

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ПРИВодОВ НОЖЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Киселёв С.В., студент
Сибирский Государственный Индустриальный Университет
Новокузнецк, Россия

В настоящей работе приведён обзор известных образцов механизмов приводов ножей зерноуборочных комбайнов. Рассмотрены кинематические схемы и проведён структурный анализ каждого механизма, рассмотрены достоинства и недостатки их конструкций. Обоснована необходимость проведения работ по модернизации данной части сельскохозяйственной техники. Из проведённого анализа можно сделать вывод о том, что модернизируя привода зерноуборочной техники, возможно существенно улучшить эксплуатационно-технические показатели комбайна в целом. Так, оптимизированная и модернизированная кинематическая схема позволит работу с двумя ножами, сам механизм привода будет расположен в горизонтальной плоскости, то есть в плоскости движения комбайна. Для облегчения массы механизма следует использовать минимально возможное количество звеньев и избавиться от гибких связей. Таким образом, целью дальнейших исследований является создание таких конструкций механизмов приводов, которые значительно повысят работоспособность зерноуборочной техники.

Ключевые слова: механизм, привод ножей, сельскохозяйственная техника, зерноуборочный комбайн, агропромышленный комплекс, режущее устройство.

ANALYSIS OF STRUCTURE AND CHARACTERISTICS OF EXISTING DRIVE MECHANISMS FOR KNIVES OF GRAINS OF HARVESTER THRESHERS

Kiselev S.V., student
Siberian State Industrial University
Novokuznetsk, Russia

In the proposed study we review the known samples of drive mechanisms for combine harvesters. Their kinematic schemes have been analyzed and structural analysis of each mechanism has been carried out, advantages and disadvantages of their structures are detected. The necessity of works on modernization of this part of agricultural machinery is substantiated. It can be concluded from the carried analysis that modernizing the drive for harvesting machines, it is possible to significantly improve the operational and technical parameters of a whole combine. Thus, an optimized and modernized kinematic scheme will allow working with two blades, the drive mechanism itself will be located in the horizontal plane, that is, in the plane of the combine's movement. To minimize the mass of the mechanism, the minimum possible number of links should be used and get rid of the flexible connections. Thus, the aim of further research is the creation of such drive mechanisms that will significantly increase the efficiency of harvesting machines.

The Key Words: mechanism, drive for knives, agricultural machinery, combine harvester, agro-industrial complex, cutting device.

Введение

Одной из ключевых отраслей экономического развития многих стран мира, в том числе и Российской Федерации, традиционно считается сельское хозяйство. Основной задачей сельского хозяйства является обеспечение населения продуктами питания, а лёгкую промышленность - качественным сырьём. На сельское хозяйство приходится свыше 12% валового общественного продукта и более 15% национального дохода России, а также сосредоточение более 16% производственных основных фондов [15]. Около восьмидесяти отраслей промышленности России

задействовано в поставке своей продукции сельскому хозяйству, которое, в свою очередь, обеспечивает готовой продукцией или сырьём более шестидесяти отраслей промышленности [24]. Сельскохозяйственное производство - это одно из наиболее значимых звеньев агропромышленного комплекса России и многих стран мира. Оно сочетает в себе механизмы по выращиванию, производству и переработке сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [7].

Сельское хозяйство входит в состав агропромышленного комплекса, одной из основных отраслей которого является сельскохозяйственное машиностроение, которое служит для механизации и оптимизации не только ключевых, но и промежуточных процессов производства сельскохозяйственной продукции [11]. Прогресс сельскохозяйственного машиностроения оказывает одно из наиболее решающих влияний на эффективность сельского хозяйства и всего агропромышленного комплекса в целом. Данная область машиностроения имеет потребительский фактор размещения и для сокращения логистических издержек сосредоточена в главных сельскохозяйственных регионах мира, где одно из ведущих позиций занимает Россия. Развитые страны, добившиеся высочайшего прогресса в области механизации сельского хозяйства, уделяют особое внимание повышению качества сельскохозяйственной техники и её технологическим возможностям, что несомненно позволяет оптимизировать и автоматизировать производство, при этом значительно повысив его эффективность [26].

