

УДК 631.33.024.2/.3

В.И.Врублевская, А.Б.Невзорова, В.В.Макеев, В.Б.Врублевский,
С.О.Барбуль

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ ПОСЕВНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Введение. Сельскохозяйственная техника эксплуатируется в тяжелых условиях абразивно-агрессивных и влажных сред. Наиболее интенсивному изнашиванию подвержены узлы трения, работоспособность которых зачастую определяет ресурс машины или механизма. В большинстве современных конструкций узлов трения используются подшипники качения. Они при работе корродируют, заклинивают, требуют регулярного подвода смазки и технического ухода. Частые остановки сельскохозяйственной техники на ремонт недопустимы при эксплуатации в поле в период посевной или уборочной кампаний, когда необходимо в кратчайшие сроки выполнить необходимую работу.

Для решения проблемы обеспечения безотказной работы узлов трения сельскохозяйственной техники в настоящей работе рассматривается возможность замены подшипников качения (ПК) подшипниками скольжения самосмазывающимися (ПСС) на основе прессованной древесины. Реализация поставленной задачи возможна при обоснованном применении эффективных методов модифицирования древесины для обеспечения повышенных физико-механических и эксплуатационных ее характеристик как антифрикционного материала.

Для производства ПСС в настоящее время применяется торцово-прессовое деформирование древесины березы в цилиндрический вкладыш [1] с последующей двукратной перепрессовкой его через конические приемники в корпус подшипника для формирования у вкладыша повышенных физико-механических свойств. В результате проведения этих операций достигается максимально возможная степень прессования по внутренней поверхности вкладыша $\varepsilon = 59 \%$, по наружной – $\varepsilon = 18-27 \%$.

Пропитку древесного вкладыша для придания ему свойства самосмазываемости осуществляют минеральным маслом с высокомолекулярными полимерными присадками. В процессе трения под действием механических напряжений и тепла, генерируемого в контактной зоне, происходит деструкция полимера с образованием свободных радикалов, способных вступать в прямые химические реакции с окисной поверхностью металла, образуя адсорбционный граничный смазочный слой органических макромолекул. Этот слой также эффективно разделяет сопряженные поверхности трения, экранируя их [2].

Несмотря на существующие многочисленные способы пропитки древесины с целью глубокого заполнения ее капиллярно-пористой системы различными антисептиками (способ горячей и горяче - холодных ванн, пропитка в вакууме и под давлением, в ультразвуковом поле и др.) применительно к специфической технологии производства ПСС до настоящего времени применялся лишь способ горячей ванны, реализующий принцип капиллярной пропитки. Было предложено насыщать капиллярно-пористую систему древесины загущенным СМ при температуре $t = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 50 минут. При нагревании вязкость СМ снижается с $513\text{ мм}^2/\text{с}$ до $66\text{ мм}^2/\text{с}$, и он легко проникает в капиллярно-пористую систему древесины. После пропитки древесные вкладыши остывают на воздухе, и СМ загустевает в объеме древесины. При таком способе пропитки степень наполнения СМ не превышает 10 %. Расчеты свидетельствуют, что теоретически возможно достижение степени наполнения до 50 %. Это значение показывает, что резервы капиллярно-пористой системы древесины по аккумулярованию СМ использованы не в полном объеме. Это может явиться причиной сокращения срока эксплуатации ПСС, ослабления его гидрофобности.

Постановка задачи. Усовершенствовать конструкции узлов трения посевной сельскохозяйственной техники с применением подшипников скольжения самосмазывающихся на основе модифицированной древесины. Предложить способы увеличения степени наполнения капиллярно-пористой системы древесины смазочным материалом для обеспечения формоустойчивости древесного вкладыша ПСС, усиления его гидрофобности при эксплуатации во влажных средах.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований направленных на поиск новых способов увеличения степени наполнения смазочным материалом древесных вкладышей ПСС различных типоразмеров был предложен и исследован способ термоконтрастных ванн, как наиболее простой и эффективный способ, применяемый для пропитки древесины СМ. Он заключается в следующем. Древесные вкладыши в тонкостенных стальных цилиндрических обоймах помещаются в горячую ванну ($t = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$) со СМ на основе минерального масла с высокомолекулярной полимерной присадкой, массовая концентрация которой составляла 3 %, и выдерживались в ней согласно 50 минут. Затем одна партия образцов остывала на воздухе, а другая – в ванне с холодным СМ ($t = 20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$), концентрация присадки в котором составляла 0,5 %. Уровень СМ в этом случае над древесиной был равен глубине погруженных образцов, а вязкость составляла $176\text{ мм}^2/\text{с}$.

