



Николай ШПАКОВСКИЙ

ДЕРЕВО ЭВОЛЮЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Трудно представить себе современный мир без карт. Карты физические, климатические, политические – с их помощью мы охватываем огромные пространства одним взглядом. А как охватить одним взглядом протяженные, многовековые отрезки времени? Иногда это необходимо сделать инженеру-изобретателю.

Автор разработал методику составления «карт развития» технических систем. Причем «карта» не просто отражает историческое развитие, а позволяет выявить и зафиксировать закономерности эволюции системы.

Дано:

- 1) многовековая история техники и технологии уборки зерна;
- 2) законы развития технических систем, сформулированные в ТРИЗ;
- 3) техническая система: зерноуборочный комбайн.

Требуется:

- 1) провести анализ эволюции зерноуборочного комбайна;
- 2) получить «карту развития» зерноуборочного комбайна.

Общая структура Дерева эволюции зерноуборочного комбайна

Чтобы добыть горсть зерен, необходимо выполнить как минимум три действия: сорвать колосья; перетереть их между ладонями, чтобы отделить зерно; продуть полученную

массу, удалив мелкие растительные частицы.

По такому же принципу работает и зерноуборочный комбайн – он выполняет эти же три операции и соответственно имеет три основных рабочих органа: срезающее устройство, обмолачивающее устройство и устройство для очистки и сбора зерна (рис. 1). Кроме них в конструкцию комбайна входит много других узлов: колеса, двигатель, система управления, но мы рассмотрим здесь только основные рабочие органы с точки зрения технологии уборки.

Технологический процесс комбайновой уборки зерна начинается со срезания растений. На входе этой операции – растущие в поле

растения, а на выходе – скошенная масса, стебли растений с колосьями. Рабочий орган – срезающее устройство с дополнительными элементами: сборником, устройствами для перемещения вороха, мотвилком и т. п.

Затем следует обмолот, выделение зерен. Ворох входит в обмолачивающее устройство, промолачивается и разделяется на два потока: обмолаченную солому и зерно с мелкими растительными остатками – половой. Солома выбрасывается на поле, а зерно идет на очистку. Рабочий орган для обмолота – молотильно-сепарирующее устройство – это молотильный аппарат с дополнительными соломосепараторами различных типов, активаторами, транспортирующими устройствами и т. п.

Завершающая операция – очистка зерен и их сбор. На входе – зерно с половой, на выходе – очищенное

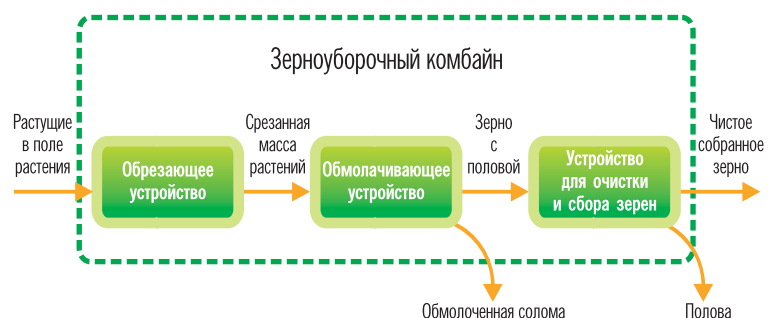


Рис. 1. Технологическая схема комбайна

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ

зерно, собранное в емкость. Рабочим органом служит вентилятор, создающий сильную струю воздуха. Очищаемая масса подается по решетке, продувается воздухом, который и уносит половину из комбайна. Чистое зерно собирается в бункер.

В Дереве мы проследили эволюцию комбайна на двух уровнях. На уровне подсистем рассмотрена эволюция каждого из трех основных рабочих органа комбайна: срезающего, обмолачивающего и очистного. Ключевые варианты выполнения каждого рабочего органа были выстроены в линии развития, из которых образовались три отдельных «ствола» Дерева эволюции (рис. 2 на с. 142–143).

На уровне комбайна как цельной системы мы проследили преобразования, которые не могут быть выделены на уровне его отдельных элементов. Например, замена традиционной срезающей жатки на очесывающее устройство позволяет подавать на обмолот только колосья растений. Это резко снижает нагрузку на молотильный аппарат, позволяет сделать его менее энергоемким и более рационально перераспределить потоки мощности между рабочими органами комбайна. Благодаря этому можно повысить производительность комбайна и в конечном счете ускорить процесс уборки.

Тенденции повышения производительности комбайна и уменьшения потерь при уборке прослеживаются от «корней» к «вершине» Дерева. На самом верху Дерева должен в конце концов появиться комбайн, который при минимальных затратах будет обеспечивать максимальную производительность.

Описание Дерева эволюции зерноуборочного комбайна

СРЕЗАЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН

Древняя технология уборки зерна не отличалась большой сложностью. Режущим лезвием наподобие ножа или короткого меча срезали стебли растений и связывали их в снопы, которые было удобно переносить и обмолачивать. По мере развития

резака менялась его форма, пока не был изобретен полукруглый серп (рис. 3). Эволюционировала также его режущая кромка, которая сначала была ровной или с редкими выступами, но наиболее эффективной оказалась кромка с мелкими зубчиками.

Главным направлением эволюции срезающих устройств было повышение их производительности.

Следующим шагом после серпа была коса – косили уже двумя руками и срезали за один взмах гораздо больше растений. Чтобы собирать срезанные стебли в валок одним рабочим движением, на косе устанавливали дополнительный элемент, сборник-штырь или сетку (рис. 5). Сборник подхватывал срезанные растения и сдвигал их на край прокоса.

