

УДК 631.358

Расширение функциональных возможностей прицепных ягодоуборочных комбайнов**Enhancement of functionality of tractor-drawn berry-harvesting combines****В. Н. ОЖЕРЕЛЬЕВ, д-р с.-х. наук****Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия, vicoz@bk.ru****V. N. OZHEREL'EV, DSc in Agriculture****Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia, vicoz@bk.ru**

В статье описан опыт разработки прицепного ягодоуборочного комбайна, близкого по удобству управления к самоходному аналогу. Цель исследования заключается в изыскании возможности отделения функции поддержания параллельности комбайна ряду убираемых растений от задачи управления его поперечным смещением относительно трактора. Указанная задача решена путем трансформации традиционного прицепного устройства, имеющего один гидроцилиндр управления, в гидравлический аналог параллелограммного механизма. Для этого конструкция дополнена двумя гидроцилиндрами и поворотным рычагом, а комбайн снабжен самоустанавливающимися опорными колесами. В результате момент сопротивления перекачиванию колеса комбайна, асимметричного по отношению к трактору, передается на его остов и не приводит к перекосу уборочной машины относительно ряда растений, закрепленных на вертикальной шпалере. Геометрические и гидравлические параметры прицепного устройства подобраны так, что при повороте выезжающего из междурядья трактора влево он отклоняется на 90 градусов относительно комбайна, который после въезда трактора в новое междурядье точно устанавливается на очередной ряд. При этом радиус поворота агрегата не превышает 6 м. Во время испытаний посредством системы управления, заимствованной от зерноуборочного комбайна, экспериментальной машиной управлял механизатор, размещавшийся на комбайне над рядом растений. На серийной машине его функцию должна выполнять автоматическая система вождения. Испытания прицепного ягодоуборочного комбайна показали принципиальную возможность обеспечения точности его вождения на уровне, близком к самоходным машинам. При этом его цена по сравнению с самоходными аналогами может быть вдвое меньше. Это позволяет вывести прицепные ягодоуборочные и виноградоуборочные комбайны на более высокий уровень функционального совершенства, существенно увеличивающий их конкурентоспособность по сравнению с самоходными уборочными машинами.

Ключевые слова: ягоды; виноград; механизированная уборка ягод; прицепной комбайн.

The paper deals with the experience of development of a tractor-drawn berry-harvesting combine that is similar in the ease of control to a self-propelled analog. The purpose of the research is to explore the possibility of separating the function of maintaining combine parallel alignment to the row of harvested plants from the problem of control of its lateral displacement in relation to the tractor. This problem has been solved by transforming of conventional drawbar hitch, having only one control hydraulic cylinder, into the hydraulic analog of a parallel link mechanism. For this purpose, the design was complemented by two hydraulic cylinders and a pivot arm, and combine was equipped with self-aligning supporting wheels. As a result, the moment of resistance to rolling of combine wheel, that is asymmetric to the tractor position, is transmitted to its frame and does not lead to harvesting machine skewness in relation to rows of plants fixed on a vertical trellis. Geometric and hydraulic parameters of the drawbar hitch are chosen, so that when the tractor leaving the row spacing turns to the left, it is deflected by 90 degrees in relation to the combine, which, after the tractor entry into another row spacing, exactly sets on the next row. In this case, the turning radius of the unit does not exceed 6 m. During the tests by means of control system borrowed from a grain combine harvester, the experimental machine was controlled by a mechanic, who sat on the combine above a row of plants. In machines of mass production, his function is to be performed by the automatic control system. The tests of tractor-drawn berry-harvesting combine showed the potential possibility of assurance of its control accuracy at the level, similar to a self-propelled vehicle. In this case, its price in comparison with self-propelled analogs could be twice lower. Thus, it allows to bring the berry-harvesting and grape-harvesting combines to higher level of operational excellence, significantly increasing their competitiveness in comparison with self-propelled harvesting machines.

Keywords: berries; grapes; mechanized harvest of berries; tractor-drawn combine.

Введение

За последние 25 лет в России практически полностью свернуты научные и конструкторские работы по механизации уборки ягод. Так, после 2000 г. в научной литературе упоминается только одна отечественная разработка (ВСТИСП, Москва), касающаяся уборки ягод смородины [1]. При этом мелкосерийный выпуск прототипа этого комбайна осуществлялся еще в 1980-е гг.