Этот способ пропитки позволяет увеличить степень наполнения древесных вкладышей ПСС в 4 - 5 раз, а масса впитанного смазочного материала увеличивается в 2 - 3 раза в сравнении с использованием способа горячей ванны. Исследования водопоглощения показали, что оно уменьшается в 5 - 6 раз.

Предложенный способ пропитки был использован при изготовлении экспериментальной партии узлов трения для сеялок СПУ-6М и СТВ-3,6. Они являются наиболее часто используемыми машинами в сельском хозяйстве и предназначены для формирования борозд и посева семян зерновых и зернобобовых растений. Наиболее уязвимыми конструктивными элементами сеялки СПУ-6М «Берестье» (рисунок 1, а), изготавливаемой на ОАО «Брестский электромеханический завод» (г. Брест, Республика Беларусь), являются узлы трения сошников, количество которых на одну сеялку в зависимости от исполнения приходится от 24 до 48 штук.

В базовой комплектации узел трения сошника сеялки СПУ-6М состоит из ступицы, к которой крепится заклепками диск. В ступице размещается ось с напрессованными на ее шейку двумя шарикоподшипниками радиальным однорядным 203 (ГОСТ 8338-75) и полузакрытым 160203 (ГОСТ 8752-79); стопорное кольцо и втулка фиксируют положение подшипников относительно ступицы; полимерная манжета и крышка предотвращают попадание абразива к

подшипникам качения. 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).

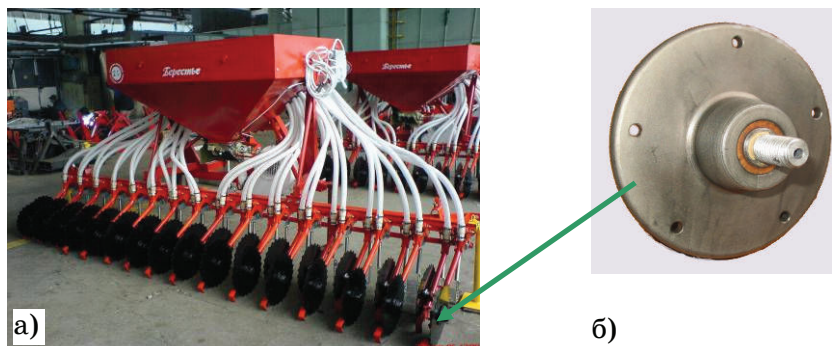


Рисунок 1 – Сеялка СПУ-6М (а) с модернизированными узлами трения сошников (б)

С целью увеличения долговечности узла трения сошника, было предложено заменить ПК на ПСС на основе прессованной древесины. Научной базой для этого послужили работы ученых Белорусского государственного университета транспорта (г. Гомель, Республика Беларусь) по созданию нового антифрикционного самосмазывающегося материала на основе прессованной древесины и способа торцово-прессового деформирования древесных вкладышей для изготовления подшипников скольжения. ПСС обладают исключительной работоспособностью в абразивных, агрессивных и влажных средах при $pv \leq 2,5$ МПа·м/с. Они обеспечивают увеличение 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 геометрических параметров древесной заготовки и основных конструктивных элементов специальной гибкой дискретной системы (длины и ширины), формирующей древесный вкладыш, сконструирован новый узел трения с ПСС (рисунок 1, б).

Для снижения металлоемкости ступицы сошника сеялки СПУ-6М были созданы компьютерные модели нескольких вариантов ее исполнения. Исходными условиями процесса моделирования были базовая конструкция ступицы 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).