Более производительные срезающие устройства были получены в результате дальнейшего разворачивания режущего рабочего органа, введения новых, дополнительных элементов. Это, например, галльская жатка, разработанная в I веке н. э.

В галльской жатке на переднем крае коробчатого сборника расположены в ряд режущие элементы, напоминающие лезвия римских мечей (рис. 4). Когда осел или бык толкал жатку, растения попадали в щели между ножами, колосья срезались и падали в короб. Впереди шел человек и деревянным толкателем энергично надвигал колосья на режущие элементы.

Галльская жатка была весьма прогрессивной для своего времени уборочной машиной, но изменились исторические условия, и это техническое решение оказалось забытым на многие века. Только в XIX веке австралиец Джон Ридли воспроизвел это устройство на новом, более высоком технологическом уровне (подробнее см. статью [«Возрождение галльской жатки»](#) на с. 66). В результате был создан так называемый австралийский стриппер, в котором человек с деревянным толкателем был заменен лопастным ротором. Вращающиеся лопасти помогали неподвижным ножам обрывать колосья (рис. 5). Значительный успех



Рис. 3. Серп



Рис. 4. Галльская очесывающая жатка – первый в мире комбайн

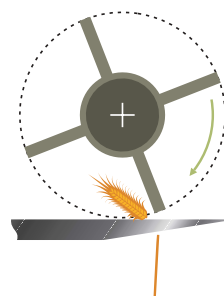


Рис. 5. Австралийский стриппер

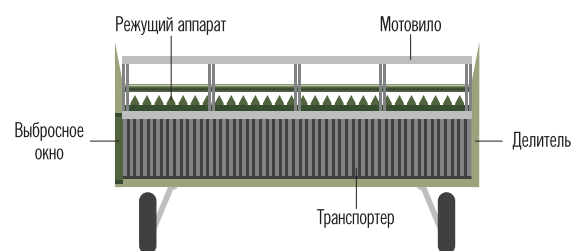


Рис. 6. Валковая жатка

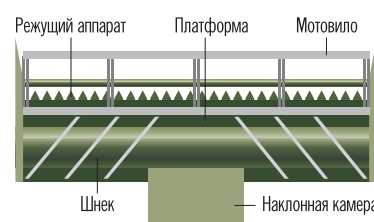


Рис. 7. Комбайновая жатка

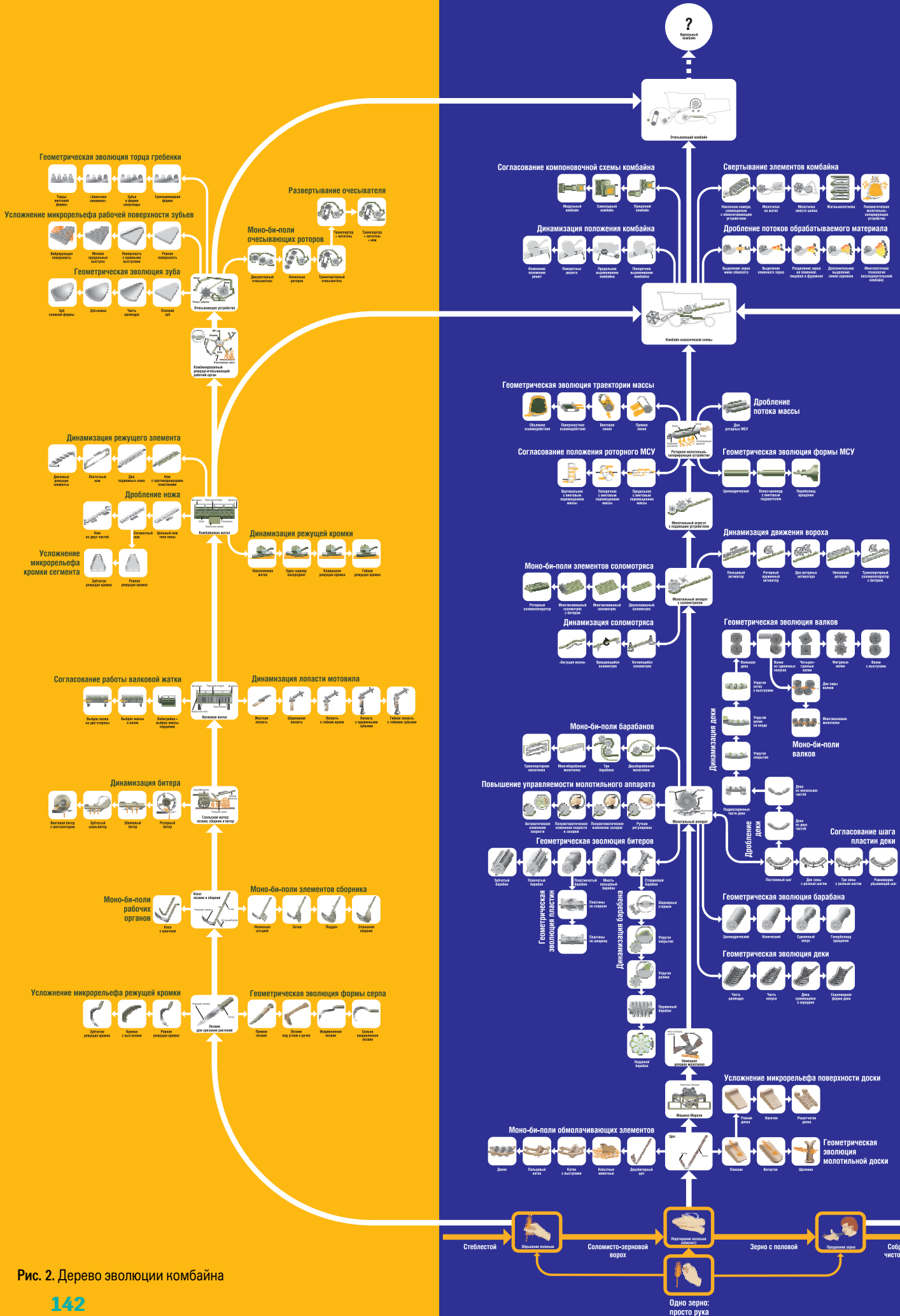
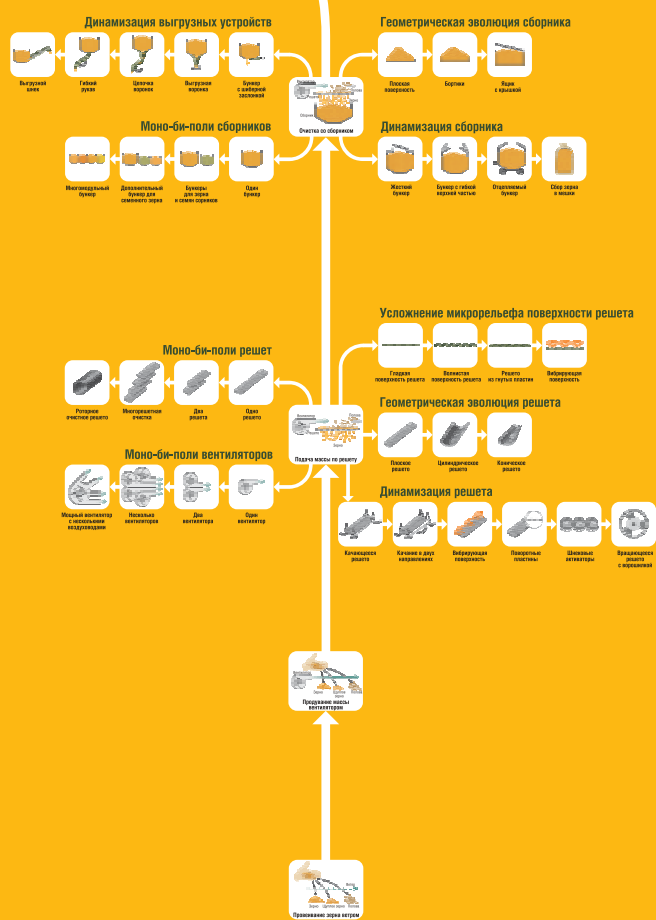


