

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Ожерельев В.Н.

Брянский государственный аграрный университет, Брянск

Ключевые слова: молотильный барабан, картофелекопатель, малиноуборочный комбайн, улавливающее устройство, выбор прототипа, расширение технологических возможностей.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности этапов создания новых машин. В качестве примеров использованы разработки молотильного барабана, картофелекопателя и улавливающего устройства малиноуборочного комбайна. Важнейшим условием успеха является удачный выбор прототипа. Алгоритм совершенствования машины может базироваться как на последовательной трансформации прототипа путем наращивания числа конструктивно-технологических опций, так и на оптимизации конструкции узлов с постепенным приближением к идеалу. При этом амплитуда изменений уменьшается.

FEATURES OF THE ALGORITHM FOR IMPROVING AGRICULTURAL MACHINES

Ozherelev V.N.

Bryansk State Agrarian University, Bryansk

Keywords: threshing drum, potato digger, raspberry harvester, catching device, prototype selection, expansion of technological capabilities.

Abstract. The article discusses the features of the stages of creating new machines. The developments of a threshing drum, a potato digger and a catching device for a raspberry harvester are used as examples. The most important condition for success is the successful choice of prototype. The algorithm for improving the machine can be based both on the consistent transformation of the prototype by increasing the number of design and technological options, and on optimizing the design of components with a gradual approach to the ideal. At the same time, the amplitude of changes decreases.

Если рассматривать процесс создания сельскохозяйственных машин в исторической ретроспективе, то большинство из них в первоначальном варианте должны были воспроизводить тот же алгоритм воздействия на соответствующий объект обработки (землю, либо растения), что и ручные инструменты либо руки человека. При этом многократные первичные попытки трансформировать ручной инструмент в машину могли быть, как правило, неудачными, пока не находился изобретатель – человек с нестандартным типом мышления – который либо вносил в сложившуюся технологическую систему новый элемент, либо организовывал по-новому взаимодействие между имеющимися компонентами структуры, получая вследствие этого искомый эффект.

Характерным примером такого алгоритма изобретения является история создания молотильного аппарата. Прототипом всем известного теперь молотильного барабана являлось колесо, точнее гарман – зубчатый каменный цилиндр, который для обмолота уложенных на току снопов прокатывали по ним лошадьми или иными тягловыми животными [1]. Для преобразования прототипа

в молотильный барабан в систему необходимо было внести ряд существенных изменений. Основная их суть заключалась в том, что исходный цилиндр разместили посредством оси на неподвижной раме, сообщив ему вращение от внешнего источника энергии. При этом снопы должны были подаваться в молотильный аппарат вручную. По сути, был использован широко применяющийся в изобретательстве прием – «сделай наоборот» [2]. Действительно, в прототипе барабан катился по лежащим на поверхности тока снопам, а теперь они получили импульс движения, тогда как барабан наоборот – оказался зафиксированным на месте.

Нельзя сказать, что трансформация гармана в молотильный аппарат была единственным испробованным вариантом решения проблемы. Чаще всего изобретатели пытались реализовать идею создания механических цепов – ручных орудий обмолота, более характерных для средневековой Европы. То есть, несколько цепов объединяли и снабжали общим приводом. Несмотря на многочисленные попытки такой вариант выбора прототипа и алгоритма его трансформации оказался тупиковым.

Как правило, первый вариант машины (или орудия) оказывается крайне несовершенен, что представляет широкое поле для улучшения конструкции. Процесс совершенствования может продолжаться десятки лет и более. В результате молотилка современного зерноуборочного комбайна лишь отдаленно напоминает ее конструкции, предложенные первыми изобретателями в конце XVIII века, например, шотландцем Эндрю Мейклом (1778 год).

Процесс совершенствования стартовой модели машины может осуществляться по нескольким направлениям. Во-первых, может происходить расширение числа конструктивных опций, позволяющих осуществлять дополнительные технологические функции либо улучшить качество выполнения традиционных технологических элементов. В этом отношении характерен пример развития конструкции картофелекопателей (рис. 1), поскольку становление этого вида техники происходило в недалеком прошлом.

