

УДК 630.323.113

UDC 630.323.113

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ**AUTOMATION OF CONTROL OF TRIBOLOGICAL PROCESSES AT STUDYING OF SLIDING BEARINGS**

Пошарников Феликс Владимирович
д.т.н., профессор
Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия

Posharnikov Felix Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., professor
Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

В статье рассматривается автоматизация контроля выходных данных при исследовании трибологических процессов в подшипнике скольжения с антифрикционным композиционным полимерно-металлическим материалом

In the article, automation of control of the target data at research of tribological processes in sliding bearing with an anti-frictional composite polimerno-metal material is considered

Ключевые слова: СБОР ДАННЫХ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ, КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ

Keywords: DATA GATHERING, AUTOMATIZATION OF PROCESSINGS, COMPOSITE MATERIAL, SLIDING BEARING, FRICTION FACTOR

До недавнего времени контроль трибологических процессов производился простыми способами, так, например, момент трения фиксировался с помощью системы рычагов и маятников, а результат фиксировался на миллиметровой бумаге в виде графика. Температура в подшипнике скольжения измерялась медно-константовыми термопарами, подсоединенные к измерительным устройствам. На смену данным приборам приходили все новые и новые, а в последнее время для контроля трибологических процессов все чаще используется новое цифровое оборудование совместно с ЭВМ.

Автоматизация контроля трибологических процессов заключается в непрерывном автоматическом сборе информации о работе подшипников скольжения с последующей передачей данных на ЭВМ, где они обрабатываются, и автоматически выдает выходную информацию в виде таблиц или графиков. На первом этапе информация о трибологических процессах поступает на ЭВМ с различных датчиков, установленных на подшипнике скольжения, где первоначальные данные обрабатываются и записываются в виде таблиц. Затем на втором этапе полученные данные автоматически обрабатываются согласно алгоритму, где они сравниваются и пересчитываются.

ваются по формулам, а конечный результат представляется в виде графиков зависимости входных, изменяемых параметров (P , V , Δ , λ) от выходных параметров (t , f). Данный способ автоматизации позволяет ускорить получение и обработку экспериментальных данных о трибологических процессах, происходящих в подшипнике скольжения, а также снизить время, затрачиваемое на анализ полученных данных.

Для выполнения экспериментальных исследований подшипников скольжения на трение и износ по схеме вал-вкладыш [3], при постоянной нагрузке, нами была разработана и сконструирована испытательная лабораторная установка, которая позволяет [1, 2, 4]: создавать при вращательном режиме работы постоянную нагрузку на исследуемый подшипник и легко изменять величину нагрузки без остановки лабораторного стенда; возможность создания как прямой, так и обратной пары трения; плавно регулировать число оборотов вала; измерять момент трения с помощью тензометрических датчиков и ЭВМ более точно; измерять температуру вблизи поверхности трения и на корпусе подшипника скольжения, при этом выводить результат на ПК.

Схема лабораторного стенда для исследования подшипников скольжения на трение и износ представлена на рисунок 1. Установка состоит из стальной рамы (1), собранной из уголка и швеллера, на которой установлен электродвигатель переменного тока (2) с короткозамкнутым ротором мощностью 1,1 кВт и числом оборотов 2800. Управление двигателем обеспечивается частотным преобразователем переменного тока Е2-8300 (3). Двигатель, жестко соединенный с червячным редуктором (4), который передает крутящий момент на вал (5) при помощи клиноременной передачи (6). В верхней части лабораторной установки закреплен вал на двух самоустанавливающихся подшипниках качения (7). На одном конце вала закрепляется съемный исследуемый подшипниковый узел (8), который нагружается двуплечим рычагом (9), опирающийся на опору (10), с помощью груза

(11), через подшипник качения (12). Корпус исследуемого узла трения имеет плечо (13), которое передает усилие от момента трения на балочку равного сопротивления (14). В нижней части исследуемой втулки установлены термопары (15). Значения от балочки равного сопротивления и значения температуры трения поступают в аналого-цифровой модуль, где они обрабатываются и далее выходят на мониторе ПК [4].