Рис. 2. Дерево эволюции комбайна

ДЕРЕВО ЭВОЛЮЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА



Дерево эволюции иллюстрирует использование объективных тенденций развития технических систем для эффективной структуризации технической и патентной информации о технологиях уборки зерна и зерноуборочном комбайне. Дерево эволюции – это эффективный инструмент для прогноза развития технических систем, обхода патентов конкурирующих компаний и создания патентных зонтиков для технических решений.

БАЗОВЫЕ ЛИНИИ РАЗВИТИЯ СОГЛАСНО ТРИЗ:

1. Моно-би-поли
2. Свертывание
3. Развертывание-свертывание систем
4. Дробление объектов и веществ
5. Геометрическая эволюция
6. Усложнение внутренней структуры
7. Усложнение микрорельефа поверхности
8. Динамизация
9. Повышение управляемости
10. Повышение согласования

Представленное Дерево эволюции – это часть большого проекта, результатом которого будет прогноз развития технологий земледелия, в первую очередь уборки и послеуборочной переработки зерна.

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ



К.т.н., консультант по решению сложных технических задач и обходу патентов конкурирующих компаний. Участвовал в проекте «Изобретающая машина» (IMCorp) в качестве руководителя группы. Организовал создание он-лайнной обучающей системы «ТРИЗ-тренер» для сотрудников Samsung. Изобретатель, автор ряда статей и книги «Использование «Деревьев эволюции» для обработки технической и патентной информации», изданной в Японии. Редактор веб-сайта для изобретателей «Генератор» www.gnrtr.com.

ШПАКОВСКИЙ Николай Андреевич

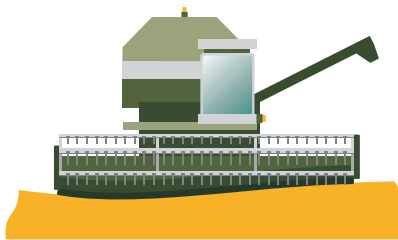


Рис. 8. Жатка с гибким передним краем

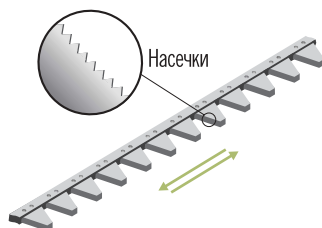


Рис. 9. Сегментный нож

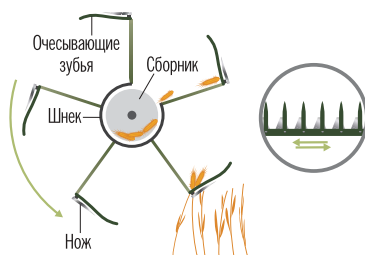


Рис. 10. Колосоуборочная машина

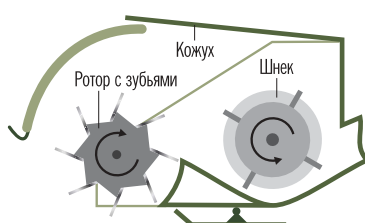


Рис. 11. Роторное очесывающее устройство

и популярность австралийского стриппера доказывает тот факт, что за несколько лет было построено более 30 тысяч машин.