Внедрение в России картофеля потребовало решить проблему его выкапывания. Естественно, очевидным решением стало использование имевшегося в каждом крестьянском хозяйстве простейшего распашника в виде сохи (поз. 1.1). Это простейшее орудие могло формировать борозду, в которую укладывали клубни при посадке, закрывало ее, формируя гребень, осуществляло междурядную обработку (окучивание) и раскрытие гребня при уборке. Проблема заключалась в том, что при этом значительная часть клубней оставалась невыпаханной и для их полного подбора необходимо было дополнительно раскапывать почву руками. Улучшить условия работы сборщиков был призван разработанный в начале XX века активный копатель «швыряющего» типа, ротор которого отбрасывал подрезанные боковым движением объемы почвы вместе с клубнями вбок, на уже убранную полосу (поз. 1.2). За счет этого происходила более интенсивная (чем в случае использования сохи) сепарация почвы и клубней.

Альтернативой активному распашнику стало снабжение его пассивного аналога дополнительным рабочим органом, способным более эффективно осуществлять процесс сепарации почвы (поз. 2). Вследствие этого произошло

разделение функции раскрытия гребня и сепарации почвы путем добавления новой конструктивной опции. В результате получился картофелекопатель, агрегируемый с трактором или иным энергетическим средством, варианты конструкции которого отличались типом сепарирующего рабочего органа (прутковый элеватор или грохот) и числом сепараторов. На легких и средних почвах после прохода такого картофелекопателя большая часть клубней оказывается на поверхности поля, что существенно упрощает их ручной подбор.