Очевидно, что высокая степень механизации труда служит залогом роста объёмов и качества производимой сельхозпродукции. Отсутствие в отрасли современного оборудования препятствует развитию не только отрасли сельского хозяйства, но и замедляет рост всего экономического развития страны [9]. В силу ежегодно возрастающих потребностей населения фермеры нуждаются в более качественной и надёжной сельхозтехнике, а производители в свою очередь стремятся к сокращению издержек и улучшению технических характеристик выпускаемых машин [16]. Ключевым направлением в современном сельскохозяйственном машиностроении является разработка таких видов машин, которые позволят применять высокоэффективные технологии, значительно увеличат производительность труда, обеспечат экологическую безопасность и безопасные условия труда [8]. Одним из важнейших технических узлов, влияющих на производительность зерноуборочной техники, является привод ножей. Поэтому, модернизируя эту часть механизма, можно увеличить производительность сельскохозяйственной единицы в целом.

Анализ структуры известных механизмов приводов

Разработки, применяемые на отечественных образцах зерноуборочной техники

В конструкциях приводов используются как плоские кинематические цепи, так и пространственные, организованные по типу механизмов с разным числом наложенных связей [23, 27, 28], так и без них [30, 31], либо комбинированные схемы [16, 18, 21, 29]. Рассмотрим известные механизмы приводов, используемые на современных образцах сельскохозяйственной техники. Основные российские и зарубежные производители используют несколько модификаций. К ним относится кривошипно-шатунный механизм, кинематическая схема которого приведена на рисунке 1.

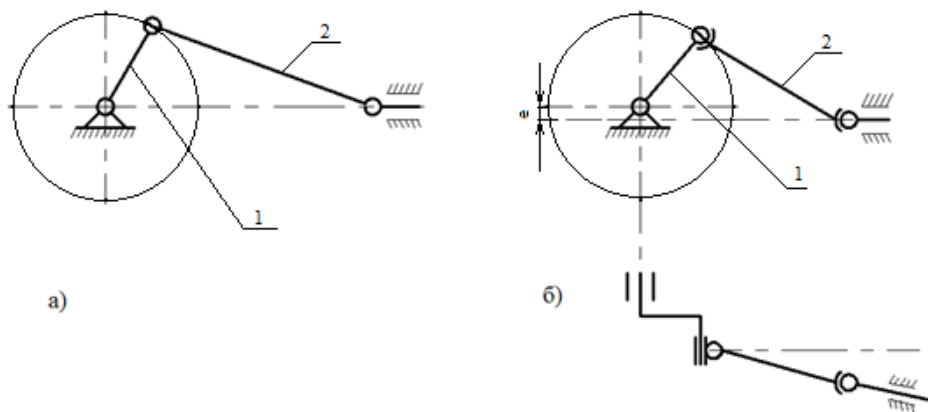


Рисунок 1 - Кривошипно-шатунный аксиальный плоский (а) и дезаксиальный пространственный(б) механизмы привода ножа

Плоский кривошипно-шатунный механизм применяется в системах зерноуборочных комбайнов, в то время как пространственный преимущественно у косилок. Основными звеньями данного типа механизма являются: кривошип 1, совершающий вращательное движение, и шатун 2, совершающий плоско - параллельное движение. Принцип работы механизма заключается в следующем: ведущий шкив передачи приводится в движение от вала отбора мощности комбайна, при этом колебательное движение ножу передаётся при помощи шатуна, ведомого кривошипом. Такие привода имеют ряд недостатков, связанных с их конструктивными особенностями. Основными считаются высокий уровень вибрации машины, возникающий от неуравновешенности механизма привода, также невысокие эксплуатационно-технологические показатели, отсутствие возможности остановки ножа без отключения привода. Схема кривошипно-ползунного механизма привода

также не предусматривает установку двух ножей для обеспечения скоростной уборки стеблевых культур. Для установки второго ножа потребуется установка второго привода соответственно, что в свою очередь приводит к усложнению всей конструкции. Два привода будут работать независимо друг от друга. Для синхронной работы ножей в этом случае потребуется синхронизация работы приводов, для этого необходимо ввести дополнительные настройки системы, увеличатся затраты по времени и соответственно простой техники.