Такая ситуация обусловлена тем, что ягодоводство в России переживает глубокий системный кризис. Расчет в 1980-е гг. на развитие промышленного ягодоводства не оправдался, а наличие мелких и мельчайших производителей этой продукции не создает достаточного спроса на соответствующие средства механизации.

Больше всего от экономических перемен в государстве пострадало производство ягод малины. Следует

**Уборочные площади ягод в Северной Америке
в 2013 г., тыс. га**

Убираемая культура	США	Канада
Виноград	394,848	11,4
Голубика	31,584	37,658
Малина	10,18	7,938

отметить, что технологически это наиболее сложное производство в ягодоводстве, требующее специфического подхода к конструированию комбайна. Радикально решить проблему пытаются польские инженеры, предлагающие простые и недорогие прицепные комбайны Natalia (полурядный) и Natalia-V (однорядный) для уборки ремонтантной (бесшпалерной) малины.

Однако масштабное выращивание ремонтантной малины в России пока не практикуется, как, впрочем, и малины, плодоносящей на двухлетних стеблях, закрепленных на шпалере. Между тем в перспективе ситуация может измениться. К автору обращались за консультацией предприниматели из Белгородской и Смоленской обл., мотивированные для инвестирования в производство ягод малины. Отчасти это обусловлено наличием программ импортозамещения, отчасти — стремлением администраций регионов создать рабочие места для значительного числа сельских жителей в связи с кардинальным техническим перевооружением сельского хозяйства крупными агрохолдингами.

Пока же экономически приемлемый вариант механизированной уборки ягод малины имеет место только в Северной Америке, и он обусловлен использованием того же комбайна и для уборки голубики. Точнее, комбайн изначально разрабатывался для уборки голубики как более массовой ягоды (см. таблицу), а затем был адаптирован для уборки малины. Только существенное увеличение сезонной загрузки машины делает механизированную уборку рентабельной.

Цель исследования

Новая машина имеет шанс закрепиться на рынке только при оптимальном сочетании потребительских свойств и цены. Потребительские свойства уборочных машин — это производительность, качество уборки, а также удобство управления и эксплуатации. Что касается производительности и качества уборки, то рабочие органы и их параметры у ягодоуборочных комбайнов разных фирм мало отличаются друг от друга, и на этом направлении вероятность достижения значимых преимуществ минимальна, тогда как резервы уменьшения себестоимости изготовления пока полностью не исчерпаны.

Опыт серийного производства ягодоуборочной техники в США свидетельствует о том, что ее стоимость может быть существенно снижена за счет максимально возможной унификации с виноградоуборочным комбайном как наиболее массовой машиной. Следовательно, рентабельное производство специализированных ягодоуборочных машин возможно только после начала серийного производства виноградоуборочных комбайнов.

Так, фирма Ocho (США) выпускает специализированные уборочные машины для ягод, винограда, цитрусовых, овощей и т. д. Этим же путем идет и польская фирма Weremczuk Agromachines, предлагающая широкий спектр уборочной техники, в т.ч. для уборки вишни и черешни.

Усиливающаяся конкуренция приводит к слияниям и поглощениям фирм, в т.ч. имеющих опыт продолжительного присутствия на рынке. Так, французская фирма Braud, которая специализировалась на выпуске виноградоуборочных комбайнов, в 1984 г. была поглощена группой Fiat. А та, в свою очередь, в 1999 г. вошла в состав транснациональной финансово-промышленной группы New Holland. По сути, мировой рынок виноградоуборочных и ягодоуборочных комбайнов поделен между несколькими транснациональными корпорациями. Жесткая борьба за него идет и в Краснодарском крае. Там хорошо зарекомендовал себя комбайн ERO SF200, собираемый на предприятии "ЭРО-Бингер Рус" (станция Староминская) [2]. Кроме того, в крае используются несколько модификаций комбайна Braud, т. е. рынок уже насыщен.

Чтобы выйти на этот рынок, отечественным разработчикам и производителям предстоит выполнить целый ряд условий. Во-первых, предлагаемая техника должна быть функционально более совершенной, чем у конкурентов. Во-вторых, должны быть найдены дополнительные резервы уменьшения себестоимости производства. При этом следует иметь в виду, что в Италии и Франции порядка 800 тыс. га виноградников, тогда как в России только к 2020 г. их площадь планировалось увеличить до 140 тыс. га. В принципе, этой площади должно быть достаточно для завершения разработки отечественных средств механизации уборки, поскольку она всего в 3 раза меньше площади виноградников в США, где сельскому хозяйству предлагают несколько модификаций виноградоуборочных комбайнов. В Германии, где производится комбайн ERO SF200, площадь виноградников составляет около 100 тыс. га.