Значение коэффициента запаса прочности n_{σ} свидетельствует о том, что действующие максимальные эквивалентные напряжения $\sigma_{\max} = 0,8$ МПа значительно меньше предела прочности для материала чугуна σ_u . Полученные данные явились основанием для уменьшения размеров ступицы и создания новой ее конструкции.

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 кг до 0,55 кг).

Разработанная усовершенствованная конструкция узла трения сошника сеялки СПУ – 6М «Берестье» с установленными ПСС прошла полевые испытания в СПК «Вознесенский» Жабинковского района Брестской области и ГУО «Областной аграрно-производственный профессиональный лицей» (г. Дрогичин, Брестская область). 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 (весна – осень 2006 года) составляла 348 га на посевных площадях СПК «Вознесенский» и 77 га – ГУО «Областной аграрно-производственный профессиональный лицей». По результатам полевых испытаний был проведен анализ сопряженных поверхностей трения древесного вкладыша ПСС и оси, который показал минимальный их износ. В целом узел трения пригоден к дальнейшей работе

Следующим объектом исследований явился узел трения привода посевного диска сеялки СТВ-3,6, базовая конструкция которого представлена на рисунке 2, а. Сеялка изготавливается на ОАО «Лидсельмаш» (г. Лида, Республика Беларусь) и предназначена для прямого посева семян кукурузы. Прямой посев обеспечивается за счет создания насосом в камере 7 разрежения, которое фиксирует семена на вращающемся посевном диске, а затем переводит их по семяпроводам в почву. Вращение передается от привода сеялки по

средствам цепной передачи через звездочку 1, закрепленную на валу 4 шпонкой 2, узел трения с двумя 10 и 6 подшипниками качения 203 и шестерню 5. Шестерня приводит во вращение посевной диск с семенами. Разряжение в камере 7 провоцирует засасывание из окружающей среды пыли, абразивных частиц, что вызывает засорение узла трения и заклинивание подшипников качения. Это приводит к приостановке работы всей сеялки.

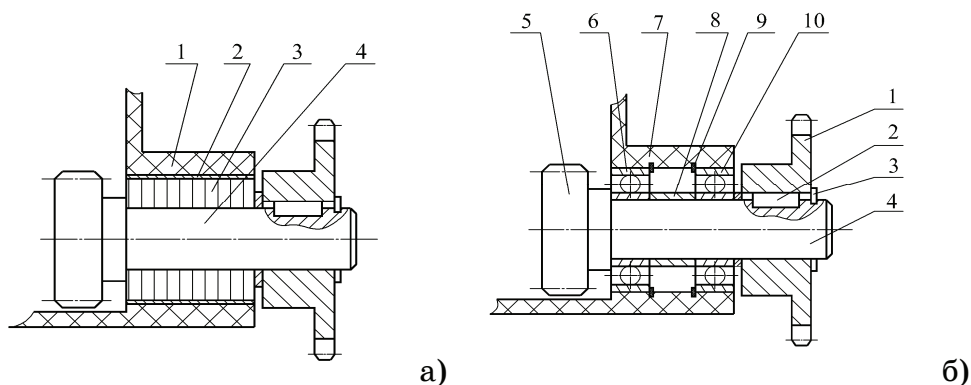


Рисунок 2 - Конструкция узла трения привода посевного диска сеялки СТВ-3,6 с ПК (а) и с ПСС (б)

а) 1 – звездочка цепной передачи; 2 – шпонка; 3 – стопорное кольцо; 4 – вал; 5 – зубчатое колесо привода посевного диска; 6 – шарикоподшипник качения 203; 7 – корпус посевной камеры; 8 – втулка; 9 – стопорное кольцо; 10 – шарикоподшипник качения 203

б) 1 – корпус посевной камеры; 2 – металлическая обойма ПСС; 3 – древесный вкладыш ПСС; 4 – вал

Предлагаемая новая конструкция (рисунок 2, б) предусматривает постановку в узел трения привода посевного диска сеялки СТВ-3,6 подшипника скольжения самосмазывающегося на основе модифицированной древесины. Древесный вкладыш 3 запрессован в тонкостенную металлическую обойму 2 ($t = 0,5$ мм), которая установлена с натягом в полимерный корпус посевной камеры 1. ПСС в новой конструкции заменяет два 6 и 10 шарикоподшипника качения 203, втулку 8, два стопорных кольца 9 (рисунок 2, а).