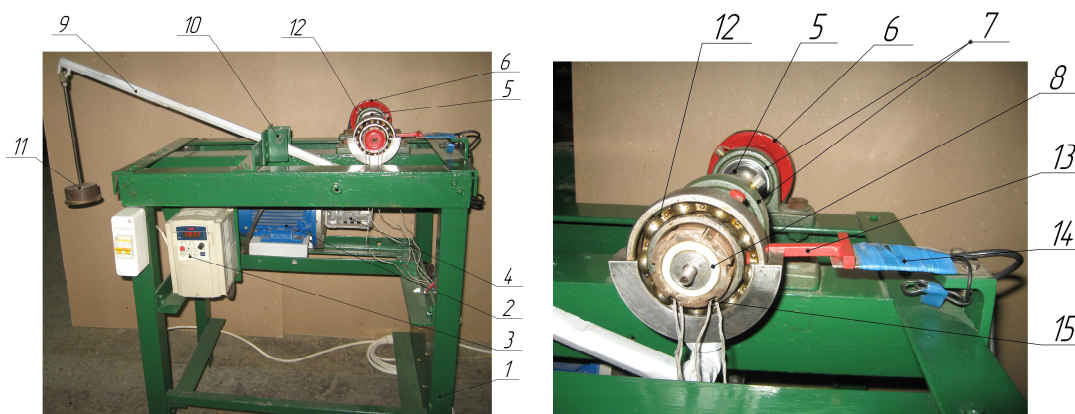


Рисунок 1 Схема лабораторного стенда для исследования подшипников скольжения на трение и износ.

Скорость вращения вала подшипника скольжения регулируется с помощью частотного преобразователя переменного тока E2-8300, который позволяет плавно запускать двигатель и изменять число оборотов вала электродвигателя от 50...2800 об/мин, так же позволяет легко менять направление направление вращения вала.

Схема для расчета момента трения показана на рисунке 2.

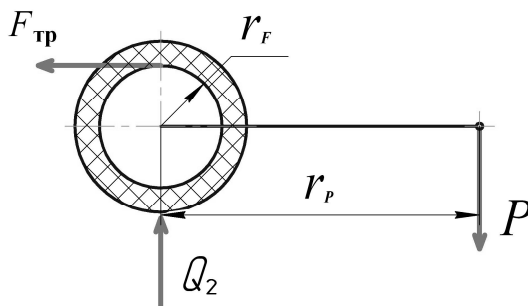


Рисунок 2. Схема расчета сил трения на вращательной установке.

Величина силы трения вычисляется по формуле [4]:

$$F_{mp} = P \frac{r_P}{r_F}, \quad (1)$$

где P – сила, действующая на балочку равного сопротивления, Н;

r_P – плечо силы P , м;

r_F – плечо силы трения, м.

При подстановке численных значений $r_P = 0,1$ м и $r_F = 0,0125$ м в формулу для расчета силы трения, получим:

$$F_{mp} = 8P, \quad (2)$$

где F_{mp} – сила трения в подшипнике скольжения, Н;

Коэффициент трения вычисляется по формуле:

$$f = \frac{F_{mp}}{Q_2}, \quad (3)$$

где Q_2 – номинальная нагрузка на подшипник скольжения, Н.

Значение силы P определялось по данным тока разбаланса тензометрического моста, обработанных на ЭВМ. Затем по тарировочному графику балочки равного сопротивления определялось значение силы P .

Устройство для измерения момента трения подшипников скольжения должно удовлетворять следующим требованиям: производить измерение момента трения при постоянных грузках на узел трения; малые искажения показаний и погрешности при работе устройства; большая чувствительность измерения; простота и надежность устройства.

Данным требованиям наиболее удовлетворяет измерительное устройство, основанное на применении проволочных датчиков сопротивления. Для измерения момента трения используются тензометрические датчики, блок питания 12 В, модуль аналого-цифрового преобразователя, модуль интерфейса и ЭВМ [5].

При вращении вала, под действием момента сил трения, на втулке возникает момент трения, под действием которого подшипник стремится повернуться, и тем самым проворачивает обойму подшипника. Корпус подшипника имеет плечо, через которое и передается усилие на балочку равного сопротивления, которая одним концом жестко закреплена к раме. На балочке равного сопротивления наклеены датчики, они и воспринимают ее деформацию, при этом в измерительную систему моста вносится ток разбаланса. [6] Питание моста и автоматическая регистрация измерений производится по схеме, представленной на рисунке 3.

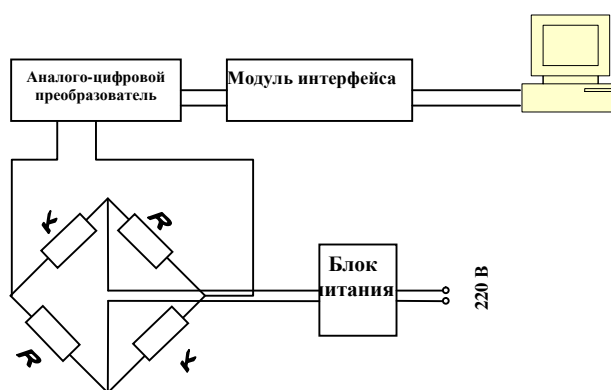


Рисунок 3. Схема подключения тензометрических датчиков и их подключение к измерительной аппаратуре.