Таким образом, цель исследования заключается в изыскании дополнительных возможностей значимого уменьшения себестоимости изготовления и цены перспективного отечественного виноградоуборочного (ягодоуборочного) комбайна без существенного ухудшения его потребительских свойств. Если на этом этапе работы не принимать во внимание возможности совершенствования рабочих органов, то наиболее актуальной задачей следует считать изыскание менее дорогостоящего способа агрегатирования комбайна и его компоновочного решения.

Выбор способа агрегатирования комбайна и детализация задачи исследования

Одним из направлений импортозамещения на отечественном рынке виноградоуборочной техники могла бы стать разработка прицепного комбайна, сопоставимого по функциональным возможностям с самоходными, но менее дорогостоящего. В Европе и США существует рыночная ниша для такой машины, поэтому большинство производителей предлагают своим клиентам и прицепную модель комбайна. В России в связи с этим достойна

упоминания разработка Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко (Новочеркасск) [3].

Комбайн находится в высокой степени готовности, но обладает несколькими недостатками, в большей или меньшей степени свойственными всем прицепным машинам. В частности, приходится компенсировать перекос комбайна при движении вверх по склону. При испытании малиноуборочного комбайна с аналогичной прицепной системой было установлено, что величина поперечного перекоса достигает по длине продольного транспортера 120–150 мм, что может вызвать поломку рабочих органов [4, 5]. В рамках сложившейся конструкционной концепции проблема может быть решена посредством снабжения правого колеса индивидуальным гидроприводом, что приводит, однако, к заметному удорожанию комбайна.

Существенную проблему представляет и геометрия поворота при выходе на уборку очередного ряда. Практически все прицепные виноградоуборочные и ягодоуборочные комбайны (например Kogvan 930) осуществляют правый поворот. При этом не всегда удается с первого раза точно направить в створ формирователя концевой шпалерный столб. Отсюда потеря времени на излишнее маневрирование и неизбежное увеличение ширины поворотной полосы. Опыт показывает, что для безаварийного поворота типичного прицепного комбайна ее ширина должна быть не менее 8 м [4]. Все эти проблемы существенно уменьшают конкурентоспособность прицепного комбайна по сравнению с самоходным.

Результаты и их обсуждение

Для решения указанных проблем и реализации цели исследования синтезирован механизм прицепного устройства (рис. 1), позволяющий реализовать независимо друг от друга функцию обеспечения параллельности комбайна ряду убираемых растений и задачу его оперативного перемещения в поперечном направлении [6].

С этой целью сница 3, соединяющая раму 11 комбайна с закрепленной на задней навесной системе трактора 1 поперечиной 2, дополнительно соединена с ней гидроцилиндром 21. Кроме того, одним концом на снице закреплен гидроцилиндр 17, второй конец которого смонтирован на поворотном рычаге 16, удерживаемом от самопроизвольного проворачивания в шарнире 15 рамы гидроцилиндром 10. Надпоршневые полости гидроцилиндров 17 и 21 соединены между собой и с гидрораспределителем 4, а их подпоршневые полости — с механизмом 8 рулевого управления комбайна. Гидроцилиндр 10 соединен с гидрораспределителем и работает независимо от двух первых гидроцилиндров.

Такая модернизация комбайна не потребовала существенного изменения традиционного для прицепных машин компоновочного решения. На раме дополнительно смонтирован поворотный рычаг, а серийная прицепная серьга трактора заменена асимметричной поперечиной. В систему управления добавлены два гидроцилиндра и соответствующее количество гидравлических рукавов. Указанные затраты несопоставимо меньше, чем стоимость энергетической установки, трансмиссии

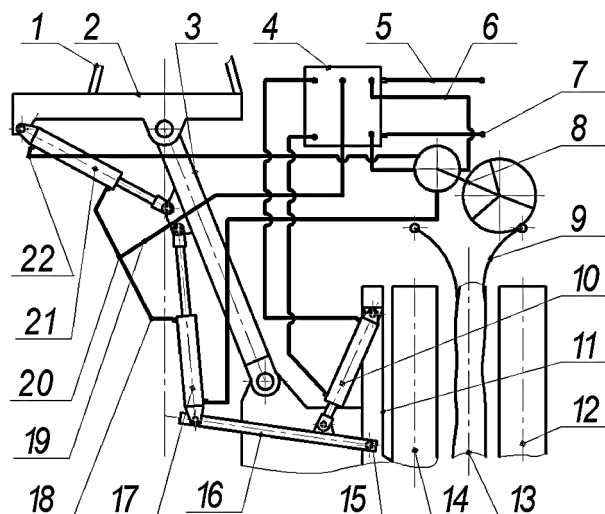


Рис. 1. Принципиальная схема прицепного устройства

и ходовой части самоходного комбайна. Так, в США прицепной ягодоуборочный комбайн Kogvan 930 стоит примерно вдвое меньше самоходного комбайна той же фирмы.

