

**ОТ АКТИВНОГО ЛЕМЕХА К РЕЖУЩИМ АППАРАТАМ**  
Мудров А.Г.

**Реферат.** Тематика статьи относится к сельскохозяйственному машиностроению, а именно, к рабочим органам корнеуборочных машин и к режущим аппаратам жатвенных машин. Как в первых, так и во вторых конструкциях работа производится в абразивной среде, что снижает их ресурс работы и увеличиваются энергетические затраты. Предложены устройства, в которых работа осуществляется при отсутствии абразивного трения в рабочих органах. Новизна устройств отмечена патентами на изобретение. Эффект достигается особым расположением геометрических осей шарниров звеньев, которые оформлены на игольчатых подшипниках качения, простотой конструкций, уменьшением энергетических затрат на привод рабочих органов, надежностью и долговечностью.

**Ключевые слова:** корнеуборочные машины, косилочные режущие аппараты, шарниры, абразивное трение, механизм.

**Введение.** В сельскохозяйственном производстве используется большой диапазон различных типов техники, в том числе: свеклоуборочные, картофелеуборочные, морковуборочные машины, картофелекопатели, в состав которых входят подкапывающие рабочие органы.

По воздействию на клубненосный пласт они делятся на пассивные, активные и комбинированные. Пассивные лемехи просты по конструкции, их используют на картофелекопателях КТН-2Б, КТН-2В и других, но из-за сгуживания массы пласта, неудовлетворительного крошения почвы, резкого увеличения тягового сопротивления и потерь клубней, не перспективны и не эффективны.

Активные подкапывающие рабочие органы копателя КСТ-2 и комбайна КПП-2 имеют сложную конструкцию и повышенную металлоемкость, большие силы трения [1].

Комбинированные подкапывающие рабочие органы на комбайнах КПК-2-01 и КПК-3 сложны по конструкции, металлоемки, повреждают клубни картофеля [2].

Одним из существенных недостатков активных рабочих органов – абразивное трение между их движущимися элементами, что приводит к повышенному износу, большим тяговым сопротивлениям и энергетическим затратами.

Аналогичный процесс работы происходит и в режущих аппаратах косилочного типа у жатвенных машин. У всех косилочных жаток режущие сегменты, закрепленные на подвижной планке, взаимодействуют с неподвижным брусом, на котором закреплены противорежущие сегменты. Подвижные сегменты плотно прижаты к противорежущим сегментам, их работа происходит в абразивной среде с интенсивным износом и большими затратами энергии [3].

Статья посвящена техническим решениям, исключая отмеченные недостатки рабочих органов клубнеуборочных комбайнов и

косилочных режущих аппаратов жатвенных машин.

**Условия, материалы и методы исследований.**

Из существующего уровня техники известно подкапывающее устройство корнеклубнеуборочной машины, наиболее близкое к предложенному решению.

Известное устройство содержит раму, лемех, кривошипно-шатунный механизм привода, две подвески лемеха, одна из которых выполнена в виде шарнирного ромба, внутри которого размещена телескопическая подпружиненная штанга и винтовое регулировочное устройство с пружиной [4].

Недостатками данного технического решения являются:

- сложность конструкции, состоящей из кривошипно-шатунного привода и двух подвесок, одна из которых состоит из четырех звеньев шарнирного ромба, винтового устройства, пружины, телескопической штанги, ползуна;

- малый срок работы устройства, поскольку оно работает в абразивной среде;

- сравнительно небольшая жесткость конструкции, которая снижает и искажает режим работы устройства.

Задачей, на решение которой направлено предложенное устройство, является упрощение конструкции, увеличение ресурса и надежности работы, увеличение жесткости конструкции.

**Анализ и обсуждение результатов исследований.** Предложенное устройство (рисунок 1) включает кривошипно-шатунный механизм привода, состоящий из ведущего кривошипа 1, шарнирно связанный с шатуном 2 и лемех 3. Геометрические оси шарниров А, В, С кривошипно – шатунного механизма параллельны между собой. С лемехом 3 через шарнир D связано звено 4, которое через шарнир E связано с другим звеном 5. Звено 5 посредством

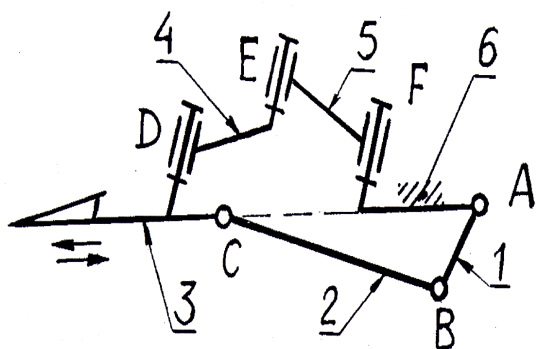


Рисунок 1- Схема активного лемеха

шарнира F соединено с рамой 6 устройства [5].