Тарировка измерительного устройства для замера момента трения проводится во время работы лабораторной установки без вращения вала, показания на мониторе ПК принимаются за нуль. Затем балочка равного сопротивления нагружается заведомо известным грузом, а численные значения разбаланса отражаются на мониторе. В этот момент изменяется величина отклонения графика на экране монитора – от нуля до какого-то максимального значения, соответствующего развиваемому в подшипнике моменту трения. По данным значениям строится тарировочный график, по которому можно определить величину нагрузки на балочку равного сопротивления зная значения разбаланса [4].

Измерение температуры вблизи поверхности трения производится с помощью хромель-копелевых термопар, которые располагаются под углом <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/19.pdf>

45⁰ по обе стороны от вертикальной оси втулки, где предполагается ожидать максимальное значение температуры. Спай термопары помещается в узел трения таким образом, чтобы шарик спая находился в отверстии подшипника на расстоянии 0,1 мм от рабочей поверхности. Все термопары подключались к модулю аналого-цифрового преобразователя, который передавал информацию на экран ПК. При замере температуры, подключенные термопары могут давать максимальную погрешность измерения 2,2 °С или 0,75 %.

Все измеряемые данные автоматически поступают в модуль аналого-цифрового преобразователя (рисунок 4), где они оцифровываются и затем передаются на экран ПК.

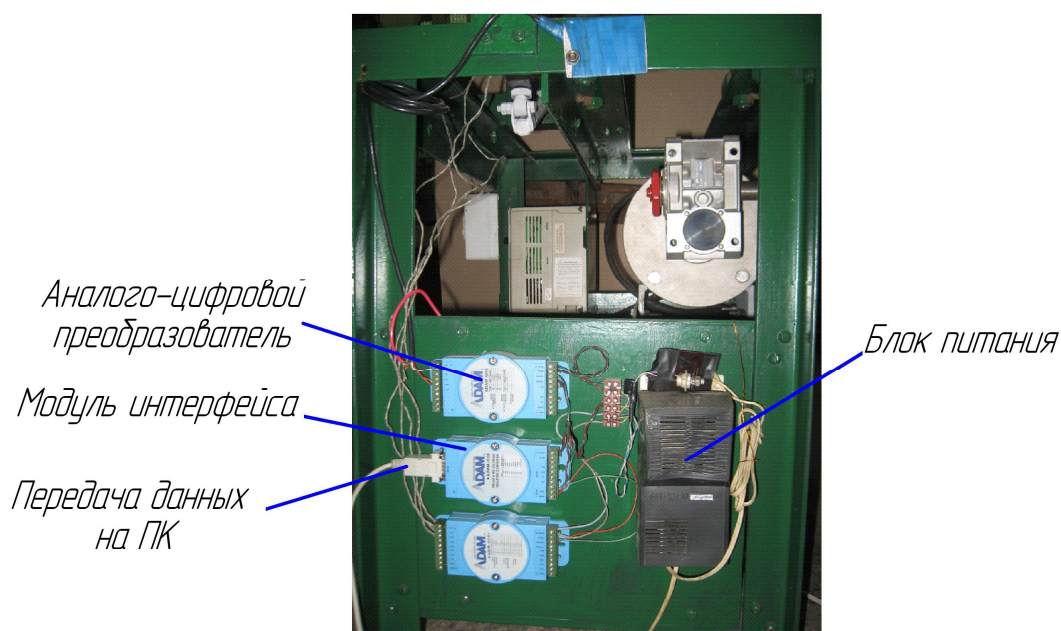
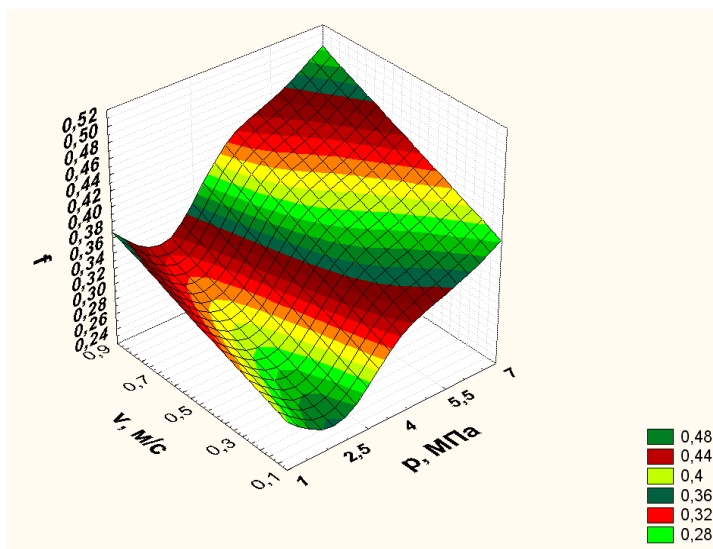


Рисунок 4. Оборудование для преобразования аналогового сигнала в цифровой и передачи его к ЭВМ.