На этом технологическом уровне разработчики искали оптимальную конструкцию лопастного ротора. Чтобы повысить интенсивность его действия, лопасти ротора устанавливали по винтовой линии в виде шнека, поверхность которого делали волнистой или ступенчатой.

Следующим шагом при развертывании состава режущего устройства можно считать валковую жатку (рис. 6), в которой к трем основным элементам стриппера: режущему аппарату, сборнику и роторному битеру, который трансформировался в мотовило, добавился новый элемент – транспортер. Он перемещает срезанную массу в боковом направлении и сбрасывает ее на поле в валок.

Технологии работы валковой жатки и стриппера существенно различаются, поскольку валковая жатка срезает растения у корня. Это позволяет одновременно с уборкой зерна убирать и солому – ценный материал, который использовали для подстилки скоту и на устройство соломенных крыш.

Полезно проследить линии развития структурных элементов валковой жатки, таких, как транспортер или мотовило. Разные конструкции транспортеров обеспечивают выброс скошенной массы в различных местах валковой жатки. Лопасть мотовила развивается в сторону повышения

ее гибкости для смягчения контакта со стеблестоем.

Далее в схеме Дерева располагается платформенная жатка (рис. 7). Она в дополнение к режущему аппарату, сборнику, мотовилу и транспортеру имеет наклонную камеру с транспортером внутри, который и подает срезанную массу в комбайн. Это развернутый вариант срезающего рабочего органа.

В структуре жатки можно проследить некоторые линии развития ее элементов, например повышение гибкости режущего элемента жатки. Жесткая конструкция переднего края жатки, на котором устанавливается нож, не может копировать неровности почвы, и растения, расположенные во впадинах рельефа, не срезаются. Чтобы устранить этот недостаток, используют механизм наклона жатки в поперечном направлении или выполняют ее передний край клавишным. Наиболее динамична жатка с гибким передним краем сборника-платформы (рис. 8), которая может копировать сложные неровности рельефа. Такие жатки применяются для уборки растений, семена которых расположены низко над землей.

По мере развития менялась конструкция ножа жатки. Сначала он был цельным вроде пилы, и при поломке одного режущего выступа приходилось выбрасывать весь нож. Сегментный нож (рис. 9) – длинная металлическая полоса, на которой закреплены отдельные режущие сегменты, – не имеет этого недостатка. Теперь при поломке одного из них достаточно заменить сломанный сегмент. Режущая кромка самих сегментов эволюционировала по аналогии с режущей кромкой серпа: сначала она имела гладкие края, затем ее стали делать рубчатой.

Платформенная жатка долгое время была традиционной для зерноуборочного комбайна. Однако постепенно в развитии комбайна наступил этап, когда противоречия, накопившиеся в его конструкции, стали тормозом на пути ускорения уборки зерна. Главная причина этих противоречий кроется в том, что

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ

при работе платформенной жатки срезается и обмолачивается вся масса растений. Поневоле пришлось вспомнить принцип, реализованный в галльской жатке и австралийском стриппере, которые убирают только колосья, не пропуская через молотильный аппарат огромный объем соломы.

Началось свертывание, упрощение как самой технологии уборки, так и структуры комбайновой жатки. Здесь можно назвать технологию высокого среза, при которой растения срезались у самых колосьев. Конструкторы задумались над разработкой специальных колосуборочных машин, проект одной из них показан на рисунке 10. Попытки создать полноценную работающую конструкцию сначала потерпели неудачу.

Простую и эффективную конструкцию – очесывающее устройство (рис. 11) – удалось создать, когда установили, что зубья, движущиеся со скоростью 8–10 м/с, эффективно отрывают колосья от стеблей без всяких дополнительных приспособлений. Основной рабочий орган устройства, ротор с зубьями, вращается таким образом, что зубья движутся снизу вверх, прочесывают стеблестой и обрывают колосья. Очесанная масса собирается к середине сборника и отправляется на обмолот.

В развитии структурных элементов очесывающего устройства можно выделить ряд линий. Одна из них показывает увеличение количества очесывающих роторов с переходом к транспортерному очесывающему устройству (рис. 12). Транспортер хорошо работает на неровных полях, лучше убирает разновысокие растения и растения, у которых убираемые семена расположены по всей длине стебля, например сою.

МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН

Этот орган отделяет зерна от рыхлого соломистого вороха, отправляя солому на поле, а вымолоченное зерно с половой – на дальнейшую переработку.

Первым обмолачивающим устройством была простая палка, которой били по колосьям. Палкой бить неудобно, удар отдается в руку, поэтому придумали цеп – длинную рукоятку, к которой на гибкой связи крепится короткая массивная бита. Известны различные разновидности цепы, которые можно выстроить в линии развития. Для обмолота использовали деревянные и каменные катки, а также домашних животных, которых гоняли по разостланному необмолоченному вороху. Еще один способ обмолота состоял в том, что снопом били по молотильной доске либо протягивали стебли растений через узкую щель.

Использование простейших механических приводов – ветродвигателя и водяного колеса – позволило перейти от тяжелого ручного труда к механическим устройствам. В машине Мароля (рис. 13) или немецкой молотилке (рис. 14) несколько жестких битеров ударяют по обмолачиваемому вороху.

Следующим шагом в технологической эволюции стал компактный барабанный молотильный аппарат. Барабан с выступами на поверхности (битерами) вращался над декой – решетчатой доской, изогнутой по его форме (рис. 15). Дека образована криволинейными направляющими, на которых закреплены радиально установленные пластины. Барабан захватывает обмолачиваемый ворох и протаскивает ее по деке, перетирая его и вымолачивая зерно.