При движении трактора по центру междурядья ряд убираемых растений 13 (см. рис. 1) должен размещаться точно по центру между продольными транспортерами 12 и 14. При этом золотник гидрораспределителя, управляющий гидроцилиндром 10, находится в положении "заперто", т. е. поворотный рычаг жестко связан с рамой и составляет с ней одно целое. При отклонении трактора от центра междурядья влево комбайнер (или автоматическое копирующее устройство 9) воздействует на рулевое устройство, и масло по трубопроводу 22 нагнетается в подпоршневую полость гидроцилиндра 21, в результате чего происходит поворот сницы относительно поперечины против часовой стрелки, и комбайн смещается вправо. При этом средний золотник гидрораспределителя находится в положении "заперто", и масло из надпоршневой полости гидроцилиндра 21 перетекает в аналогичную полость гидроцилиндра 17, а его излишки из подпоршневой полости посредством рулевого устройства передаются в подпоршневую полость гидроцилиндра 21.

Таким образом, между двумя гидроцилиндрами осуществляется обмен объемами жидкости, и при определенном подборе параметров система работает как параллелограммный механизм, гарантируя параллельность продольной оси комбайна ряду убираемых растений. Практически полностью исключается перекос комбайна даже при движении вверх по склону, поскольку все неуравновешенные моменты сопротивления перекачиванию его опорных колес передаются на остов трактора и при необходимости оперативно компенсируются незначительным поворотом управляемых колес (гусениц).

Самоустанавливающиеся опорные колеса существенно облегчают управление поперечным перемещением комбайна [7]. Благодаря этому можно точно корректировать положение комбайна относительно ряда убираемых растений даже при неподвижном агрегате.

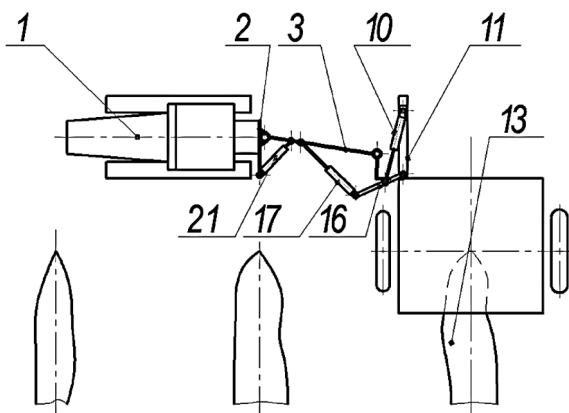


Рис. 2. Схема поворота агрегата

После уборки очередного ряда трактор выезжает на поворотную полосу и начинает поворот влево (рис. 2). При этом гидроцилиндр 10 освобождает поворотный рычаг, и он поворачивается против часовой стрелки. Одновременно втягивается шток в гидроцилиндр 21. Гидравлическое и кинематическое согласование параметров позволяет повернуть трактор относительно рамы комбайна на 90°. При этом сница поворачивается относительно трактора примерно на 35—40° по часовой стрелке, что сводит к минимуму радиус поворота. При въезде трактора в очередное междурядье гидроцилиндры, сница и поворотный рычаг возвращаются в исходное положение, и комбайн выходит пространством между транспортерами на очередной убираемый ряд. При необходимости рулевое устройство (или автоматическое копирующее устройство) корректирует окончательное положение комбайна относительно ряда. Испытания комбайна показали, что для его надежной работы достаточно поворотной полосы шириной 6 м [8].

Во время испытаний экспериментальным комбайном вручную управлял комбайнер, рабочее место которого размещалось над арками рамы, т. е. непосредственно над убираемым рядом растений. В принципе, все органы управления могут быть сосредоточены в кабине трактора, как это практикуют зарубежные производители. Тогда потребность в дополнительном члене экипажа отпадет, а точность вождения будет обеспечиваться автоматическим копирующим устройством.