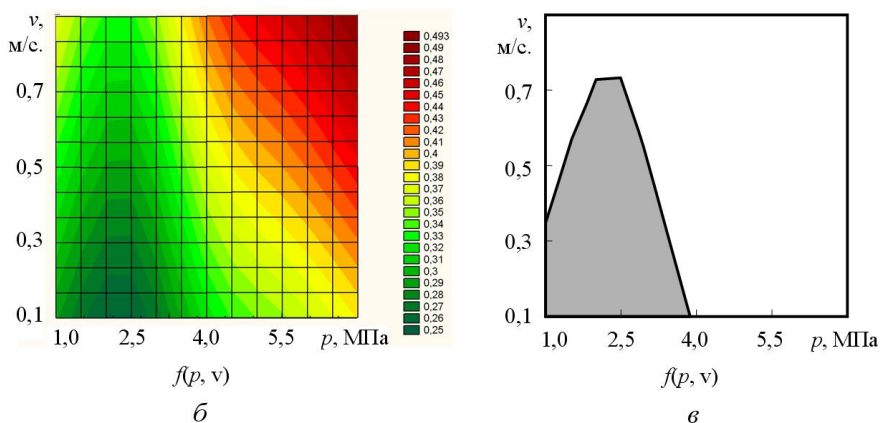
Во время проведения исследований определяется момент трения при пуске и установившемся движении, температура вблизи поверхности трения в зависимости от величины относительного зазора, удельная нагрузка на подшипниковый узел и скорость скольжения.

На основании экспериментальных данных строим графики зависимости коэффициента трения от величины удельной нагрузки и скорости

скольжения (рисунок 5). Затем строим графики зависимости температуры подшипника вблизи зоны трения от величины удельной нагрузки, относительного зазора и скорости скольжения (рисунок 6). Данные этих графиков будут являться исходными результатами для вывода о работоспособности подшипника в целом.



а



б

в

Рисунок 5. – К оптимизации функции $f(p, v)$: а – трехмерный график изменение коэффициента трения пары трения сталь 45 – композиционный материал (Капролон) в зависимости от скорости скольжения и удельной нагрузки при фиксированном значении величины зазора $\Delta=0,3$ мм; б – график, перестроенный в виде линий уровня; в – область оптимальных значений параметров.

Анализ конфигурации благоприятной области в факторном пространстве (p , v) позволяет сделать следующие выводы (рисунок 5, в). Минимум коэффициента трения достигается, если значения p лежат в диапазоне 1,0 ... 3,5 МПа, значения v лежат в диапазоне 0,1...0,6 м/с. Близкую к треугольной форму оптимальной области можно интерпретировать следующим образом. С увеличением касательной скорости уменьшается допустимый диапазон давлений: при $v = 0,3$ м/с давление может находиться в широком диапазоне 1,0 ... 3,5 МПа, а при $v = 0,7$ м/с диапазон возможных давлений сужается: 2,0 ... 2,5 МПа.

На работоспособность подшипников скольжения из полимера значительное влияние оказывает температурный режим, который определяется нагрузочно-скоростными параметрами трения. Увеличение температуры в зоне трения приводит к снижению триботехнических характеристик узлов трения из полимерного материала. Особенностью подшипников скольжения из полимерного материала является низкие значения тепло – и температуропроводности из-за которых не обеспечивается активное теплорассеивание из зоны трения. Это говорит о том, что через металлический корпус опоры скольжения практически не осуществляется теплообмен с окружающей средой. Все тепло практически отводится валом. В случае если при работе подшипника скольжения в зоне трения вал – подшипник скольжения из полимера будет больше выделяться тепла, чем оно рассеивается валом и подшипником, то узел трения будет значительно перегреваться. Температурный режим подшипника скольжения будет существенно сказываться на коэффициенте трения и износе трущихся пар. Повышение температуры в зоне трения приведет к появлению температурных напряжений и, следовательно, к температурным деформациям, которые необходимо учитывать при назначении посадок и при расчете зазора между вкладышем из полимера и валом.