При совершенствовании барабана искали в первую очередь оптимальную форму его битеров. Простейший молотильный барабан представляет собой вал, на котором закреплены стержни. Количество выступов увеличивалось, они трансформировались в пластины и продольные массивные битеры с нарезными накладками из прочной стали. Пластины могут располагаться по поверхности барабана различным образом. Так, пластины, расположенные по спирали или по шеврону (рис. 16), заставляют обмолачиваемую массу перемещаться не только поперек оси барабана, но и вдоль, что улучшает условия обмолота.

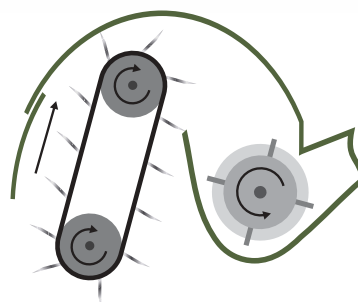


Рис. 12. Транспортерный очесыватель

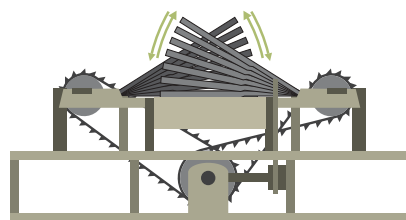


Рис. 13. Машина Мароля

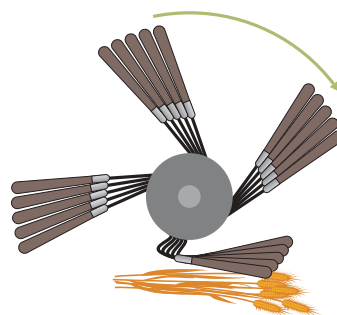


Рис. 14. Немецкая молотилка с приводом от водяного колеса

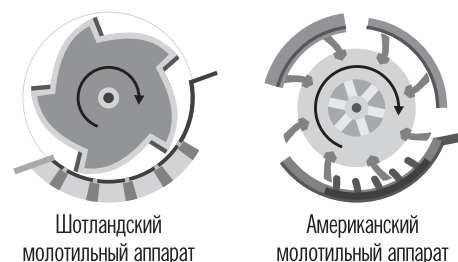


Рис. 15. Различные конструкции молотильных аппаратов



Рис. 16. Шевронное расположение пластин

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ

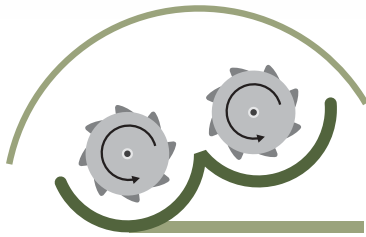


Рис. 17. Двухбарабанная молотилка

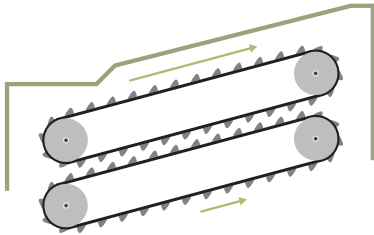


Рис. 18. Транспортный обмолачивающий агрегат



Рис. 19. Надувной барабан

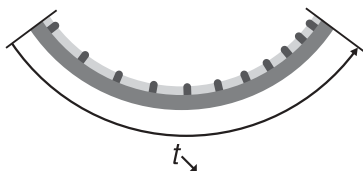


Рис. 20. Дека с равномерно убывающим шагом пластин

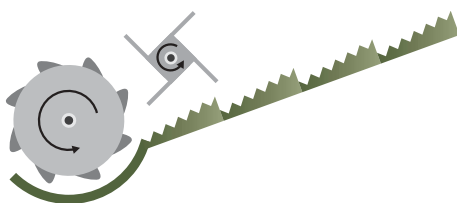


Рис. 21. Молотильный аппарат с соломотрясом

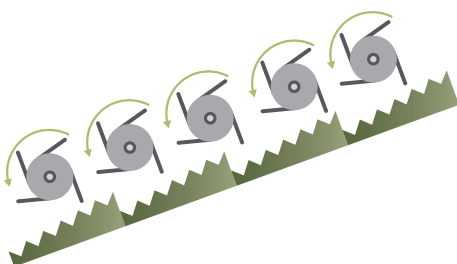


Рис. 22. Многороторный активатор

При развитии молотильного аппарата можно проследить линию увеличения количества молотильных барабанов. Это нужно для того, чтобы полностью вымолотить зерно из вороха и минимально его травмировать. Кроме того, использование двух или нескольких барабанов позволяет управлять процессом обмолота. Первый барабан работает с необмолоченным ворохом и недеформированной соломой, выделяя самое спелое и ценное зерно, а последующие выполняют домолочивающие функции (рис. 17).

Следующий шаг – свертывание многобарабанной молотилки в моно-систему более высокого уровня, например в транспортную молотилку (рис. 18), в которой в одну сторону с разной скоростью движутся два транспортера. Ворох, защемленный между транспортерами, перетирается и обмолачивается.

Еще одно возможное направление развития: для более мягкого обмолота битеры барабана можно сделать гибкими, упругими. Для этого выступы на поверхности барабана покрываются резиной или заменяются рядами упругих роликов. Щадящее воздействие на ворох оказывает барабан в виде спиральной пружины. Этим же преимуществом обладает и надувной барабан (рис. 19) – эластичная оболочка с армированными битерами, разделенная внутри на сектора, в которые подается сжатый воздух. Подобные преобразования: упругое крепление пластин, ролики, гибкое полотно и торсионный подвес – применяются и в конструкции деки.

Форма барабана эволюционировала от простой – цилиндрической – к более сложным: конусу, гиперолоиду и другим фигурам вращения. Соответственно менялась и форма деки.