В целях оптимизации конструкции с точки зрения снижения стоимости в качестве масляного бака использована полость передней арки рамы, а насосная станция смонтирована на передней части сницы. При максимальном угле поворота последней надежность работы карданного вала, соединяющего насосную станцию с валом отбора мощности трактора, гарантируется. Агрегаты рулевого управления заимствованы у зерноуборочного комбайна, что также способствует уменьшению стоимости.

Использование в качестве емкости для масла полости рамы комбайна позволило обеспечить его эффективное охлаждение, так как конструктивные элементы рамы помимо основной функции (монтажа узлов и систем) выполняли функцию радиатора системы охлаждения.

Заключение

Испытания прицепного ягодоуборочного комбайна показали принципиальную возможность обеспечения точности его вождения на уровне, близком к самоходным машинам. При этом его цена по сравнению с самоходными аналогами может быть вдвое меньше. Это убедительный довод в пользу того, чтобы владельцы виноградников, а в дальнейшем и ягодников, отдали предпочтение прицепным уборочным машинам.

Таким образом, имеется достаточный научно-конструкторский задел, позволяющий вывести прицепные ягодоуборочные и ягодоуборочные комбайны на более высокий уровень функционального совершенства и обеспечить их конкурентоспособность по сравнению с самоходными уборочными машинами.

Литература и источники

1. Бычков В. В., Кадькало Г. И., Утков Ю. А. и др. Отечественные ягодоуборочные комбайны // Плодоводство и ягодоводство России. 2014, т. XXXVIII, № 1. С. 57—66.
2. Матузок Н. В., Радчевский П. П., Трошин Л. П. и др. Новации виноградарства России. 29. Уборка урожая винограда // Научный журнал КубГАУ. 2014, № 103 (09). С. 1—24.
3. Маркин Ю. П. Универсальный прицепной ягодоуборочный комбайн КВП-1 "Дон": Монография. Новочеркасск: ВНИИ виноградарства и виноделия им. Я. И. Потепенко, 2007. 44 с.
4. Ожерельев В. Н. Обоснование способа агрегатирования малиноуборочного комбайна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1990, № 5. С. 35—38.
5. Ожерельев В. Н. Технологические процессы и средства механизации производства ягод малины: Дис. ... д-ра с.-х. наук. Брянск, 2001. 312 с.
6. Ожерельев В. Н. Прицепное устройство сельскохозяйственной машины: Авторское свидетельство СССР № 1669410, 1991.
7. Ожерельев В. Н. Прицепная уборочная машина: Патент РФ № 2554394, 2015.
8. Ожерельев В. Н. Комбайн для уборки малины // Садоводство и виноградарство. 1992, № 7. С. 22—23.

References

1. Bychkov V. V., Kadykalo G. I., Utkov Yu. A., Shevkun V. A. Domestic berry harvesters. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2014, vol. XXXVIII, no. 1, pp. 57—66 (in Russ.).
2. Matuzok N. V., Radchevskiy P. P., Troshin L. P., Gryuner M. A. Innovations in Russian viticulture. 29. Harvesting grapes. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2014, no. 103 (09), pp. 1—24 (in Russ.).
3. Markin Yu. P. *Universal'nyy pritsepnoy vinogradoborochnyy kombayn KVP-1 "Don"* [Universal trailed grape harvester KVP-1 Don]. Novocherkassk, Ya. I. Potapenko Institute of Viticulture and Wine making Publ., 2007, 44 p.
4. Ozherel'ev V. N. Substantiation of a method of aggregation of raspberry harvester. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1990, no. 5, pp. 35—38 (in Russ.).
5. Ozherel'ev V. N. *Tekhnologicheskie protsessy i sredstva mekhanizatsii proizvodstva yagod maliny*. Dis. d-ra s.-kh. nauk [Technological processes and means of mechanization of raspberry production. DSc in Agriculture thesis]. Bryansk, 2001, 312 p.
6. Ozherel'ev V. N. *Pritsepnoe ustroystvo sel'skokhozyaystvennoy mashiny* [Tow hitch of agricultural machine]. USSR inventor's certificate no. 1669410, 1991.
7. Ozherel'ev V. N. *Pritsepnaya uborochnaya mashina* [Trailed harvester]. RF patent no. 2554394, 2015.
8. Ozherel'ev V. N. Raspberry harvester. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 1992, no. 7, pp. 22—23.