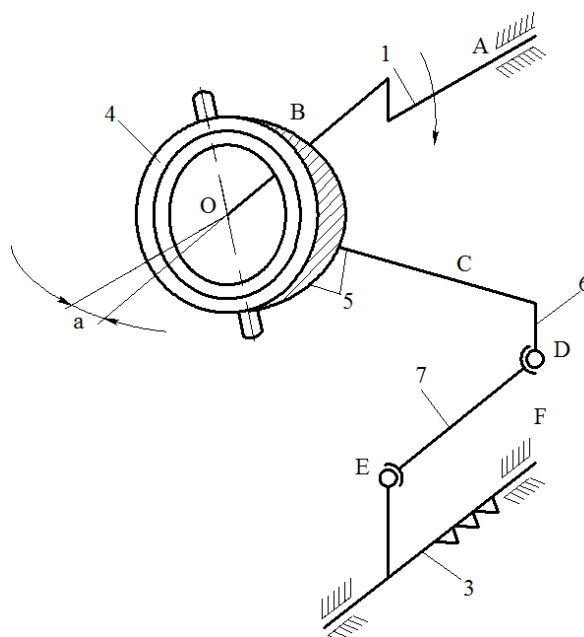


Рисунок 2 - Механизм качающейся шайбы зерноуборочного комбайна

Существует и несколько модификаций приводов на основе механизма качающейся шайбы. Рассмотрим один из таких механизмов (рисунок 3). В его основе лежит механизм качающейся шайбы. На ведущий вал 1 посажена втулка 5 с возможностью осевого перемещения, шарнирно связанная посредством поводка 6 с механизмом качающейся шайбы 2. При вращении ведущего вала 1 его шлицевой участок приводит во вращение и втулку 5, далее посредством поводка 6 и колебателей 3 задаётся возвратно-поступательное движение ножам 4 [22].

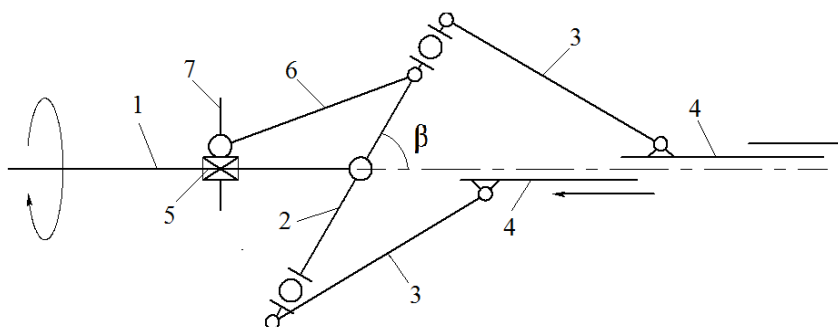


Рисунок 3 - Механизм качающейся шайбы для работы с двумя ножами

Так как в основе данного привода ножей лежит механизм качающейся шайбы, то соответственно сохраняются и все конструктивные и эксплуатационные недостатки приводов данного типа, за исключением того, что теперь стала возможна работа с двумя ножами. При этом конструкция привода была значительно усложнена дополнительными звеньями, что соответственно увеличило массу механизма и нагрузки в шарнирах. А несимметричность конструкции негативно отражается на работе механизма в виде повышенной вибрации и дополнительных динамических нагрузок.