В эволюции деки также можно проследить определенные линии, например согласование шага пластин с условиями обмолота вороха. При заходе на деку масса еще не обмолочена, солома не деформирована, и расстояние между пластинами должно быть большим. По мере про-

хода по деке солома измельчается, а зерно вымолочивается. В этой зоне надо исключить просыпание мелких фракций соломы вместе с вымолоченным зерном, то есть расстояние между пластинами должно быть маленьким. Чтобы удовлетворить этому условию, дека делится на две или несколько зон с разным шагом пластин. Наиболее согласована дека, пластины на которой располагаются с равномерно убывающим шагом (рис. 20). Для упрощения ремонта деки она выполняется составной из двух или нескольких частей наподобие сегментного ножа в жатке. В случае поломки можно заменить только сломанную часть, а остальные могут работать дальше.

По мере развития повышается управляемость молотильного аппарата. В первых комбайнах зазоры между барабаном и декой и скорость барабана регулировались вручную. Сейчас большинство параметров можно изменять полуавтоматически из кабины комбайна, а часть их может меняться автоматически в зависимости от загрузки.

При последующем развешивании в конструкцию молотильного аппарата были введены дополнительные устройства – соломосепараторы, дополнительно разделявшие солому и вымолоченное из нее зерно. Одна из распространенных конструкций соломосепаратора – клавишный соломотряс – имеет несколько коробчатых клавиш с зубьями на верхней плоскости (рис. 21). При работе клавиши соломотряса подбрасывают промолоченный солоmistый ворох и толчками продвигают его к задней части комбайна, энергично встряхивая солому и выделяя оставшееся в ней зерно.

Здесь также прослеживается несколько линий развития: повышение подвижности соломотряса, увеличение количества клавиш.

Для усиления сепарирующего действия на ворох над соломотрясом устанавливаются дополнительные активные элементы, помогающие протряхиванию вороха. Это может быть пальцевая ворошилка, одно- или многоотпорный пружинный активатор (рис. 22), а также

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ

подвижный сетчатый транспортер с активатором.

Кроме соломотряса к молотильному аппарату может быть добавлено и роторное устройство, подающее ворох на обмолот. Такой молотильно-сепарирующий рабочий орган, включающий несколько узлов, дает хорошее качество обмолота, но слишком сложен и дорог. Это стало причиной того, что было разработано компактное роторное молотильно-сепарирующее устройство (МСУ), выполняющее функции и молотильного барабана, и соломосепаратора. Молотильно-сепарирующее устройство (рис. 23) представляет собой ротор, вращающийся внутри охватывающего его решетчатого кожуха. В каждом МСУ можно выделить две основные рабочие зоны: молотильную, где ворох обмолачивается, и сепарирующую, где из соломы выделяется оставшееся зерно.

Роторное МСУ может располагаться вдоль продольной оси комбайна и под прямым углом к ней. При этом горизонтально располагаются МСУ со спиральным ходом массы, а вертикально – пневмоинерционные устройства, в которых механическое воздействие дополняется высокоскоростными завихренными струями воздуха.

Поиск оптимальной формы ротора МСУ ведется постоянно. Применяются цилиндрические роторы, роторы, составленные из двух фигур – конуса и цилиндра, с винтовыми лопастями для захвата массы на его переднем конце и роторы более сложной формы, например в виде параболоида вращения.

Большое значение имеют форма и размеры зоны взаимодействия обмолачиваемого вороха и молотильных рабочих органов МСУ. В роторе с тангенциальной подачей она имеет форму прямой линии, проходящей по направлению битера. Ротор с аксиальной подачей взаимодействует с обмолачиваемой массой уже по винтовой линии (рис. 24).

Взаимодействие массы и обмолачивающих элементов по поверхности можно наблюдать у обмолачивающих транспортеров. Объемное взаимодействие имеет место при

работе пневмоинерционной молотилки (рис. 25).

Здесь прослеживается тенденция максимального использования внутреннего пространства МСУ для эффективного обмолота и сепарации соломы.

ОЧИЩАЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН

Очистку зерна и его сбор выполняет провеивающий рабочий орган, который отделяет зерна от мелких частиц колоса, полвы и направляет поток зерна в сборник.

Традиционно очистка зерна от мелких примесей делалась за счет провеивания. Зерно, которое нужно было очистить, бросали на ветер. Тяжелые зерна падали в сборник, а все отходы улетали с ветром подальше – происходило разделение массы на легкую и тяжелую фракции. Затем ветер заменили вентилятором, а зерно стали подавать по встряхиваемым или вибрирующим решетам. Полова уносится потоком воздуха, а зерно падает в сборник. Эта конструкция веялки не утратила актуальности до сих пор (рис. 26).

Для улучшения очистки стараются сделать динамичной, подвижной саму поверхность решета. Для этого изменяют форму ее микрорельефа. Чтобы активизировать воздушный поток, применяют вибрацию, поворотные пластины, а также роторные активаторы.

Качество работы веялки повышали, увеличивая количество решет, устанавливая их рядами. Размеры ячеек и форма отверстий в решетках менялись по мере продвижения массы, и это обеспечивало хорошую очистку зерна. Однако большое количество решет требовало больших размеров веялки. Выход нашли в использовании цилиндрического вращающегося решета (рис. 27), существенно повышающего интенсивность очистки.

В комбайнах решета часто устанавливаются на подвижных опорах, которые качаются не только в продольном, но и в поперечном направлении. Это позволяет не допустить потерь зерна при работе на склоне.