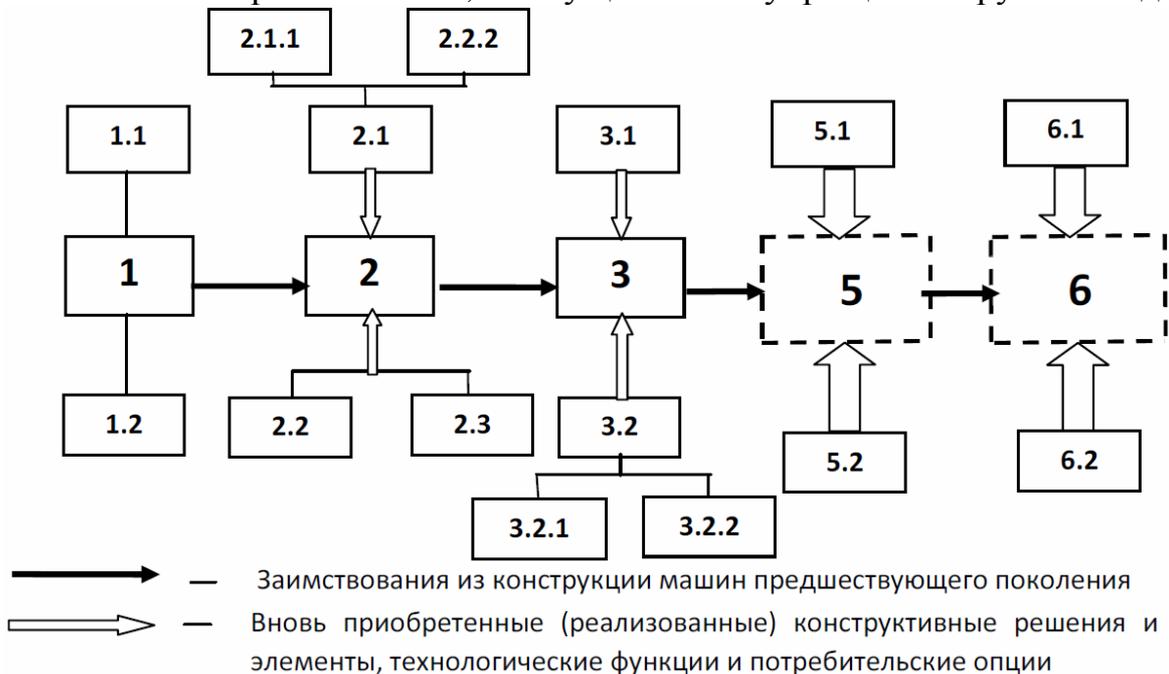


Рис. 1. Структурно-технологическая схема трансформации конструкции картофелекопателей: 1 – распашники; 1.1 – пассивные (лемехи, сохи, корпуса окучников); 1.2 – активные (швырялки роторного типа и т.п.); 2 – копатели просеивающего типа; 2.1 – элеваторные; 2.1.1 – два элеватора; 2.1.2 – три элеватора; 2.2 – грохотные; 2.3 – комбинированные; 3 – копатели - валкоукладчики; 3.1 – с поперечным транспортером; 3.2 – с отделением ботвы от клубней; 3.2.1 – с вальцовым аппаратом; 3.2.2 – с редкопрутковым транспортером; 5 – картофелеуборочный комбайн; 6 – самоходный картофелеуборочный комбайн; 5.1, 5.2, 6.1 и 6.2 – дополнительные конструктивные элементы, функции и опции

Очередным этапом трансформации конструкции в сторону расширения ее функциональных возможностей стали копатели-валкоукладчики (поз. 3). Заимствовав все конструктивные элементы традиционных картофелекопателей они были дополнительно снабжены ботвоудаляющими рабочими органами и поперечными транспортерами. В некоторых вариантах конструкции присутствуют баллоны-комкодавители, призванные улучшить условия сепарации почвы.

Для перехода на очередной технологический уровень (комбайна) к исходной конструкции прототипа необходимо было добавить дополнительные сепарирующие рабочие органы, бункер-накопитель продукции и выгрузное устройство. При этом для улучшения качества сепарации вороха применили ранее не использовавшиеся пальчатые горки и переборочный транспортер, на котором окончательную ревизию продукции должны осуществлять рабочие, перемещающиеся вместе с комбайном.

Существенное удлинение технологической цепочки вынуждает разместить рабочие органы в двух ярусах, что требует предусмотреть подъем вороха на второй ярус. Для этого используют как специальные транспортеры (ковшовые элеваторы), так и каскады многофункциональных сепарирующих рабочих органов (пальчиковых наклонных транспортеров).

Процесс трансформации картофелеуборочной техники завершается созданием самоходных комбайнов. Таким образом, начиная от простейшего распашника путем многократного добавления конструктивно-технологических опций получен современный картофелеуборочный комбайн, позволивший поднять картофелеводство на максимально высокий организационно-технологический уровень.

Как правило, при разработке новой машины возникает проблема выбора оптимального технического решения по тому или иному рабочему органу, поскольку возможны варианты исполнения, существенно отличающиеся как по принципу действия, так и по компоновочному решению. В значительной степени успех разработки предопределяет удачный выбор прототипа. Как было отмечено выше, одни изобретатели в качестве прототипа молотильного барабана рассматривали гарман, а другие цеп.

Успех при конструировании новой машины зависит и от формирования кратчайшего пути трансформации прототипа. В качестве примера рассмотрим ретроспективу конструирования улавливающего устройства малиноуборочного комбайна [3]. Суть проблемы заключалась в выборе способа перекрытия пространства между продольными транспортерами 3 и 4 и плодовой стенкой (рядом растений) 7, в которое могут просыпаться ягоды, стряхиваемые со стеблей активаторами 1 и 6 вибрационного типа (рис. 2). В принципе, решить проблему могут как активные синхронно движущиеся поверхности 2 и 5, сжимающие основание ряда 7 с двух сторон (рис. 2,а), так и их подпружиненные пассивные аналоги (рис. 2,б), проскальзывающие при движении машины по поверхности стеблей. В конечном итоге критерием выбора того или иного варианта конструкции является не только качество выполнения технологического процесса, но и цена оборудования, поскольку следует учитывать окупаемость машинной уборки ягод по сравнению с их ручным сбором.