В конструкциях приводов применяются также и схемы планетарных механизмов, которыми в основном комплектуются режущие аппараты системы Schumacher (используются в ряде зарубежных и новых отечественных зерноуборочных комбайнов Vector 410, 420; Acros 530, 540, 560; Togum 740; валковой жатке ЖХТ-18 и других машинах) [5]. На рисунке 4 показана схема планетарного привода ножа, где ведущий вал и водило вращаются против хода часовой стрелки (вид слева на клиноременную передачу), а вал сателлита – по ходу часовой стрелки (вид сверху). Вращательное движение задаётся при помощи ведущего вала, и путём дальнейших преобразований на выходе механизма переходит в возвратно-поступательное [17]. На рисунке 4 обозначенными являются: 1 – ведущий вал; 2 – водило Н; 3 – вал сателлита; 4 – нож; 5 – сателлит; 6 – неподвижное зубчатое колесо с внутренними зубьями.

Техническим недостатком планетарного типа приводов являются ограниченные эксплуатационно-технические показатели, при повышенной сложности конструкции. В частности, не предусматривается привод двух ножей, что необходимо для увеличения поверхности скашивания. Для установки второго ножа требуется ещё один механизм привода, который существенно увеличит вес конструкции, а также усложнит ее. Также отсутствует возможность регулирования параметров движения ножа. Привод устанавливается в вертикальной плоскости, что вызывает вертикальные смещения ножа при требуемом движении в горизонтальной плоскости, что существенно уменьшает эффективность комбайна.

На отечественных комбайнах "Енисей" и "Нива" в качестве привода ножей применяется шестизвенный пространственный механизм (рисунок 5) [12]. Принцип действия механизма заключается в следующем. Кривошип 1 перемещает шатун 2, который передаёт движение коромыслу 3. Шатун совершает сложное движение в двух плоскостях, поэтому соединение шатуна с коромыслом реализовано посредством шарового шарнира С. Шарниры С и Е коромысла совершают колебательное движение

относительно неподвижной оси D в плоскости, которая перпендикулярна этой оси. Движения ножа 5 и колебания коромысла также происходят в разных плоскостях, вследствие чего они связаны звеном 4 через шаровые опоры.