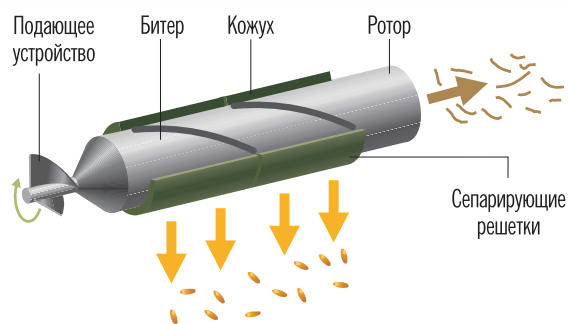


Рис. 23. Роторное молотильно-сепарирующее устройство

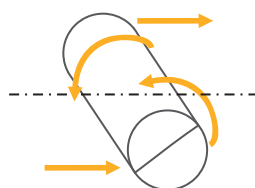


Рис. 24. Винтовое направление рабочего действия



Рис. 25. Объемное взаимодействие массы и обмолачивающих элементов

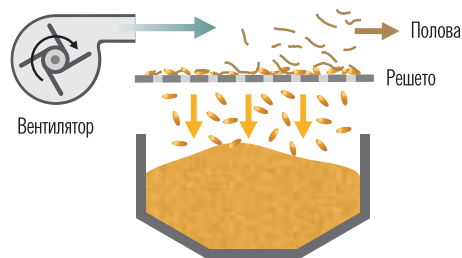


Рис. 26. Провеивание с подачей зерна по решету

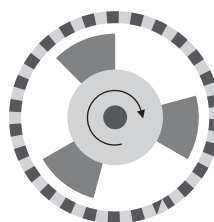


Рис. 27. Роторное очистное решето

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ

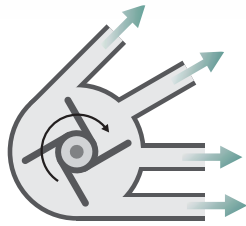


Рис. 28. Один мощный вентилятор с несколькими воздуховодами

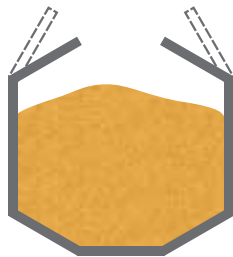


Рис. 29. Бункер с гибкой верхней частью

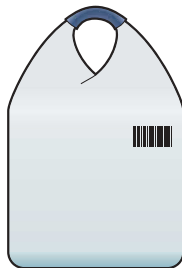


Рис. 30. Мягкий контейнер с мембраной

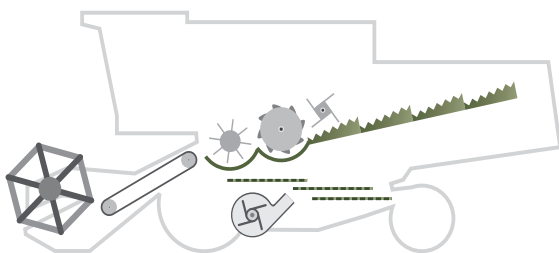


Рис. 31. Комбайн – объединение жатвенного, молотильного и очистного устройств

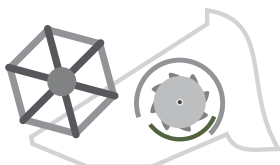


Рис. 32. Молотилка, установленная на жатке

По мере развития усложнялась схема подачи воздуха к различным решетам. Это привело к тому, что количество вентиляторов в веялке начало увеличиваться. В больших сложных провеивающих машинах с несколькими рядами решет устанавливается до шести вентиляторов. Более совершенная конструкция – один мощный вентилятор, поток воздуха от которого подается к решетам по рукавам изменяемого сечения (рис. 28).

Сборник, бункер, куда собирается чистое зерно, структурно представляет собой некую емкость с устройствами загрузки зерна и его выгрузки. Сборники различной геометрической формы могут иметь наращиваемые борта. Например, в трансформируемом бункере гибкая верхняя часть может раскрываться по мере заполнения (рис. 29). Такой бункер имеет большой объем при работе комбайна и малые габаритные размеры при транспортных переездах. Еще более динамичная конструкция – отцепляемый бункер, оставляемый комбайном на краю поля по мере заполнения. Это исключает переуплотнение почвы колесами тяжелых грузовиков и уменьшает время на разгрузку зерна.

Наиболее динамичным вариантом бункера является матерчатая емкость, например мешок. Это гибкая, легко складывающаяся конструкция, мешки легко грузить и перевозить. Следует ожидать более широкого применения мешков при уборке зерна. За счет применения новых, современных материалов они не только значительно превзойдут по прочности традиционные холщовые мешки, но и будут обладать рядом новых полезных свойств. Например, «умные контейнеры», разрабатываемые нашей компанией, представляют собой мешки разных типоразмеров с удобными петлями. Каждый контейнер имеет специальную молекулярную мембрану (рис. 30). Полупроницаемая мембрана не пропускает в контейнер кислород воздуха, при этом через нее испаряется влага из внутреннего объема. Благодаря этому внутри контейнера

создаются условия, благоприятные для длительного хранения зерна. Мягкие контейнеры идеально приспособлены для перевозки, складирования, хранения и продажи зерна (подробнее см. статью [«Существует ли идеальная логистика?»](#) на с. 24).

Важным направлением развития может быть увеличение количества бункеров на комбайне. Это вызвано тем, что собираемое зерно неоднородно по качеству и современный комбайн имеет возможность сортировать его. Например, можно выделить самые спелые зерна, которые имеют большую биологическую ценность. Такие зерна могут быть использованы в первую очередь как семенное и продовольственное зерно.

Будет полезным и дополнительный бункер для сбора семян сорняков, вместо того чтобы рассеивать их по полю. Многомодульный бункер с отсеками, куда можно собирать разные фракции зерна, нужен для исследовательского комбайна.