Геометрические оси шарниров D,E,F звеньев 4 и 5 параллельны между собой и расположены под углом к геометрическим осям A,B,C кривошипно-шатунного механизма. Угол может иметь значение от 60 до 90°.

Шарниры кривошипно-шатунного механизма и звеньев 4 и 5 оформлены на стандартных подшипниках скольжения или игольчатых подшипниках качения, которые легко изолируются от влияния абразивных частиц, имеют высокий КПД, высокий ресурс работы, надежность и долговечность.

Техническим результатом, обеспечиваемым приведенной совокупностью признаков, является:

- существенное упрощение конструкции устройства;
- увеличение ресурса работы устройства, за счет сокращения числа подвижных звеньев и гарантированной защиты шарниров от абразивных частиц грунта;
- высокая прочность и жесткость конструкции, высокая надежность и работоспособность.

Работает активный лемех следующим образом. От источника привода (на схеме не показан) движение передается ведущему кривошипу 1, шатуну 2 и лемеху 3. От лемеха 3 движение передается звеньям 4 и 5, которые совершают возвратно-вращательные движения в плоскости, расположенной под углом к плоскости расположения геометрических осей шарниров A, B, C кривошипно-шатунного механизма. В результате лемех 3 будет совершать устойчивые возвратно поступательные движения. Возвратно-поступательные движения лемеха будут обеспечены особым расположением геометрических осей шарниров звеньев 4, 5 и шарниров кривошипно-шатунного механизма. Так, параллельное расположение геометрических осей шарниров A,B,C кривошипно-шатунного механизма гарантирует движение лемеха 3 в горизонтальной плоскости, а расположение геометри-

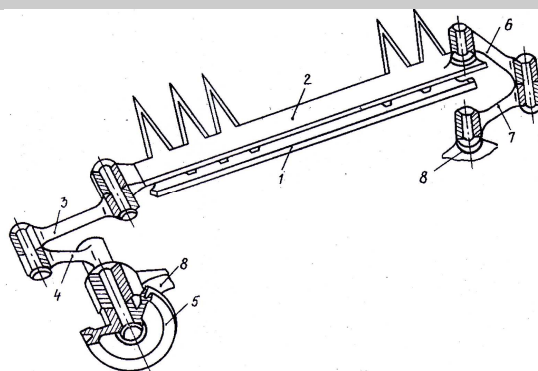


Рисунок 2- Схема режущего аппарата

ческих осей шарниров D,E,F звеньев 4 и 5 под углом обеспечивает это движение лемеха 3 с гарантированной жесткостью и прочностью. Амплитуда колебаний лемеха будет зависеть от длины ведущего кривошипа 1, а частота колебаний от его частоты вращения.

Осуществление активного лемеха не вызовет больших материальных затрат на изготовление, так как шарниры A, B, C и D, E, F выполняются на стандартных подшипниках, преимущественно игольчатых подшипниках качения, которые имеют высокий КПД (порядка 0,99), легко защищаются от абразивных частиц, надежны и долговечны. Кривошип 1, шатун 2, лемех 3, звенья 4 и 5 изготавливаются из стержней без трудностей по общеизвестной технологии.

Такие же проблемы возникли и в уборочных машинах, где широко используется режущий аппарат косилочного типа для среза сельскохозяйственных культур. Ножевая полоса его с режущими сегментами перемещается в направляющих неподвижного бруса с противорежущими сегментами в условиях абразивного трения, что снижает срок службы режущего аппарата и требует повышенной мощности на привод [6, 7].

Улучшить условия работы режущего аппарата и снизить затраты мощности на привод можно путем обеспечения движения ножевой полосы без трения ее с противорежущим брусом при сохранении возвратно-поступательного движения.

Нами предложен режущий аппарат, схема которого показана на рисунке 2.