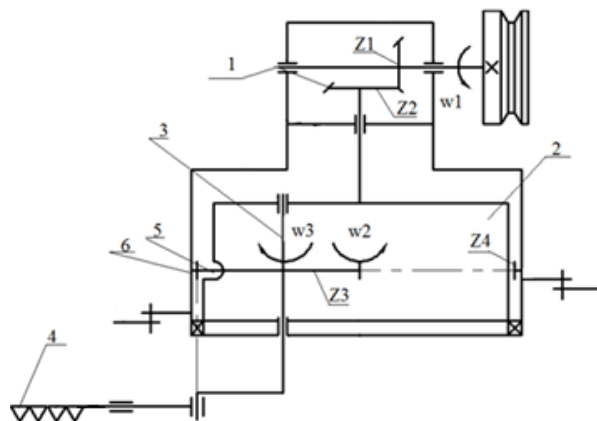


Рисунок 4 - Схема планетарного привода ножа

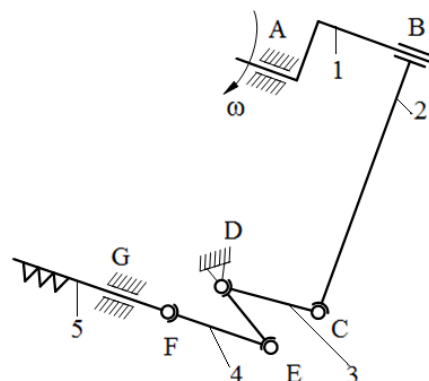


Рисунок 5 - Шестизвенный пространственный механизм

Недостатки данного механизма заключаются в следующем. При воздействии на нож, коромысло сообщает ему колебательные движения, прижимая его к направляющим, тем самым увеличивая трение между ножом и направляющими, и соответственно, увеличивая их износ. Так как между основанием головки ножа и направляющей образуется зазор, это влечёт за собой возникновение ударных нагрузок, что приводит к внеплановым поломкам. При этом механизм является пространственным, что также негативно сказывается на его эксплуатационных характеристиках и надёжности [25]. Следующий привод основан на работе эксцентрикового механизма (рисунок 6). Привод состоит из приводного вала 1, на свободном конце которого размещён кривошип, выполненный в виде пары зубчатых колёс 2 и 3 с одинаковым числом зубьев, находящихся в зацеплении и размещённых в корпусе на осях 5 с постоянным межцентровым расстоянием. Колесо 2 эксцентрично закреплено на приводном валу 1. А колесо 3 при помощи эксцентрично установленной оси 6 соединено с одним из концов шатуна 7. Другой конец шатуна связан зубчато-реечным механизмом, который состоит из двух реек 8 и 9, контактирующих с колесом 10. Колесо 10 установлено в корпусе 11, а рейка 8 соединена с шатуном 7, в свою очередь рейка 9 соединена с подвижным ножом 13 режущего аппарата [10]. Эксцентриковый привод работает следующим образом. Вращение приводного вала 1 передается эксцентрично установленному зубчатому колесу 2, входящему в зацепление с колесом 3. Оба колеса установлены в корпусе на осях 5 с постоянным межцентровым расстоянием, колесо 3 одновременно совершает

движение относительно приводного вала 1 и вокруг собственной оси 5. Одна из точек колеса 3, совпадает с эксцентрично расположенной осью 6 и совершает при этом прямолинейное движение.

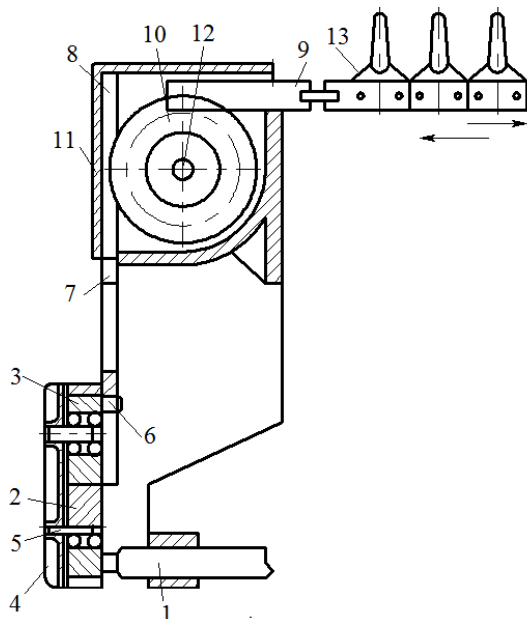


Рисунок 6 - Общий вид эксцентрикового привода режущего аппарата

Это движение передаётся при помощи шатуна 7 на зубчатую рейку 8, входящую в зацепление с зубчатым колесом 10. Рейка, вращаясь, передает исполнительное движение на подвижный нож 13 режущего аппарата [19]. Недостаток привода заключается в использовании зубчато-реечного механизма. Вследствие возникающих сил трения между корпусом 11 и зубчатыми рейками 8 и 9, корпус механизма со временем изнашивается, это приводит к увеличению зазора между рейками 8 и 9, входящими в зацепление с зубчатым колесом 10. Также из-за больших размеров привода установка его на травяную жатку затруднена и требует больших затрат труда и средств.

На рисунке 7 представлен привод двухножевой фронтальной косилки с использованием гибких предварительно напряжённых связей. Под гибкими связями подразумевают ремни, цепи, нити, канаты, которые охватывают два или более звена и устанавливают определённую связь между движениями этих звеньев. Анализ данной схемы указывает о ряде серьёзных недостатков характерных для механизмов подобного типа. К основным недостаткам можно отнести низкую нагрузочную и компенсирующую способности из-за наличия избыточных связей, а так же быстрый и интенсивный износ гибких связей при значительном смещении базовых деталей. Следовательно, конструкция нуждается в очень точном изготовлении базовых деталей кинематической цепи и сборки отдельных узлов привода [3].

