. *Определить обобщенные параметры по фактическим значениям частных конструкционных параметров комбайнов.*

При известном угле обхвата подбарабання α и диаметре молотильного барабана D рассчитывается длина подбарабання (путь обмолота и сепарации) L_{Π} :

$$L_{\Pi} = \frac{\alpha}{360} \cdot \pi D. \quad (23)$$

Затем при известной длине барабана (ширине молотилки B_m) определяется площадь подбарабання F_{Π} – первый обобщенный параметр:

$$F_{\Pi} = B_m L_{\Pi}. \quad (24)$$

По паспортным характеристикам длины соломосепаратора L_c и ширине молотилки определяют второй обобщенный параметр – площадь соломосепаратора F_c :

$$F_c = B_m L_c. \quad (25)$$

Аналогично определяется третий обобщенный параметр – суммарная площадь двух очистительных решет комбайнов F_p .

Формулы (23) – (25) определяют F_{Π} и F_c для комбайнов с классической молотилкой (бильный барабан, клавишный соломосепаратор и ветрорешетная очистка с двумя решетами).

Для комбайнов с аксиально-роторной молотилкой, в которой молотильный барабан совмещен с соломосепаратором, следует пользоваться такой формулой:

$$F_{\text{пс}} = \frac{\alpha_m}{360} \pi D_m L_m + \frac{\alpha_c}{360} \pi D_c L_c, \quad (26)$$

где $\alpha_m, \alpha_c, D_m, D_c, L_m, L_c$ – соответственно углы обхвата, диаметры и длины молотильной и сепарирующей части ротора.

В последнее время ряд заводов-изготовителей стали указывать в проспектах значения обобщенных параметров, что упрощает расчеты, но все же рекомендуется их проверить по приведенным формулам (23) – (26).

2. Определить показатели использования обобщенных параметров – $K_{Ne}, K_{Fc}, K_{Fp}, K_{F\Pi}$ (K_{Ne} – коэффициент использования паспортной мощности двигателя, устанавливаемый при торможении двигателя на стенде, для нового двигателя $K_{Ne} = 1,0$, для бывшего в эксплуатации – $0,70 \dots 0,98$; $K_{Fc}, K_{Fp}, K_{F\Pi}$ – соответственно коэффициенты эффективности использования поверхности соломосепаратора, решет очистки, подбарабана).

Если особых изменений по сравнению с классическим исполнением в конструкции комбайна нет, то все коэффициенты принимаются равными единице.

Анализ испытаний различных комбайнов за последние 30 лет показывает, что статистически устойчивыми значениями

коэффициентов интенсивности могут быть: для двигателя $K_{Ne} = 0,92 \dots 0,99$, молотильного барабана – $K_{F\Pi} = 1,05\%$, соломосепаратора – $K_{Fc} = 1,08\%$, решет очистки – $K_{Fp} = 1,15\%$.

3. Рассчитать параметрический индекс комбайна

Для комбайна с классической молотилкой

$$i_k = \frac{1}{4} \cdot \left[K_{Ne} \cdot \frac{N_e}{32} + K_{F\Pi} \cdot \frac{F_n}{0,26} + K_{Fc} \cdot \frac{F_c}{1,5} + K_{Fp} \cdot \frac{F_p}{0,8} \right]. \quad (27)$$

Для комбайна с аксиально-роторной молотилкой

$$i_k = K_{Ne} \frac{N_e}{126} + 0,5 [F_{F\Pi c} F_{nc} + K_{Fp} F_p]. \quad (28)$$

4. Рассчитать теоретическую пропускную способность комбайна:

$$q_T = 1,83 i_k - 0,83. \quad (29)$$

Это то среднее значение пропускной способности комбайна, которое можно получить после его многократных испытаний в разных зонах России.

5. Определить суммарную площадь рабочей поверхности МСУ:

$$\sum F_{\text{по}} = K_{F\Pi} F_{\Pi} + K_{Fc} F_c + K_{Fp} F_p. \quad (30)$$

6. Определить коэффициент удельной эффективности работы МСУ:

$$K_{\Sigma} = \frac{q_T}{\Sigma F_{\text{по}}}. \quad (31)$$

Рассчитать теоретические параметры классического комбайна по расчетному значению q_T :

мощность двигателя

$$N_e = 21q_T + 12. \quad (32)$$

площадь развертки поверхности подбарабана

$$F'_\Pi = 0,13q_T + 0,13. \quad (33)$$

площадь соломосепаратора

$$F'_c = 0,75q_T + 0,75. \quad (34)$$

площадь решет очистки

$$F'_p = 0,4q_T + 0,4. \quad (35)$$

масса комбайна

$$G'_K = 2,2q^{0,75}. \quad (36)$$

вместимость бункера

$$V'_6 = 0,5q_T + 0,5. \quad (37)$$

Для комбайнов с аксиально-роторной молотилкой:

$$N_c^a = 21,5q_T + 21,5. \quad (38)$$

$$F_{\text{пс}}^a = 0,4q_T + 0,4. \quad (39)$$

$$F_p^a = 0,35q_T + 0,35. \quad (40)$$

При этом для комбайнов с классической схемой молотилки справедливо такое статистически достоверное соотношение длины развертки подбарабана к диаметру барабана: $L_{\pi}/D_{\phi} = 1,03 \div 1,05$.