Устройство включает противорежущий брус 1, закрепленный на раме уборочной машины и ножевую полосу 2 с размещенными на ней режущими сегментами. С одного конца к полосе 2 шарнирно присоединен шатун 3, взаимодействующий шарнирно с ведущим кривошипом 4, который приводится во вращение посредством, например, клиноременной передачей, один из шкивов 5 которой жестко закреплен на валу кривошипа 4.

С другого конца к ножевой полосе 2 шар-

нирно соединено звено 6, шарнирно связанное с ведомым звеном 7, последнее шарнирно связано с рамой 8 уборочной машины. Оси шарниров звеньев 6 и 7 параллельны между собой и перпендикулярны осям шарниров шатуна 3 и ведущего кривошипа 4.

Шарнирные соединения всех звеньев могут быть оформлены либо на игольчатых подшипниках качения, либо на подшипниках скольжения, в любом случае шарниры будут изолированы от абразивной среды.

Постоянный зазор между ножевой полосой 2 и противорежущим брусом 1 может устанавливаться путем перемещения противорежущего бруса 1. Зазор устанавливается в зависимости от типа убираемой культуры и может быть порядка 0,1...2,0 мм.

При вращении шкива 5 кривошип 4 передает движение шатуну 3, ножевой полосе 2 и звеньям 6 и 7. За счет структурных особенностей звеньев устройства ножевая полоса 2 будет совершать возвратно-поступательное перемещение. Стебли, попадая между режущими элементами ножевой полосы 2 и противорежущими элементами бруса 1, будут срезаться.

Применение режущего аппарата позволит упростить конструкцию и уменьшить энергоемкость привода режущего аппарата, поскольку абразивного трения между режущими и противорежущими сегментами отсутствует.

В предложенном режущем аппарате движется только одна режущая полоса, вторая – противорежущий брус - неподвижна.

Для увеличения скорости резания стеблей и уменьшения динамических воздействий в конструкции данного режущего аппарата сделан подвижным и противорежущий брус, который снабжен приводом, выполненным аналогично первому [9].

На рисунке 3 показана схема двухножевого режущего аппарата.

Он включает ножевую полосу 1 с режущими сегментами, шатун 2, ведущий кривошип 3 с валом 4 которого соединен источник привода (на схеме не показан).

С другой стороны к ножевой полосе 1 шарнирно присоединено звено 5, связанное со звеном 6, последнее связано с рамой 7 уборочной машины. Оси шарниров звеньев 6 и 5 параллельны между собой и перпендикулярны осям шарниров шатуна 2 и кривошипа 3. Звено 6 выполнено в виде двуплечего коромысла, а противорежущий брус 8 выполнен в виде ножевой полосы с режущими элементами, т.е. полосы, аналогичной ножевой полосе 1.

К каждой стороне противорежущего бруса 8 шарнирно присоединены звенья 9 и 10, которые шарнирно связаны с другими звеньями 11 и 6, которые, в свою очередь, шарнирно связа-

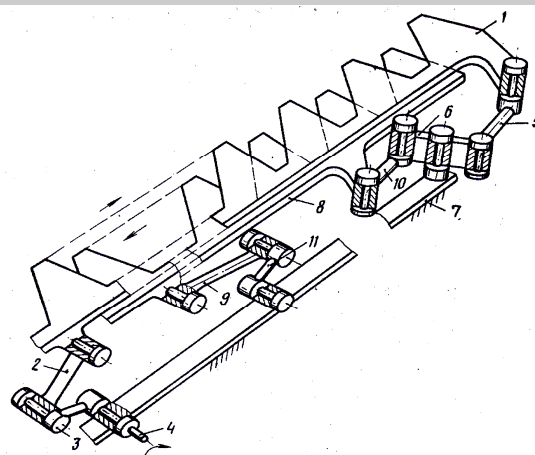


Рисунок 3- Схема двухножевого режущего аппарата

ны с рамой 7 уборочной машины. При этом оси шарниров звеньев 9 и 11 параллельны осям шарниров шатуна 2 и кривошипа 3, а оси шарниров звеньев 10 и 6 параллельны осям шарниров звена 5 или то же самое, оси шарниров звеньев 9 и 11 перпендикулярны осям шарниров звеньев 10 и 6. Кроме того, звено 6, связывающее обе ножевые полосы 1 и 8 между собой и с рамой 7, выполнено в виде одного звена.

Между ножевыми полосами 1 и 8 устанавливается постоянный зазор порядка 0,1...2,0 мм, который регулируется путем перемещения режущих элементов одной из полос. Трение между ножевыми полосами полностью отсутствует.