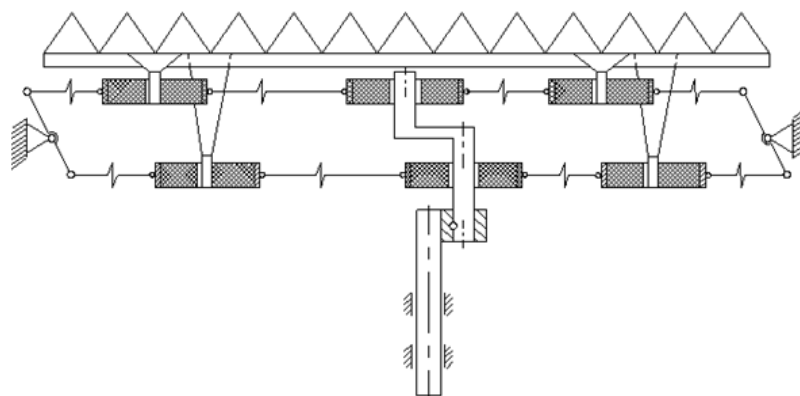


Рисунок 7 - Привод двухножевой фронтальной косилки

Примеры зарубежных разработок механизмов приводов комбайнов

Из зарубежных разработок приводов известна схема планетарного привода представленная на рисунке 8 [25]. В основе работы данного механизма заложен эксцентрик. Эксцентриковый элемент представляет собой круглый или дискообразный элемент и установлен на валу шестерни эксцентрично его оси. Шестерня вала проходит выше эксцентрикового элемента, чтобы оставалось отверстие в верхнем опорном крепеже. Болт резьбовым соединением удерживает верхний подшипник и эксцентричный элемент на валу [10]. Эта модель привода имеет меньше недостатков, чем выше перечисленные, но не менее значимые.

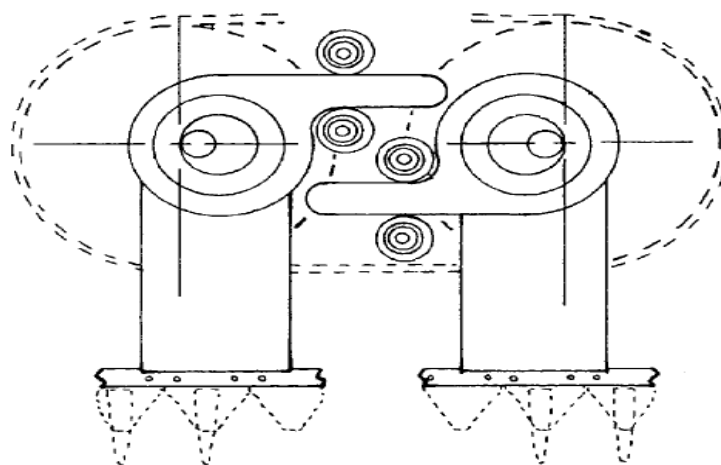


Рисунок 8 - Планетарный привод ножей комбайна

В данном приводе используется два планетарных механизма, соединённых между собой ременной передачей. Сами по себе планетарные механизмы сложны в изготовлении и требуют высокой точности при сборке. Также наличие в механизме привода ременной передачи в целом снижает общую надёжность механизма. На рисунке 9 изображена ещё одна схема привода ножей, используемая на зарубежных

машинах сельскохозяйственной техники [4]. Данный привод состоит из корпуса 1, стойки 2, двух шестерен 3, вращающихся вокруг центров вращения 4, двух входных отверстий 5, линейного подшипника 6, сквозных отверстий 7 и уплотнителей 8.