7. Рассчитать коэффициент гармоничности конструкции комбайна по параметрам:

$$K_{\text{гар}} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sum \left[1 - \frac{(\Pi_i)_{\phi}}{(\Pi_i)_T} \right]^2}. \quad (41)$$

Для упрощения можно рассчитать $K_{\text{гар}}^i$ по каждому параметру, а затем взять среднее значение из их суммы:

$$\sum K_{\text{гар}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{гар}}^i}{n}, \quad (42)$$

где $K_{\text{гар}}^i$ – коэффициент гармоничности конструкции комбайна по одному какому-либо параметру; n – общее количество параметров, по которым оценивается конструкция комбайна на степень гармоничности.

8. Определить номинальную производительность (в тоннах) комбайна по зерну за час чистого времени работы:

$$W_o = 1,44q_T. \quad (43)$$

9. Определить фактическую производительность (в тоннах) в час эксплуатационного времени:

$$W_{\text{экспл}} = W_0 T_{\text{см}} K_{\text{см}} K_{\text{зон}}. \quad (44)$$

Коэффициент зональности $K_{\text{зон}}$ рассчитывается по формуле

$$K_{\text{зон}} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8, \quad (45)$$

где K_1 – K_8 – коэффициенты, учитывающие влияние на производительность комбайна соответственно урожайности зерна, неравномерности распределения хлебной массы на поле, влажности соломы, засоренности, полеглости вида культуры, технической готовности комбайна в зависимости от срока службы и квалификации механизатора, способа уборки незерновой части урожая.

За нормальные приняты такие условия уборки пшеницы, для которых $K_1=1$ при влажности массы 13...18%, засоренность менее 5%, пониклость не более 30% растений и требуемая техническая готовность машины при хорошо налаженной службе инженерного и технического обеспечения. Для остальных значений характеристик состояния хлебной массы и уровня эксплуатации машин коэффициенты K_1 на 10...50% меньше.

Значение коэффициентов K_1 обосновываются зональными НИИ механизации сельского хозяйства, МИС, опытными и нормировочными станциями. Ориентировочные данные ВИМ приведены ниже.

Коэффициент K_1 учитывает положительную корреляционную связь между урожайностью зерна и урожайностью соломы и соответственно большее влияние на производительность комбайна абсолютного содержания соломы в обмолачиваемой хлебной массе, начиная с определенной урожайности зерна:

Урожайность зерна, т/га	до 3,5	3,5...5,0	более 5,0
Коэффициент K_1	1,00	0,95	0,90

Коэффициент K_2 влияния вариации урожая зерна и соломы на производительность комбайна обусловлен влиянием неравномерности подачи массы в молотилку комбайна на его производительность:

Коэффициент вариации биологического урожая на поле, %	до 20	21...30	31...40	41...50
Коэффициент K_2	1,00	0,90	0,85	0,75

Для аксиального-роторных комбайнов $K_2 = 1$.

Коэффициент K_3 влияния влажности соломы учитывает снижение обмолачивающего и сепарирующего воздействий рабочих органов комбайна на хлебную массу повышенной влажности и уменьшение надежности технологического процесса работы комбайна (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент K_3

Культура	Влажность соломы, %					
	8–13	13–18	18–22	22–26	26–45	более 45
Ячмень	0,96	1,0	0,95	0,70	0,60	0,5
Пшеница	0,95	1,0	0,91	0,65	0,50	0,4
Рожь	0,94	1,0	0,85	0,55	0,45	0,3

Коэффициент K_4 влияния засоренности обусловлен значительным влиянием сорняков на работу рабочих органов комбайна (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент K_4

Состояние сорняков	Степень засоренности, %					
	10	20	30	40	50	60
Сухие	1,00	0,95	0,90	0,85	0,70	0,65
Зеленые	0,95	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50

Коэффициент K_5 влияния полеглости учитывает снижение надежности технологического процесса работы комбайна при прямом комбайнировании полеглого стеблестоя и потери времени смены на дополнительное маневрирование комбайна при выборе рационального способа его движения относительно направления полеглости.

Таблица 3 – Коэффициент K_5

Характеристика полеглости	Коэффициент K_5
Пониклость:	
Начальная	1,00
Массовая	0,95
Полеглость:	
Средняя	0,85
Повышенная	0,70
Полная	0,3...0,5

Коэффициент K_6 влияния вида обмолачиваемой культуры обусловлен различными физико-механическими характеристиками культур и соответственно разной их обмолачиваемостью и возможностью разделения на фракции.