При работе режущего аппарата движение от источника привода (на схеме не показан) через вал 4 передается кривошипу 3, шатуну 2, ножевой полосе 1 и звеньям 5 и 6. За счет параллельного расположения осей шарниров звеньев 5 и 6, осей шарниров шатуна 2 и кривошипов 3 и перпендикулярности осей шарниров звеньев 5 и 6 к осям шарниров кривошипов 3 и шатуна 2, ножевая полоса 1 совершает возвратно-поступательное перемещение, а звено 6 – качательное движение.

Звено 6 приводит в движение звено 10, ножевую полосу 8 и звенья 9 и 11. Также за счет параллельности осей шарниров звеньев 9, 11 и осей шарниров 10, 6 и перпендикулярности осей шарниров звеньев 9 и 11 к осям шарниров звеньев 10 и 6, брус 8 имеет возвратно – поступательное перемещение, а движение ножевой полосы 1 и противорежущего бруса 8 встречно-возвратное. Причем противорежущий брус 8 имеет такой же характер движения, что и ножевая полоса 1.

В результате встречно- возвратного движения ножевой полосы 1 и противорежущего бруса 8 с закрепленными на них режущими элементами, скорость резания стеблей, попадающих в раствор режущих сегментов, воз-

растает вдвое. Кроме того, встречно-возвратное движение ножевых полос, имеющих одинаковую массу и одинаковую, но противоположно направленную скорость движения, практически полностью уравнивают их, что позволяет значительно увеличить частоту хода ножей и увеличить тем самым производительность уборки стеблей.

Таким образом, предложенные устройства отличаются простотой конструкций, работой без абразивного трения, увеличенным ресурсом, надежностью и долговечностью, увеличенной жесткостью конструкций.

Из зарубежных публикаций можно отметить: обзор промышленных косилок [10], уборка зерновых на корм [11], резка люцерны [12], развитие картофелеводства в условиях меняющейся Европы [13].

**Выводы.** 1. Известные рабочие органы корнеуборочных машин и ножевые сегменты косилочных жатвенных аппаратов работают в

абразивной среде, что приводит к их износу, снижению ресурса и повышению энергетических затрат на привод.

2. Предложен активный лемех, состоящий из кривошипно-шатунного механизма ползунного которого является лемех, подвешенный на двух звеньях, оси шарниров которых расположены под углом к осям кривошипного механизма.

3. Одноножевой и двухножевой косилочные режущие аппараты за счет расположения под прямым углом осей шарниров звеньев обеспечивают работу без трения между режущими сегментами, чем повышается скорость резания, снижаются энергозатраты и уменьшаются динамические нагрузки на раму.

4. Использование рабочих органов взаимодействующих без трения между ними является перспективным направлением в конструировании как активных лемехов, режущих аппаратов и других подобных устройств.

#### Литература

1. Гуляев В.П. Сельскохозяйственные машины. Изд-во «Лань», 2014. - 240 с.
2. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, С.Н.Киселев, Н.Г.Левшин. – М.: Колос, 2004. - 816 с.
3. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В.Горбачев. – М.:Колос, 2004. - 624 с.
4. SU №1033041 А 01 D 15/04. Подкапывающее устройство корнеклубнеуборочной машины, заявлено 12.02.1982, опубликовано 07.08.1983, Бюл. №29.
5. Мудров А.Г. Активный лемех, Заявка №2015154578, заявлено 18.12.2015, решение о выдаче патента от 12.05.2016.
6. Курдюмов В. И. Анализ факторов, влияющих на энергоемкость резания / В. И. Курдюмов, П. Н. Аюгин, Н. П. Аюгин // Нива Поволжья. – 2008. – № 3. – С. 57–59.
7. Лебедев А.Т. Повышение ресурса сегментов режущего аппарата / Д.И.Макаренко, А.Т.Лебедев // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. - №6.- С. 7-8.
8. Мудров А.Г. Режущий аппарат жатвенных машин. Заявка №2015126180. Заявлено 18.12.2015, решение о выдаче патента от 09.07.2016.
9. А. св. №967353 (СССР). Режущий аппарат для сельскохозяйственных культур / П.Г. Мудров, А.Г. Мудров, М.Р. Уткузов. Б.И. №39, 1982.
10. Reviewing industrial mowers. "Implement tractor", 2013, №11. P. 36-38.
11. Larson K.N., Carter J.F. Harvesting cereals for forage in North Dakota. Farm. Res., 2012, № 23.- P. 14-19.
12. Prince R.P. Elmpact cutting of alfalfa. University of Connecticut, Starrs, Ag-ric. exp. Stn. Res. Rep., 2011, №3.- P. 21-28.
13. Potato development in a changing Europe. Edited by: Norbert U. Haase, Anton J.Haverkort. The Netherlands. Wageningen Academic Publishers. – 2006. – 278 p.