На первом этапе разработки в стремлении обеспечить максимальную полноту улавливания снятых активаторами ягод превалировала ориентация на синхронно движущиеся улавливающие поверхности. Добиться максимальной полноты улавливания до 92% тогда удалось и нам, и шотландским ученым [4].

В США преобладала ориентация на улавливающие устройства «лепесткового» типа, представляющие собой перекрывающиеся друг друга подпружиненные поверхности, смонтированные на продольных транспортерах посредством осей. При несколько меньшей полноте улавливания проскальзывающие «лепестки» наносили повреждения поверхности молодых побегов малины, что способствовало развитию грибных болезней [5]. Однако стоимость такого улавливающего устройства на порядок меньше альтернативного варианта (с синхронным приводом). Оставалось только решить проблему исключения проскальзывания рабочих поверхностей улавливателя по стеблям.

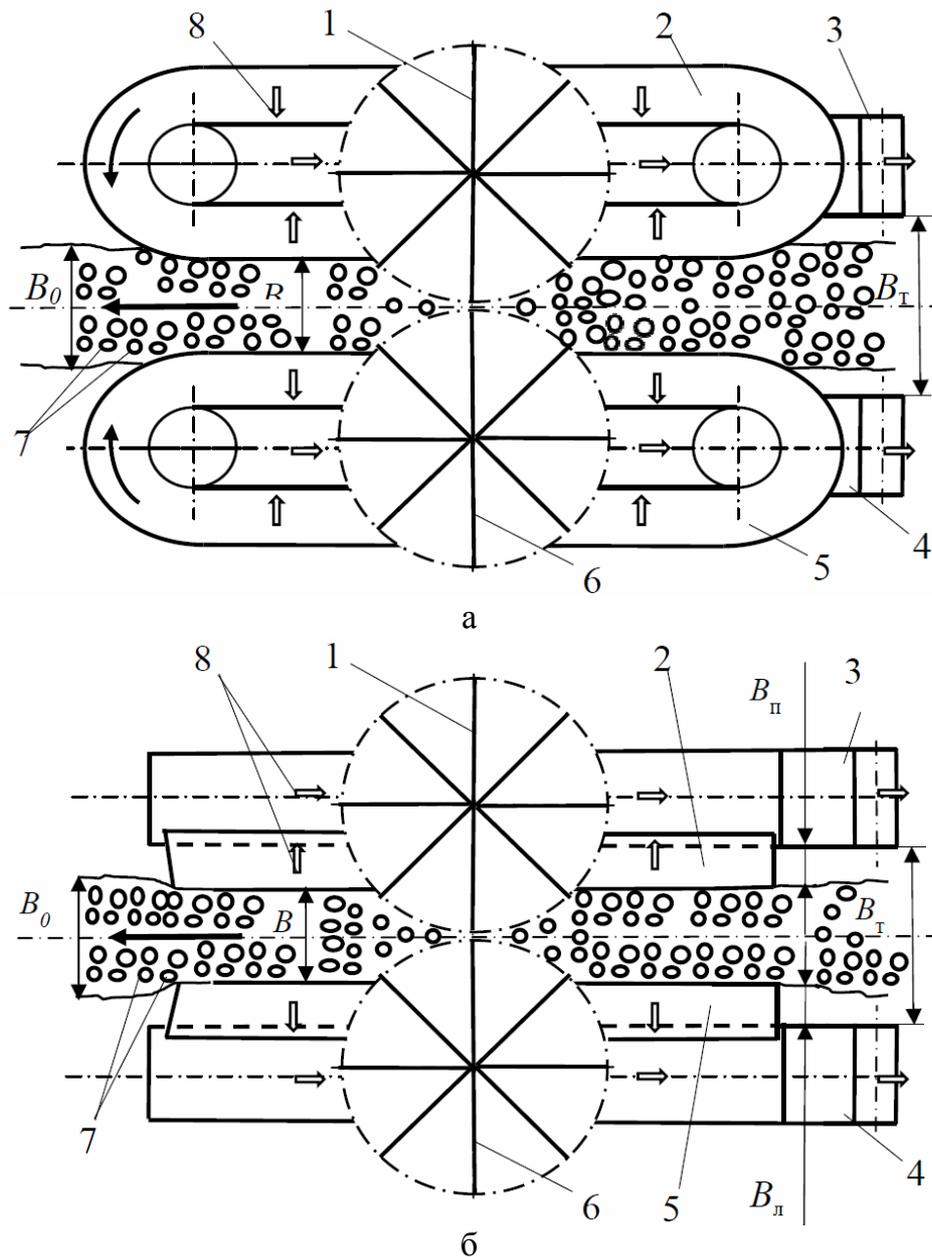


Рис. 2. Типы улавливающего устройства малиноуборочных комбайнов (с синхронным приводом (а) и бесприводные (б)): 1, 6 – активатор; 2, 5 – улавливающее устройство; 3, 4 – транспортер продольный; 7 – плодовая стенка малины (стебли); 8 – направления движения ягод

Очевидным решением является замена «лепестков» на вращающиеся диски, обкатывающиеся по стеблям плодовой стенки без проскальзывания. [6]. В реальном малиноуборочном комбайне «Йоонас» финской фирмы «Ракеннустемпо» улавливатель дискового типа был реализован в 1988 году [7]. Испытания прошли относительно успешно, но конструкция подвески дисков оказалась неудачной, вследствие чего были случаи деформации рычагов и их поломки.