Таблица 4 – Коэффициент K_6

Культура	Коэффициент K_6
Пшеница:	
безостая	1,0
остистая	0,8...0,9
Рожь длинносоломистая (свыше 1,2 м)	0,75...0,85

Овес	0,9
Ячмень	0,5...0,7
Рис урожайностью, т/га:	
до 3,0	1,0
3,0-5,0	0,9
более 5,0	0,5...0,7

Коэффициент K_7 влияния технической готовности комбайна учитывает снижение его эксплуатационной надежности в тяжелых условиях работы по сравнению с работой в нормальных условиях. В тяжелых условиях работы (повышенная влажность почвы и хлебной массы, неровный микрорельеф полей и их сложноконтурность, повышенный уклон и т.п.) все узлы комбайна находятся в более нагруженном состоянии и вероятность их отказа возрастает. В зависимости от условий уборки и регионов рекомендуется следующие коэффициенты K_7 .

Таблица 5 – Коэффициент K_7

Нормальные условия уборки (влажность почвы менее 20%, соломы 13...18%, засоренность менее 10%, полеглость слабая, уклон менее 2°)	1,0
Прибалтика, Белоруссия, Нечерноземье, Сибирь	0,8
Дальний Восток	0,7

Коэффициент K_8 влияния различных соломоуборочных средств, навешенных на комбайн, на его производительность определяется технологией уборки незерновой части урожая (копенной, поточной или валковой).

Таблица 6 – Коэффициент K_8

Технология уборки	Соломоуборочное средство	Коэффициент K_8
Валковая	Капот-валкообразователь	1,0
Копенная	Навесной копнитель	0,9
Поточная	Универсальное приспособление типа ПУН-5:	
	- две тележки на комбайн - три тележки на комбайн	0,75 0,85

10. Провести сравнительный анализ различных комбайнов по показателям q_T , $K_э$, $K_{гар}$, W_o , $W_{экспл}$, которые дают достаточно полную характеристику потенциальным возможностям комбайнов и их техническому уровню в сравнимых условиях. Показатель q_T определяет класс комбайна, $K_э$ – удельную эффективность работы МСУ комбайна, $K_{гар}$ – степень отработанности конструкции комбайна по параметрам, W_o – номинальную производительность в час чистой работы при одинаковых потерях зерна (1,5%) и соломистости, $W_{экспл}$ – реальную производительность комбайна в конкретных условиях уборки.

12.4. Выбор параметров перспективных комбайнов

В качестве примера рассмотрим расчет параметров комбайна класса 6 кг/с:

Мощность двигателя $N_e = 21 \cdot 6 + 12 = 138$ л.с.

Площадь поверхности подбарабання:

$$F_{\Pi} = 0,13 \cdot 6 + 0,13 = 0,91 \text{ м}^2.$$

При ширине молотилки 1,2 м длина подбарабання составит 0,76 м, откуда можно рассчитать диаметр барабана и угол обхвата по формулам (22) – (24).

Площадь соломосепаратора:

$$F_c = 0,75 \cdot 6 + 0,75 = 5,25 \text{ м}^2.$$

Площадь решет очистки

$$F_p = 0,4 \cdot 6 + 0,4 = 2,8 \text{ м}^2.$$

Вместимость бункера:

$$F_b = 0,5 \cdot 6 + 0,5 = 3,5 \text{ м}^3.$$

Масса комбайна:

$$G_k = 2,2 \cdot 60,75 = 8470 \text{ кг (с жаткой 5 м)}.$$

Номинальная производительность:

$$W_H = 1,44 \cdot 6 = 8,64 \text{ т/ч}.$$

Производительность в час эксплуатационного времени при среднестатистическом коэффициенте использования времени смены $K_{\text{экспл}} = 0,65$ и коэффициенте зональности $K_{\text{зон}} = 0,9$ составит:

$$W_{\text{экспл}} = W_H K_{\text{зон}} K_{\text{экспл}} = 8,64 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 5,05.$$

Эти данные могут быть положены в основу технического задания на новый комбайн и расчета его технико-экономической эффективности.

Список использованных источников

1. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. М.: ВИМ, 2001. – 105 с.
2. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве / Анискин В.И., Артюшин А.А. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 270 с.
3. Ресурсосберегающие технологии: состояние, перспективы, эффективность: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 156 с.
4. Рунов Б.А. Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт. 2-е изд., исправ. и дополн./ Б.А. Рунов, Н.В. Пильникова. – СПб.: АФИ, 2012. – 120 с.
5. Сельскохозяйственные машины (устройство, работа и основные регулировки): учеб. пособие / В. А. Романенко [и др.]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 232 с.
6. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture): учеб.-практ. пособие / под ред. Д. Шпаара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева. – СПб., Пушкин, 2009. – 397 с.
7. Труфляк Е.В. Современные зерноуборочные комбайны: учеб. пособие / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 320 с.
8. Черноиванов В.И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства: науч. изд./ В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.
9. Щеголихина Т.А., Гольдяпин В.Я. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.
10. Ян-Хендрик Мор. Сельхозтехника будущего: тенденции развития. Презентация.