#### Сведения об авторе:

Мудров Александр Григорьевич – доктор технических наук, e-mail: Alexmudrov42@rambler.ru. ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

#### FROM ACTIVE SHARE TO CUTTING APPARATUS

Mudrov A.G.

**Abstract.** The subject of the article relates to agricultural machinery, namely, to the working units of root harvesting machines and to cutting device of harvesting machines. In both the first and second designs, work is performed in an abrasive medium, which reduces their service life and increases energy costs. The devices are proposed, in which the work is carried out in the absence of abrasive friction in the working parts. The novelty of devices is marked by patents for invention. The effect is achieved by the special arrangement of the geometric axes of the joints of the links, which are designed on needle roller bearings, by the simplicity of structures, by reduction of energy costs for the drive of the working units, by reliability and durability.

**Key words:** root harvesters, mowing cutters, hinges, abrasive friction, gear.

#### References

1. Gulyaev V.P. *Selskokhozyaystvennyye mashiny*. [Agricultural machines]. Izd-vo "Lan", 2014. – P. 240.
2. Klenin N.I. *Selskokhozyaystvennyye mashiny*. [Agricultural machines]. / N.I. Klenin, S.N. Kiselev, N.G. Levshin. -

М.: Kolos, 2004. – P. 816.

3. Khalanskiy V.M. *Selskokhozyaystvennyye mashiny*. [Agricultural machines]. / V.M. Khalanskiy, I.V. Gorbachev. – М.: Kolos, 2004. – P. 624.

4. SU №1033041 A 01 D 15/04. *Podkapyvayuschee ustroystvo korneklubneuborochnoy mashiny*. (SU №1033041 A 01 D 15/04. A digging device of the root crop harvester). Reported on 02.12.1982, published on 08.07.1983, Bulletin №29.

5. Mudrov A.G., *Aktivnyy lemekh*. (Active share). Application №20125154578, reported on December 18, 2015, the decision to grant a patent on May 12, 2016.

6. Kurdyumov V. I. Analysis of the factors, affecting the power intensity of cutting. [Analiz faktorov, vliyayuschikh na energoemkost rezaniya]. / V. I. Kurdyumov, P. N. Ayugin, N. P. Ayugin // *Niva Povolzhya. - Niva Volga*. – 2008. – №3. – P. 57–59.

7. Lebedev A.T. Increasing the resource of cutting machine segments. [Povyshenie resursa segmentov rezhuschego apparata]. / D.I. Makarenko, A.T.Lebedev // *Tekhnika v selskom khozyaystve. - Engineering in agriculture*. 2011. - №6. - P. 7-8.

8. Mudrov A.G. *Rezhuschiy apparat zhatvennykh mashin*. (Cutting apparatus of harvesting machines). Application №2015126180. Declared on December 18, 2015, the decision to grant a patent on July 9, 2016.

9. A. sv. №967353 (SSSR). *Rezhuschiy apparat dlya selskokhozyaystvennykh kultur*. (A. Certificate №967353 (USSR). Cutting apparatus for agricultural crops). / P.G. Mudrov, A.G. Mudrov, M.R. Utkuzov. B.I. №39, 1982.

10. Reviewing industrial mowers. "Implement tractor", 2013, №11. P. 36-38.

11. Larson K.N., Carter J.F. Harvesting cereals for forage in North Dakota. *Farm. Res.*, 2012, № 23.- P. 14-19.

12. Prince R.P. Elmpact cutting of alfalfa. University of Connecti-cut, Starrs, Ag-ric. exp. Stn. Res. Rep., 2011, №3.- P. 21-28.

13. Potato development in a changing Europe. Edited by: Norbert U. Haase, Anton J.Haverkort. The Netherlands. Wageningen Academic Publishers. – 2006. – 278 p.

**Authors:**

Mudrov Aleksandr Grigorevich - Doctor of Technical Sciences, e-mail: Alexmudrov42@rambler.ru  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.