Базируясь на негативном опыте фирмы «Ракеннустемпо», на первом этапе разработки мы провели оптимизацию геометрии рычагов подвески дисков, но в результате этого возникла проблема устойчивости процесса скатывания ягод с поверхности дисков. В качестве радикального решения проблемы было предложено отказаться от индивидуального крепления каждого диска и копирования каждым из них неровностей плодовой стенки малины.

В результате конструкция трансформировалась следующим образом (рис. 3). Диски 1, 2, 6 и 8 были смонтированы в виде двух секций в два яруса на раме 12 машины посредством продольных балок 9 и 15, коленчатых рычагов 10 и 14 и осей 11 и 13. Поскольку центры тяжести секций Ц. т. 1 и Ц. т. 2 размещены дальше от оси симметрии машины чем оси 11 и 13, то моменты сил тяжести G_1 и G_2 сжимает плодовую стенку у основания, формируя ее оптимальную ширину. Таким образом, от копирования плодовой стенки мы перешли к ее принудительному формированию. Испытания подтвердили работоспособность конструкции, поскольку полнота улавливания ягод увеличилась по сравнению с финским прототипом на 6% [8].

Резервы дальнейшего совершенствования конструкции дискового улавливателя близки к исчерпанию. Об этом свидетельствует тот факт, что последнее усовершенствование запатентовано в 2021 году и касается незначительных нюансов, относящихся к исполнению кромки диска путем его отбортовки [9].

