

УДК 621.797. (631.354.2)

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВодОВ
ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

**Р.В. Павлюк, к.т.н., А.Т. Лебедев д.т.н., профессор,
В.В. Очинский д.ф.-м.н., профессор, М.А. Кобозев к.ф.-м.н.
ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный
университет», г. Ставрополь, Российская Федерация**

В статье приведены основные способы повышения работоспособности шпоночных соединений механических приводов зерноуборочных комбайнов. Представлены их основные преимущества и недостатки. Даны конкретные рекомендации к применению в механических приводах зерноуборочных комбайнов разработанных конструкций соединений для передачи крутящего момента.

Сбои и простои зерноуборочных комбайнов в эксплуатации ведут к значительным финансовым убыткам. Одной из важнейших причин простоя этой техники является выход из строя шпоночных соединений, на долю которых приходится до 10,5 % от общего числа отказов [1].

Согласно ранее проведенных исследований [1, 2] установлено, что если в соединении «вал – втулка» есть зазор, то при вращении высота контакта паза ступицы со шпонкой будет отклоняться от расчетной в зависимости от угла поворота. Поэтому ресурс шпоночного соединения будет определяться зазором в соединении и углом поворота ступицы и вала [3].

Основным недостатком этого соединения является то, что шпоночный паз является концентратором напряжений, снижающим усталостную прочность деталей, приводит к асимметричной деформации вала и ступицы. В зависимости от характера и условий работы соединения «вал – втулка» со шпонкой [2], рекомендуются следующие стандартные поля допусков, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 - Рекомендуемые поля допусков в соединении «вал-втулка»

Характер работы	Поля допусков		Вид посадок
	отверстия втулки	вала	
Точное центрирование	H6	js6; k6; t6; p6	переходные
Большие нагрузки	H7; H8	s7; x8; i8; s8	с натягом
Осевое перемещение	H6 H7	p6 п7	с зазором

Согласно рекомендуемых норм точности, в этих соединениях в 10% назначается переходная посадка, а в большинстве случаев посадка с натягом, что в значительной мере ухудшает выполнение ремонтных операций при разборочно-сборочных работах.

Нами был проведен анализ параметров неподвижных соединений различных приводов зерноуборочных комбайнов. Установлено, что при нормировании предельных зазоров и натягов в 85% случаях посадка сопряжения «вал – втулка» назначается с зазором [3]. Такой тип посадки выбирается с целью уменьшения усилий запрессовки - выпрессовки и снижения трудоемкости ремонтных операций при выполнении разборочно-сборочных работ.

Износ отдельных деталей неподвижного шпоночного соединения происходит, в основном, из-за постепенного поверхностного разрушения материала деталей, сопровождающегося отделением частиц, изменением размеров, геометрической формы и свойств поверхностных слоев материала.

Наличие зазоров в соединении «втулка-вал» влияет и на надежность ременных передач, так как происходит их постоянные пульсирующие нагрузки, разгрузки и изменение межосевого расстояния с переменной частотой из-за проворотов шпонки со ступицей. Циклические микро-перемещения приводят к вытягиванию ремня в ходе работы и потере его работоспособности. Заявляемый ресурс ремней становится в десятки раз меньше. Например, согласно ГОСТ 26379-84 наработка ремней должна составлять не менее 350 ч, в действительности она зачастую не превышает 100-150 ч, иногда и менее. Такая динамика работы аналогична и в цепных передачах. Характер пульсирующего нагружения распространяется и на подшипниковые опоры, вызывая в них дополнительно микро- и макроразрушения с переменной интенсивностью.

На основании экспериментальных исследований и хронометража работы уборочной техники по методике ОСТ 108.1-99 распределение отказов механических приводов по их элементам представлены на рисунке 1.

Наибольшую долю неисправностей приходится на подшипники 34%, ременные и цепные передачи 28,5%, что подтверждает негативное влияние зазоров в шпоночном соединении на отказы остальных элементов приводов.

Для неподвижных соединений существуют следующие способы повышения их надежности (рис.2).

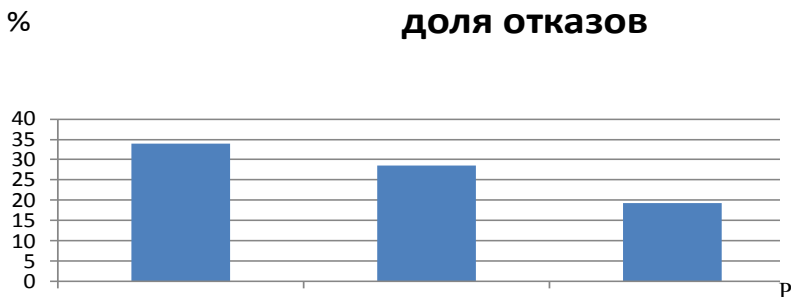


Рисунок 1 – Диаграмма усредненных значений распределения отказов механических приводов



Рисунок 2 – Способы повышения надежности шпоночного соединения

Для решения проблемы устранения зазоров в таких соединениях в последнее время получило широкое распространение применение клеевых композиций, например, таких, как Permaabond HH-167, Chemence TL 20G, LOCTITE - 603, Bearing mount for Wom Parts, Анатерм-103. Но на практике довольно сложно, а практически невозможно добиться равномерного распределения клеевого состава по всей контактируемой поверхности. В итоге получается такое же проблематичное соединение с дисбалансом и трудностью проведения разборно-сборочных операций после склеивания деталей.

С другой стороны конструктивная компоновка аналогичных механических приводов зерноуборочных комбайнов и вариаторов предусматривает то, что в подвижном соединении такой зазор необходим для обеспечения работоспособности сопряжения и технического функционирования. Поэтому применение переходных посадок и посадок с натягом в данном случае не допустимо [4, 5].

Основным способом повышения работоспособности неподвижных шпоночных соединений являются устранение в них зазоров [6, 7].

Изучив доступные нам устройства и конструкции шпоночных соединений, нами была поставлена задача по разработке конструкции, отвечающей всем требованиям, которые необходимы для оптимальной и долговременной работы [8, 9]. Причем решение данной задачи осуществляется по двум направлениям: для новых деталей и для восстановления отказавших.

Для того, чтобы убрать цикличность изменения скорости контактирования рабочих поверхностей шпонки со ступицей, мы предполагаем «стянуть» детали проблемного соединения по принципу «двойного ласточкиного хвоста» (RU 86682). Такая конструкция может применяться как в неподвижных, так и в подвижных соединениях, например в ступице отбойного бitera РСМ.10.01.15.609А и в вариаторах. Но данное соединение имеет ряд конструктивных ограничений – оно может быть реализовано на выходной части вала. Кроме того предлагаемое техническое решение, реально осуществить лишь на заводах-изготовителях, оборудование которых может обеспечить требуемую точность изготовления шпонки и шпоночных пазов ступицы и вала [10].

При способе соединения с натягом деталей вал-втулка (псевдошлицевое соединение) (RU 2428295) подразумевается создание на валу заведомо твердых участков виде прямоугольных секторов [11]. Сборка соединения осуществляется с натягом, обеспечивающим вдавливание твердых секторов вала в сопрягаемую поверхность втулки, что и образует псевдошлицевое соединение. При этом увеличивается количество разборо - сборочных операций с минимальным изменением величины фактического натяга в соединении. Но следует отметить, что данное конструктивное решение имеет высокую трудоемкость выполнения, добиться строгой формы упрочненных секторов довольно сложно, причем для разборки необходимо применение специального приспособления, что существенно снижает ремонтпригодность соединения.

Для реальных условий эксплуатации зерноуборочных комбайнов наиболее эффективным является установка вместо существующих шпоночных соединений, где это позволяют технические требования, съемной ступицы для монтажа вращающегося элемента на приводном валу (RU 2402701) (рис. 3), которая может быть изготовлена в виде ремонтного комплекта с достаточной точностью в ремонтных мастерских хозяйств [12]. Следует отметить, что существуют также некоторые ограничения на установку предлагаемой съемной ступицы, которая не может быть применена в подвижных соединениях. В первую очередь ремонтный комплект должен снизить время восстановления работоспособности соединения.

Для достижения требуемой надёжности модернизированного неподвижного соединения целесообразно предусмотреть:

- необходимую жёсткость, т.е. высокое сопротивление упругим деформациям от приложенных наибольших нагрузок для исключения недопустимых искажений, нарушающих нормальную работу приводов зерноуборочных комбайнов;
- достаточную конструктивную прочность с учетом всех приложенных постоянных и циклических нагрузок, включая периодические перегрузки, связанные с допустимой в эксплуатации сменой режимов работы привода;
- стабильность работы во времени за счет сопротивления остаточным деформациям и изнашиванию опорных поверхностей от рабочих воздействий в течение всего срока службы.

Поэтому для модернизированного неподвижного соединения применение малоуглеродистой стали обыкновенного качества недопустимо.

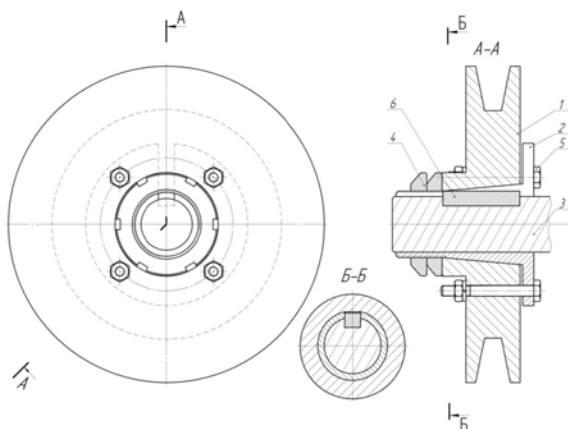


Рисунок 3 – Схема предлагаемого модернизированного соединения:

- 1 – обод шкива; 2 – коническая разрезная втулка; 3 – приводной вал; 4 – зажимные гайки; 5 – стяжное болтовое соединение; 6 – шпонка

Целесообразно использовать среднеуглеродистые стали (40, 45, 40Х, 45Х, 40ХН и др.), упрочняемые поверхностной закалкой с последующим низким отпуском, а именно Сталь 45 и Сталь 40ХН.

Таким образом, использование предлагаемой модернизированной конструкции подвижных шпоночных соединений в первую очередь устраняет главную причину отказа – относительное радиальное перемещение контактируемых деталей сопряжения, а также позволяет стягивать ступицу и вал, не создавая эксцентриситет что, в свою очередь, увеличит ресурс соедине-

ний, следовательно, самих механических передач, и экономит материальные средства при уменьшении числа ремонтов техники.

Литература

1. Павлюк Р.В. Анализ факторов, влияющих на надежность шпоночных соединений зерноуборочных комбайнов «ДОН-1500» / Р. В. Павлюк, А.Т. Лебедев // Машинно-технологическая станция. – 2010. – № 2. – С. 45-47.
2. Лебедев А.Т. Исследования наработки на отказ шпоночных соединений зерноуборочных комбайнов «ДОН-1500» в условиях рядовой эксплуатации / А.Т. Лебедев, Р. В. Павлюк // Сельский механизатор. – 2011. – № 11. – С.36-38.
3. Павлюк Р.В. Восстановление шкивов ременных передач зерноуборочных комбайнов при ремонте / Р. В. Павлюк, А.Т. Лебедев // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе. – 2011. – С. 108-111.
4. Павлюк Р. В. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов/ Р. В. Павлюк, В.С. Пьянов, А.Т. Лебедев // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2010. - №1. – С. 18-19.
5. Павлюк Р.В. Ремонтный комплект для восстановления работоспособности шпоночных соединений / Р. В. Павлюк // Вестник АПК Ставрополя. - Ставрополь, 2012. - № 6. – С. 51-54.
6. Лебедев А.Т. Повышение эффективности работы зерноуборочных комбайнов/ А.Т. Лебедев, Р. В. Павлюк // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 1. – С.4-5.
7. Лебедев А.Т. Исследования работоспособности зерноуборочных комбайнов в условиях Ставропольского края / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, А.А. Цапко // Сборник научных трудов Sworld. 2012. Т. 7. № 4. С. 74-76.
8. Лебедев А.Т. Влияние зазоров в шпоночном соединении на его работоспособность / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин, Д.И. Макаренко, М.А. Кобозев // Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 10. № 2. С. 92-94.
9. Пат. 86682 Российская Федерация, F16B 3/00. Шпоночное соединение [Текст]/ А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов [и др.]. - №2008152632/22; заявл. 29.12.2008; опубл. 10.09.2009 Бюл. №25. - 2 с.
10. Пат. 2428295 Российская Федерация, B23P11/02. Способ соединения с натягом деталей вал-втулка [Текст]/ А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов [и др.]. - №2010100664/02; заявл. 11.01.2010; опубл. 10.09.2011 Бюл. №25. - 7 с.
11. Пат. 2402701 Российская Федерация, F16D 1/09. Съёмная ступица для монтажа вращающегося элемента на приводном валу [Текст] / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов [и др.]. - №2009119273/11; заявл. 21.05.2009; опубл. 27.10.2010 Бюл. №30. - 9 с.

Abstract

In article the basic ways of increase of working capacity safety connections of mechanical drives of combine harvesters are resulted. Their basic advantages and lacks are presented. Concrete recommendations to application in mechanical drives of combine harvesters of the developed designs of connections for transfer of the twisting moment are given.