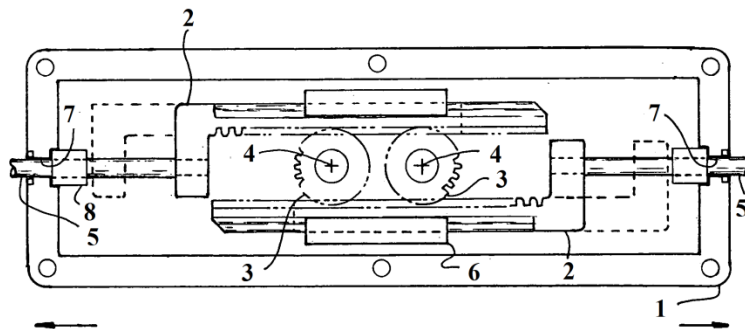


Рисунок 9 - Схема двухножевого привода

Привод состоит из двух шестерен и шестерни расположенной в центре жатки комбайна, задающей движение. Одна боковая стойка соединена с ножом и приводится в движение с помощью шестерни. Аналогично устроена и другая стойка. При вращении шестерни правая стойка будет двигаться вправо, соответственно левая стойка двигается влево, при этом обеспечивая движение ножей в противоположных направлениях. Из недостатков рассмотренного механизма можно отметить сложность конструкции. В устройстве использованы линейные подшипники, это снижает надёжность и долговечность привода в целом. Недостатки этого привода заключаются в необходимости обеспечения высокой точности при сборке и сложности в обслуживании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были проанализированы модели приводов, используемые на современных российских и иностранных зерноуборочных машинах. Изучены конструктивные недостатки механизмов приводов с целью модернизации конструкций для дальнейшего их применения на комбайнах. Такая модернизация позволит улучшить эксплуатационно-технологические показатели зерноуборочных машин и повысить эффективность их функционирования, что является в итоге важным результатом для всей сельскохозяйственной отрасли. Из проведенного анализа следует, что повысить эффективность работы привода можно одновременным приведением в движение двух ножей и расположением самого механизма привода в горизонтальной плоскости движения ножей. Для облегчения массы конструкции необходимо использовать минимально возможное количество звеньев, а также для

повышения надёжности необходимо избавиться от гибких связей, таких, как цепные и ременные передачи. Работа привода в горизонтальной плоскости позволит исключить вертикальные смещения ножа во время работы и снизить нагрузки в звеньях и кинематических парах. Очень важной задачей является создание уравновешенного механизма для максимального уменьшения вибрации машины и преждевременного износа деталей. Подводя итог проведённому исследованию, сделаем вывод о том, что данный узел зерноуборочной машины является одним из ключевых и требует проведения дальнейших исследований и обязательных модернизаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Harry L. Field. Introduction to agricultural engineering technology a problem solving approach. Third edition / Harry L. Field, John B. Solie - Springer, Spring Science + Business Media, LLC, 2007. - 388 sheets.

2. Patent USA № US6889492 B1, 10.05.2005.

Gary C. Polk, Bin Lou; Reversing transfer drive for sickle cutting knives on a header of an agricultural combine / Cnh America Llc, № 10/722,743.

3. Patent USA № US7,520,118 B1, 21.04.2009.

Edward H Priepeke. Compact sickle drive for a header of an agricultural plant cutting machine; New holland (PA) , № 11/977,207.

4. Paul McNulty. Agricultural mechanization and automation / Paul McNulty, Patrick M. Grace; Oxford, United Kingdom, 2009. - 491 sheets.

5. Абаев В.В. Повышение эффективности функционирования оптимальной системы технологий уборки зерновых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2011. - № 70. С. 1-14.

6. Артобалецкий И.И. Механизмы в современной технике :спр. пособие : в 7 т. / Т. 2. / И. И. Артобалецкий. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1971. - 1008 с.

7. Бобров В.Н. Финансово-промышленные группы в аграрном секторе экономики // Российское предпринимательство. - 2000. - № 10 (10). - С. 93-101.

8. Бочарова О.Н. Концептуальные аспекты обеспечения многофункциональной конкурентоспособности агропромышленных систем // Социально-экономические явления и процессы. - Тамбов. - 2012. - № 5-6. - С. 70-75.

9. Водяников В.Т., Лимбир Ю.Л., Люсюк А.И. Экономика сельского хозяйства. - М.: КолосС, 2007. - 309 с.