Экономический эффект от внедрения рассмотренных конструкций узлов трения сеялок с применением подшипников скольжения самосмазывающихся на основе модифицированной древесины состоит из трех составляющих:

- 1 снижение себестоимости изготовления узлов трения;
- 2 повышение их надежности в эксплуатации;

3 экономия дефицитных цветных металлов и дорогостоящих импортных подшипников качения.

Для предприятия-изготовителя сельскохозяйственной техники наиболее актуальной является первая и вторая составляющая формирования экономического эффекта от внедрения ПСС. Их реализация позволяет экономить денежные средства при производстве (первая составляющая) и избежать рекламаций при эксплуатации техники (вторая составляющая).

Для обеспечения наиболее ощутимого экономического эффекта новое исполнение сошника сеялки СПУ-6М «Берестье» предусматривает исключение из его конструкции следующих комплектующих стоимостью (у.е.):

- подшипник № 203	0,55
- подшипник № 160203	0,6
- манжета	0,24
- крышка	0,22
- втулка	0,18
Всего на сумму	1,79.

Стоимость комплектующих узла трения на одну сеялку с 24 сошниками составляет $1,79 \times 24 = 42,96$ у.е.

Вместо них в соответствии с новой конструкцией узла трения, устанавливается древесный вкладыш стоимостью 0,33 у.е. В этом случае экономия на комплектующих на одной сеялке составляет $42,96 - (0,33 \times 24) = 35$ у.е.

Себестоимость изготовления узла трения сошника сеялки СПУ-6М «Берестье» с использованием подшипников качения составляет 4,66 у.е., а с ПСС – 2,7 у.е.; стоимость узлов трения всех сошников сеялки соответственно 111,84 и 64,74 у.е. Следовательно, экономия при производстве узлов трения сошников с ПСС на каждой сеялке СПУ – 6М составляет 47,1 у.е.

Аналогично рассчитывается экономический эффект от внедрения ПСС в узлах трения сеялки СТВ – 3,6. Он равен 39 у.е. на каждую сеялку.

Вывод. Проведенные исследования по усовершенствованию узлов трения сеялок СПУ-6М и СТВ-3,6 позволили оптимизировать их конструкции за счет постановки ПСС с высоконаполненными смазочным материалом древесными вкладышами, а также

устранения уплотнений, предназначенных для защиты зоны трения от абразивных частиц и влаги (полимерная манжета, распорная втулка, крышка). В свою очередь это привело к снижению себестоимости изготовления техники, уменьшению ее металлоемкости и массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Врублевский, В.Б. Исследование процесса торцово-прессового деформирования древесины и создание высокопроизводительного оборудования для изготовления подшипников скольжения: Дис. канд. техн. наук: 05.21.05 / В.Б. Врублевский. – Мн., 2001. – 135 с.
2. Врублевская, В.И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В.И. Врублевская, А.Б. Невзорова, В.Б. Врублевский – Гомель, 2000. – 324 с.
3. Белый, В.А. Древесно-полимерные конструкционные материалы и изделия \ В.А. Белый, В.И. Врублевская, Б.И. Купчинов; под ред. В.А. Белого. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 280 с.
4. Ломакин, А.Д. Защита древесины и древесных материалов / А.Д. Ломакин – М.: Лесная промышленность, 1990. – 256 с.
5. Моисеенко, В.Л. Создание самоустанавливающихся подшипников скольжения на основе прессованной древесины и технологии их изготовления: Дис...канд. техн. наук: 05.21.05 / В.Л. Моисеенко – Мн., 2002. – 120 с.

Получено 15.06.2007 г.