ЭВОЛЮЦИЯ КОМБАЙНА КАК СИСТЕМЫ

После того как мы построили три «ствола» Деревя эволюции: для срезающего, обмолачивающего и очистного устройств, можно по принципу морфологического ящика собрать комбинированную машину для уборки зерна по различным схемам. Может меняться тип жатки, устройство молотильного аппарата или конструкция очистного устройства – все скомпонованные таким образом конструкции комбайнов будут различаться.

Наиболее распространенная конструкция (рис. 31) включает жатку по рисунку 7, молотильный аппарат барабанного типа с соломотрясом по рисунку 21 и ветрорешетную очистку с бункером-сборником по рисунку 26.

Одна из тенденций развития на уровне комбайна – это свертывание, объединение его элементов. Например, молотилка может располагаться прямо на жатке

ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЗАКАЗУ

(рис. 32), что позволяет упростить транспортирующие элементы комбайна. Интересным представляется также свертывание молотильного, сепарирующего и очистного устройств в одно пневматическое молотильно-сепарирующее устройство (рис. 33). Растения надо только срезать, а дальше это устройство полностью обрабатывает срезанный ворох, обмолачивает, провеивает и очищается от половы.

Можно также говорить о динамизации положения комбайна относительно поверхности поля, что весьма важно при работе на склонах. Для этого применяется специальное шасси с выдвигаемыми колесами, которые автоматически устанавливаются так, чтобы комбайн шел ровно (рис. 34). Некоторые комбайны имеют также компенсатор продольного наклона. Еще одна возможность снизить потери на склонах – изменить положение решет очистки так, чтобы они всегда располагались горизонтально (рис. 35).

Важные преимущества при уборке позволяет получить дробление потоков обрабатываемого материала. Большинство комбайнов обмолачивает и собирает в бункер всю массу собранного зерна. Гораздо выгоднее выделять из идущего на обмолот вороха свободное зерно, выбитое при срезании и транспортировке, очищать и собирать его, не пропуская через молотилку. Выбиваемое при срезании или очесывании зерно – самое спелое и биологически ценное, поэтому рациональнее собирать его в отдельный бункер. Согласно этой линии можно предусмотреть более мелкое дробление потоков, например разделение зерна на три фракции: семенное, продовольственное и фуражное и выделение семян сорняков.

Важно согласовать компоновочную схему комбайна с условиями его работы.

Начальным шагом в эволюционной иерархии можно считать прицепной комбайн, приводимый в движение конной тягой (рис. 36)

или трактором. Его главное преимущество – возможность использовать тяговый трактор на других работах после окончания уборки.

В то же время оператору трудно управлять прицепным комбайном, поскольку трактор располагается впереди и сбоку комбайна. Самоходный комбайн – это энергетически независимая машина, выполняющая все операции технологического процесса уборки зерна. Но здесь конструкторы столкнулись с противоречием: самоходный комбайн удобен, автономен, но стоит дорого, а эксплуатируется пару месяцев в году.

Преимущества двух типов комбайнов – прицепного и самоходного – удалось объединить с изобретением комбайна, основные модули которого – жатка, молотильный аппарат и очистка с бункером – навешиваются на единое энергосредство (рис. 37). Компоновка навесного комбайна аналогична компоновке обычного самоходного комбайна и оптимальна с точки зрения удобства управления машиной. После окончания уборки трактор можно использовать на других работах.

В качестве заключения

Как показывает Дерево эволюции, свертывание элементов комбайна является в настоящее время преобладающей тенденцией его развития.

Мы «вырастили» это Дерево для того, чтобы с его «высоты» посмотреть на возможные пути развития комбайна. Цель – прогнозирование идеального комбайна. Впрочем, идеальный комбайн должен работать в идеальной системе земледелия.

Каково оно – идеальное земледелие?

Наша цель – ощутить, прочувствовать, просчитать и спрогнозировать.

Работа продолжается.

См. также статью [«Стратегемы идеального земледелия»](#) на с. 12. ▲



Рис. 33. Пневматическое молотильно-сепарирующее и очищающее устройство

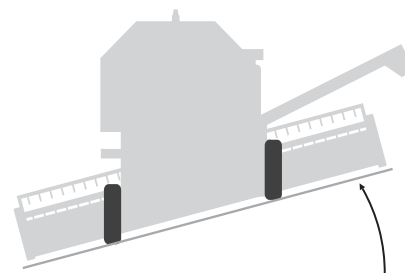


Рис. 34. Поперечное выравнивание комбайна

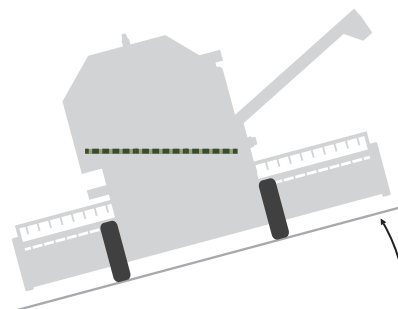


Рис. 35. Поворотные решета



Рис. 36. Упряжка из 21 мула тянула один из первых прицепных комбайнов Shippee (США)

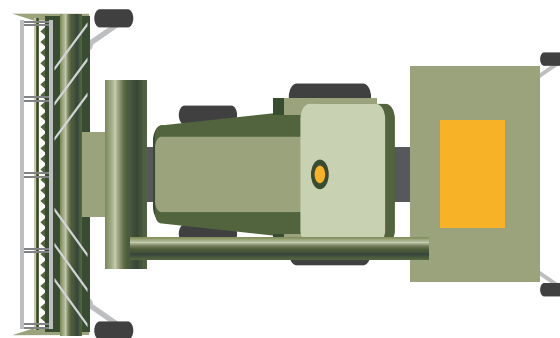


Рис. 37. Навесной комбайн