10. Григорьева С.П. Расчёт эксцентрикового привода просеивающей поверхности // Научные труды Дальрыбвтуза. - 2012. - Том 25. С. 137-140.
11. Капитонов Е.Н. История сельскохозяйственного машиностроения России : монография. - Тамбов.: ТГТУ, 2010. - 60 с.
12. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины : монография. - М.: КолосС, 2005. - 460 с.
13. Комбайн Вектор 410 - сочетание новейших технологий и классической конструкции Ростсельмаша [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://promplace.ru/kombajn-vektor-410-sochetanie-novejshih-tehnologij-i-klassicheskoi-konstrukcii-ot-rostselmasha-1127.htm> (дата обращения 25.04.2017).
14. Короткевич А.В. Технологии и машины для заготовки кормов из трав и силосных культур. - Мн.: Ураджай, 1991. - 383с.
15. Лачуга Ю.Ф. Отделение механизации, электрификации и автоматизации: вчера и сегодня // Достижения науки и техники АПК. - 2009. - № 10. С. 3-4.
16. Ломакин С.Г. Зерноуборочные комбайны: потребности покупателей, предложения производителей // Ежедневное аграрное обозрение Независимая аграрная пресса. - 2010. - № 2. С. 18-22.
17. Ломакин С.Г. Особенности расчёта сегментно-пальцевых режущих аппаратов с приводом ножа механизмами качающейся шайбы и планетарным // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. - 2013. - № 3. С 13-16.
18. Маракулина М.М. Основы теории семейств механизмов / М.М.Маракулина, А.С.Фомин // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8. С. 265-267.
19. Наурызбаев Р.К. Теория самоустанавливающихся гибких карданов / Р. К. Наурызбаев, Е. Х. Казыханов ; под общ.ред. С.А. Кульмамирова. - А.: Гылым, 1998. - 242 с.
20. Патент РФ № 118921.
Дворников Л.Т., Фомин А.С. Механизм для обработки сложных внутренних поверхностей // Патент России № 118921 В43L11/00.
21. Патент РФ № 134855.
Дворников Л.Т., Фомин А.С. Пространственно-геликоидный механизм // Патент России № 134855 В43L11/00.
22. Патент РФ № 2197076.

Пындак В.И., Попов А.В. Механизм привода режущего аппарата // Патент России № 2197076 А01D34/30.

23. Патент РФ № 2309051 30.12.2005.

Дворников Л.Т., Фомин А.С. Механизм для воспроизведения пространственных кривых // Патент на изобретение № 2309051 30.12.2005.

24. Пыткина С.А. Концептуальные аспекты организационно - экономического механизма программирования развития агропромышленного комплекса // Российское предпринимательство. - 2012. - № 09 (207). - С. 118-123.

25. Радкевич М.М. Современное машиностроение : сб. науч. тр. / Наук. и обр.: - СПб / Политехн. ун-т, 2014. - 1308 с.

26. Федоляк В.С. Региональная экономика как хозяйственная система страны // Известия Саратовского университета. - 2010.- № 1. - С. 3-7.

27. Фомин А.С. Кинематический анализ механизма для обработки сложных внутренних поверхностей / А.С. Фомин, Л.Т. Дворников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 1 (89). С. 74-75.

28. Фомин А.С. Механизмы второго семейства. Основы теории // В сборнике: Проблемы механики современных машин / Материалы V международной конференции. 2012. С. 173-177.

29. Фомин А.С. Механизм для обработки сложных внутренних поверхностей / А.С.Фомин, М.Е. Парамонов // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8. С. 270-271.

30. Хейло С.В. Возможные применения механизмов параллельной структуры / С.В. Хейло, В.А. Глазунов, М.А. Ширинкин, А.В. Календарев // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2013. № 5. С. 19-24.

31. Хейло С.В. Манипуляционные механизмы параллельной структуры / С.В. Хейло, В.А. Глазунов, С.В. Палочкин // Структурный синтез, кинематический и силовой анализ. - М: МГУДТ, 2014. - 86 с.