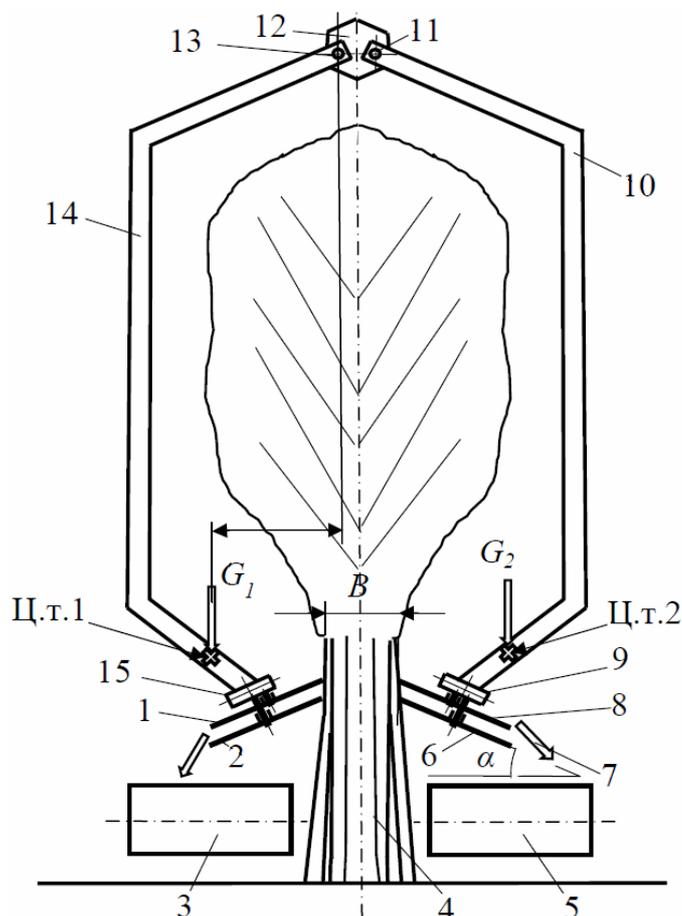


Рис. 3. Улавливатель дискового типа (Пат. РФ №2490859): G_1 и G_2 – вес секций улавливателя; Ц.т.1 и Ц.т.2 – их центры тяжести; 1, 2, 6, 8 – диски; 3, 5 – транспортер продольный; 4 – плодовая стенка малины; 7 – направление движения ягод; 9, 15 – балка продольная; 10, 14 – подвеска; 11, 13 – ось точка подвеса; 12 – рама

Таким образом, совершенствование улавливающего устройства происходило путем последовательного приближения ее конструкции к идеалу. При этом по мере реализации очередного технического решения амплитуда изменения уменьшается. Это вполне соответствует закономерности уменьшения вариабельности конструкции по мере старения любого вида техники [10].

Список литературы

1. Гарман (сельскохозяйственное орудие) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гарман_\(сельскохозяйственное_орудие\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гарман_(сельскохозяйственное_орудие)).
2. Альтов Г.С. И тут появился изобретатель. – М.: Детская литература, 1987. – 122 с.
3. Ожерельев В.Н., Ожерельева М.В. Моделирование взаимодействия улавливающего устройства малиноуборочного комбайна со стеблями // *Агроинженерия*. – 2023. – Т.25, №2. – С. 10-14.
4. Ramsey A.M. Mechanical harvesting of raspberries – A review with particular reference to engineering development in Scotland // *Journal of agricultural engineering research*. 1983, vol. 28(3), pp. 183-206. doi.org/10.1016/0021-8634(83)90069-0.
5. Williamson B., Ramsay A.M. Effects of straddle-harvester design on cane blight (*Leptosphaeria coniothyrium*) of red raspberry // *Ann. appl. Biol.* 1884, vol. 105, pp. 177-184.
6. Patent 3449895 US. Catching arid guide means in a berry harvester / E.E. Pertics, 1969.
7. Patent 79775 FN. Kersinnon nimitys / J. Turunen. 1990.
8. Ожерельев В.Н. Технологические процессы и средства механизации производства ягод малины: Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. – Брянск, 2001. – 312 с.
9. Патент №2746066 РФ. Улавливающее устройство ягодоуборочной машины / Н.Н. Романюк, И.Н. Шило, В.А. Агейчик, В.А. Эвиев, Н.Л. Цаган-Манджиев, Э.В. Эвиев. – Заявка №2019141290 от 13.12.2019; опубл. 04.06.2021, Бюл. №10.
10. Штарев С.Г., Быков В.П., Панченко А.А., Скрипачев И.Ф. Технические основы создания машин: учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта / под ред. Штарева С.Г. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 148 с.

Сведения об авторе:

Ожерельев Виктор Николаевич – д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве.