

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Шариковые планетарные передачи для средств малой механизации / М. Е. Лустенков // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 6. – С. 15-17.

2. Лустенков, М. Е. Количественная оценка явления искажения профиля беговых дорожек в эллипсных шариковых передачах / М. Е. Лустенков, С. Д. Макаревич, А. С. Захарьев // Вестн.

МГТУ. – 2004. – № 1. – С. 124-128.

3. Лустенков, М. Е. Планетарные шариковые передачи цилиндрического типа: монография / М. Е. Лустенков, Д. М. Макаревич. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2005. – 123 с. : ил.

4. Лустенков, М. Е. Расчет геометрии адаптированного профиля эллипсной шариковой передачи / М. Е. Лустенков // Технология машиностроения. – 2005. – № 5. – С. 36-38.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 02.04.2006

**М. Е. Lustenkov**  
**The modelling and manufacturing**  
**multiperiod profile of the face cam**  
**of the planetary transmission with rollers**  
Belarusian-Russian University

The questions of the modelling and manufacturing multiperiod profile of the face cam of the planetary transmission with rollers are suggested in this paper. The integration of mathematical program packs and 3D-modelling software are used during the investigations. The ability of multiperiod profile manufacturing on universal metalworking equipment is considered in this paper too.

УДК 631.33.024.2/3

**А. Б. Невзорова, д-р техн. наук, проф., В. Б. Врублевский, канд. техн. наук, доц.,**  
**В. В. Макеев, И. В. Красноружский**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ СОШНИКОВ**  
**СЕЯЛКИ СПУ-6 С ПРИМЕНЕНИЕМ ДРЕВЕСИНЫ ТОРЦОВО-ПРЕССОВОГО**  
**ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

Рассмотрено применение подшипников скольжения, самосмазывающихся на основе древесины торцово-прессового деформирования, вместо подшипников качения в сошниках сеялки СПУ-6, что позволило удешевить себестоимость ее производства, упростить конструкцию, уменьшить металлоемкость.

Узлы трения машин и механизмов являются ответственными и уязвимыми конструктивными элементами, часто определяющими их ресурс. В большинстве современных конструкций узлов трения используются подшипники качения. При работе в абразивных, агрессивных и влажных средах они корродируют, заклинивают, требуют регулярного подвода смазки и технического ухода. Особенно в тяжелых условиях работают узлы трения сельскохозяйственной техники. Частые остановки на ремонт недопустимы при работе в поле в период посевной или уборочной кампаний, когда нужно в кратчайшие сроки выполнить необходи-

мую работу.

Сеялки являются наиболее часто используемыми машинами в сельском хозяйстве, предназначенными для формирования борозд и посева семян зерновых и зернобобовых растений. Борозды образуются в результате углубления диска 11 (рис. 1, а) сошника сеялки в почву на 4...5 см. На одну сеялку приходится 24 сошника. Узлы трения сошников сеялки СПУ-6 работают в абразивно-агрессивных и влажных средах. В базовой комплектации узел трения сошника сеялки СПУ-6 состоит из ступицы 1, к которой крепится заклепками 10 диск 11; в ступице разме-

щается ось 2 с напрессованными на ее шейку двумя шарикоподшипниками радиальными однорядными 3 и 4 типов 203 (ГОСТ 8338-75) и полузакрытого 160203 (ГОСТ 8752-79); стопорное кольцо 5 и втулка 6 фиксируют положение подшипников относительно ступицы 1; полимерная манжета 7 и крышка 8 предотвращают

вращают попадание абразива к подшипникам качения 3, 4. Но, несмотря на такое защитное уплотнительное устройство, в подшипниковый узел попадает пыль, влага и через 2...4 месяца эксплуатации подшипники заклинивают, корродируют и выходят из строя (не вращаются).

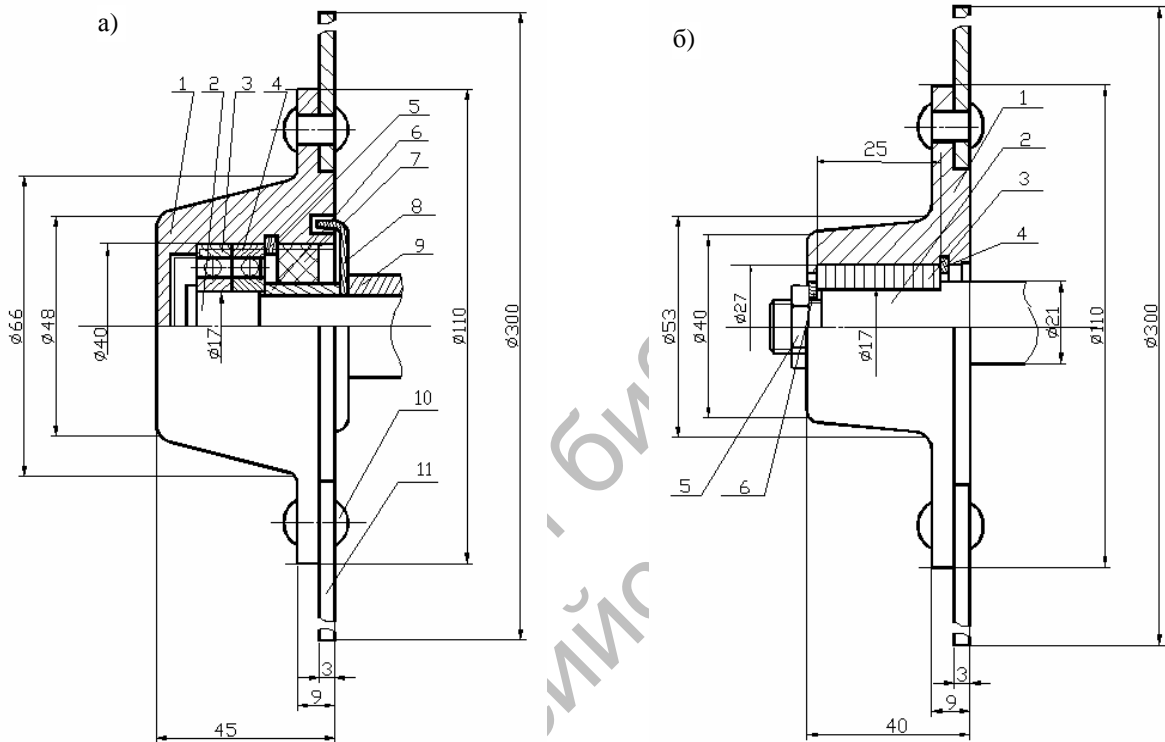


Рис. 1. Конструкции узлов трения сошника сеялки СПУ-6 с ПК (а) и с ПСС (б): а – 1 – ступица; 2 – ось; 3 – подшипник 203; 4 – подшипник полузакрытый 160203; 5 – стопорное кольцо; 6 – втулка; 7 – полимерная манжета; 8 – крышка; 9 – втулка; 10 – заклепка; 11 – диск; б – 1 – ступица; 2 – ось; 3 – ПСС, 4 – стопорное кольцо; 5 – гайка; 6 – шайба

С целью увеличения долговечности узла трения сошника было предложено заменить подшипники качения (ПК) на подшипники скольжения самосмазывающиеся (ПСС) на основе прессованной древесины. Научной базой для этого послужили работы ученых Белорусского государственного университета транспорта по созданию нового антифрикционного самосмазывающегося материала на основе прессованной древесины и способа торцово-прессового деформиро-

вания древесных вкладышей для изготовления подшипников скольжения [1...4]. ПСС обладают исключительной работоспособностью в абразивных, агрессивных и влажных средах при  $p v \leq 2,5$  МПа·м/с. Они обеспечивают повышение ресурса работы узлов трения в сравнении с ПК в 2...7 раз в зависимости от условий эксплуатации.

Для создания качественного подшипника скольжения самосмазывающегося был произведен расчет геометрии

ческих параметров древесной заготовки и основных конструктивных элементов специальной гибкой дискретной системы (длины и ширины), формирующей древесный вкладыш, а также сконструирован новый узел трения с ПСС.

Новая конструкция узла трения сошника сеялки СПУ-6 (рис. 1, б) состоит из ступицы 1, в которую запрессован ПСС – древесный вкладыш 3 торцово-прессового деформирования, пропитанный загущенной смазкой. Он заменяет два ПК, в том числе один полузакрытый. ПСС работает в режиме самосмазки в абразивно-агрессивных средах, поэтому отпала необходимость в установке в узел трения манжеты 7, втулки 6, крышки 8 (рис. 1, а).

Для снижения металлоемкости ступицы сошника сеялки СПУ-6 были созданы компьютерные модели нескольких вариантов ее исполнения. Исходными условиями процесса моделирования были базовая конструкция ступицы (рис. 2) и нагрузка, действующая на узел трения. Анализ напряженно-деформированного состояния ступицы в базовом исполнении позволил выявить наименее нагруженные области, рассчитать коэффициент запаса прочности  $n_{\sigma} = 262$ . Его расчет выполнен на статическую прочность по допускаемым напряжениям. Исследуемый образец выполнен из хрупкого материала – чугуна. Для него предельное состояние характеризуется пределом прочности  $\sigma_u = 210$  МПа (образование трещин) [5, С. 60].

Коэффициент запаса прочности  $n_{\sigma}$  определяется как:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_u}{[\sigma]}, \quad (1)$$

где  $[\sigma]$  – допускаемые напряжения, Па.

При его расчете принимается, что наибольшие по абсолютной величине напряжения в детали равны допускаемым напряжениям  $\sigma_{\max} = [\sigma]$ . Значение коэффициента запаса прочности  $n_{\sigma}$  свидетельствует о том, что действующие максимальные эквивалентные напряжения  $\sigma_{\max} = 0,8$  МПа значительно меньше предела прочности для чугуна  $\sigma_u$ . Полученные данные явились основанием для уменьшения размеров ступицы и создания новой ее конструкции (рис. 3, а).

Коэффициент запаса прочности для новой конструкции ступицы составляет  $n_{\sigma} = 206$ . Его значение удовлетворяет требованию работоспособности детали при возможном росте нагрузок, неточности изготовления конструкции и т.д. В результате проведенных исследований стало возможным уменьшить массу ступицы на 15 % (с 0,65 до 0,55 кг).

Контртелом для ПСС является ось. В процессе эксплуатации сеялки она подвергается абразивному изнашиванию. Для удобства диагностирования ее состояния в ступице было выполнено отверстие, через которое проходит ось. Она закреплена в ступице со стороны отверстия гайкой 5 через шайбу 6, и с противоположной стороны – буртом (см. рис. 1, б). Такая конструкция упрощает монтаж и демонтаж всего узла трения.

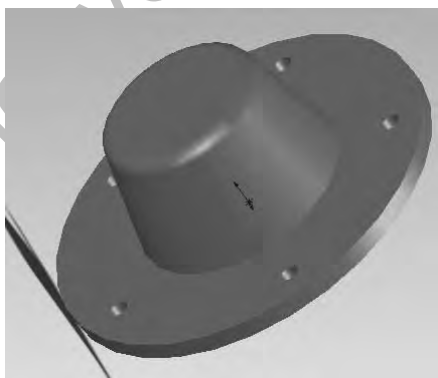


Рис. 2. Базовая конструкция ступицы сошника сеялки СПУ-6

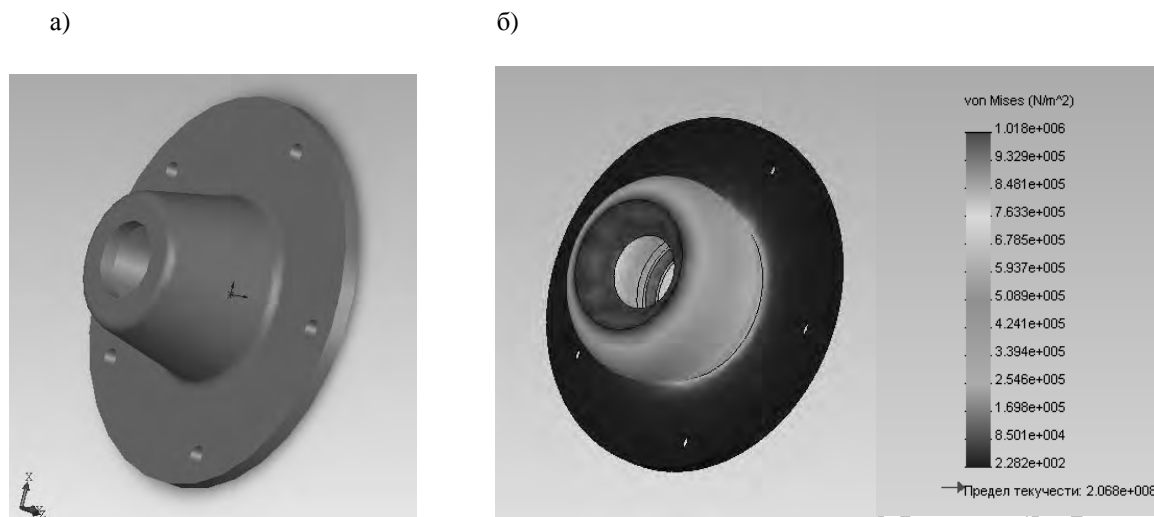


Рис. 3. Новая конструкция ступицы (а) и моделирование ее напряженно-деформированного состояния (б)

Ранее проводились испытания работоспособности и надежности сошников сеялки СЗУ-3,6, в узлах трения которых были установлены ПСС. Испытания осуществлялись в полевых условиях на различных почвах. При рабочей скорости трактора 9...10 км/ч и глубине хода сошника 4,0...5,0 см наработка за сезон составляла 310 га, а по времени 97...100 ч [1].

Подшипниковый узел воспринимает нагрузку, которая создается силой тяжести сошника,  $m = 11$  кг.

Давление в подшипнике составляет [6]:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_r}{ld} = \frac{mg}{ld} = \frac{11 \cdot 9,8}{0,025 \cdot 0,017} = 253\,647 \text{ Па} = 0,25 \text{ МПа}, \quad (2)$$

где  $F_r$  – радиальная нагрузка на подшипник, Н;  $S$  – контактная площадь оси с ПСС, м<sup>2</sup>;  $l$  – длина ПСС, м ( $l = 0,025$  м);  $d$  – диаметр оси, м ( $d = 0,017$  м).

Частота вращения ПСС обуславливается скоростью движения трактора  $v_t$  и диаметром диска сошника сеялки  $D$ :

$$n = \frac{v_t}{\pi D} = \frac{2,78}{3,14 \cdot 0,3} = 2,95 \text{ об/с}, \quad (3)$$

где  $v_t = 2,78$  м/с;  $D = 0,3$  м.

Тогда скорость скольжения ПСС составляет:

$$v = \pi d n = 3,14 \cdot 0,017 \cdot 2,95 = 0,16 \text{ м/с}. \quad (4)$$

Значение фактора  $pv = 0,25 \cdot 0,16 = 0,04$  МПа·м/с, что значительно меньше допустимого  $pv = 2,5$  МПа·м/с.

Учитывая неровности почвы и неравномерность движения трактора, давление на древесный вкладыш ПСС равно  $p = 0,25...0,55$  МПа при скорости скольжения ПСС  $v = 0,14...0,18$  м/с. Установлено, что при таких условиях эксплуатации износ ПСС и сопряженной оси незначительный, а у некоторых практически отсутствует. В целом по техническому состоянию сошники пригодны к дальнейшей эксплуатации. Результаты испытаний в семи хозяйствах показали, что ПСС в сошниках сеялок СЗУ-3,6 работоспособны и надежны, а по сроку службы превзошли подшипники качения [1, С. 248].

В таких же условиях работают и сеялки СПУ-6.

Новое исполнение сошника сеялки СПУ-6 (см. рис. 1, б) позволило ис-

ключить из его конструкции следующие комплектующие, стоимостью в рублях:

подшипник № 203 .....	1172
подшипник № 160203 .....	1300
манжета .....	524
крышка .....	464
втулка .....	381
Всего на сумму .....	3841.

Экономия по стоимости комплектующих на одну сеялку составляет  $3841 \cdot 24 = 92184$  р.

Новое исполнение предусматривает установку древесного вкладыша стоимостью 711 р.

Себестоимость изготовления узла трения сошника сеялки СПУ-6 с использованием подшипников качения составляет 10013 р., а с ПСС – 5800 р.; стоимость узлов трения всех сошников сеялки соответственно 240312 и 139200 р. Следовательно, экономия при производстве узлов трения сошников с ПСС на каждой сеялке составляет 101121 р.

Таким образом, проведенные исследования по усовершенствованию узла трения сошника сеялки СПУ-6 позволили оптимизировать его конструкцию за счет устранения элементов, предназначенных для защиты от абразивных частиц, влаги (полимерная манжета, распорная втулка, крышка). В свою очередь, это привело не только к снижению себестоимости изготовления сошников, но и

металлоемкости и массы ступицы на 15 % (с 0,65 до 0,55 кг) за счет изменения ее конструкции и уменьшения габаритных размеров. В процессе эксплуатации узла трения операция диагностирования технического состояния упрощается и уменьшается время на его обслуживание.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Врублевская, В. И.** Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В. И. Врублевская, А. Б. Невзорова, В. Б. Врублевский. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 324 с.
2. **Невзорова, А. Б.** Теоретические основы и технология механотрансформации древесины / А. Б. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 160 с.
3. **Врублевский, В. Б.** Подшипники скольжения на основе древесины: проектирование и взаимозаменяемость : учеб. пособие / В. Б. Врублевский, А. Б. Невзорова, В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 55 с.
4. **Моисеенко, В. Л.** Создание самоустанавливающихся подшипников скольжения на основе прессованной древесины и технологии их изготовления : автореф. дис... канд. техн. наук. – Минск : 2002. – 20 с.
5. **Старовойтов, Э. И.** Сопrotивление материалов : учебник для студентов технических вузов / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 376 с.
6. **Иванов, М. Н.** Детали машин : учебник для студентов вузов / М. Н. Иванов ; под ред. В. А. Финогенова. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1998. – 383 с.

Белорусский государственный университет транспорта  
Материал поступил 27.04.2006

**A. B. Nevzorova, V. B. Vrublevsky,  
V. V. Makeyev, I. V. Krasnoruzhsky**  
**Perfection of design of friction units  
in the seeding-machine ploughshare  
SPU-6 with application of pressed wood**  
Belarusian State University of Transport

There was offer advanced design of the friction unit in the seeding-machine ploughshare SPU-6 with application of the pressed wood. New design has allowed reduce metal consumption and cost price of the unit of friction.