В работе особое внимание было уделено зависимости коэффициента трения термопласта от температуры. Температура трения оказывает существенное влияние на износостойкость подшипников скольжения. При повышении температуры, выше допустимой для тех или иных материалов, в последних происходят физические, химические и механические изменения, особенно в поверхностных и приповерхностных слоях. Такие изменения приводят к повышенному износу, появляются очаги микросваривания, заедания, задиры, проявляются виды изнашивания, которых могло бы не быть при допустимых значениях температуры трения. Повышается износ, достигающий до критического значения. При экстремальных значениях температуры может полностью остановиться работа узла трения, что ведет к его разрушению [7].

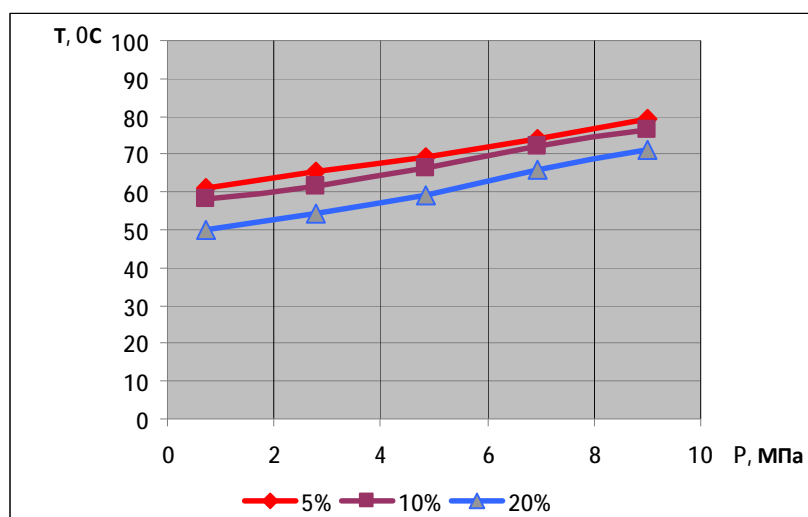


Рисунок 6. – Зависимость температуры T , °C вблизи поверхности трения от удельной нагрузки при различном содержании металлического наполнителя в прямой паре трения ($V=0,08$ м/с).

Отвод тепла в зоне трения подшипника скольжения с композиционным полимерно-металлическим материалом осуществляется через вал и через корпус подшипника за счет увеличения теплопроводности антифрикционного материала (рисунок 7).

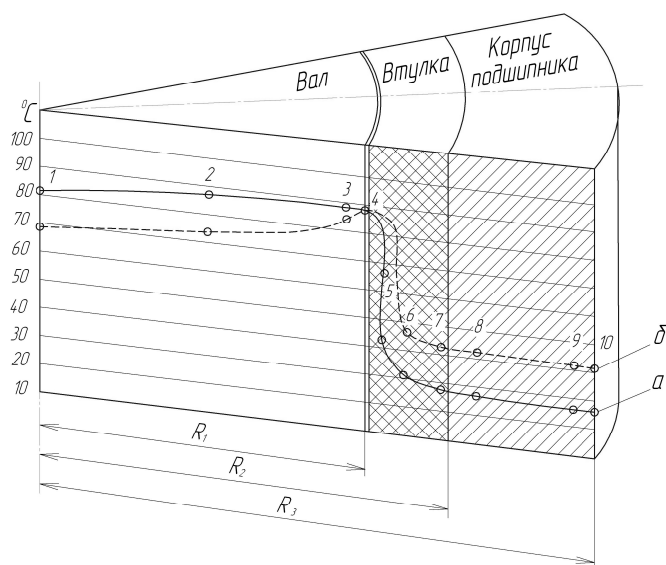


Рисунок 7. – Разрез подшипника скольжения с прямой парой скольжения: а – полимер (Капролон) без металлического наполнителя; б – полимер (Капролон) с металлическим наполнителем (20 %), изготовлен под воздействием магнитного поля ($V=1,06$ м/с; $P=9,0$ МПа).

Как показывают данные исследований, увеличение скорости скольжения и удельной нагрузки приводит к возрастанию температуры вблизи поверхности трения. Влияние процентного содержания наполнителя оказывает одинаковый характер на изменение кривых. Это объясняется тем, что с увеличением содержания металлического наполнителя в полимерном антифрикционном материале повышается теплопроводность композиционного материала, и температура в зоне трения снижается. В целом же, при повышении скорости скольжения температура вблизи поверхности трения увеличивается [8].

Таким образом, в сравнении с применяемыми ранее способами изучения трибологических свойств подшипников скольжения при экспериментальных исследованиях, предлагаемый способ автоматического непрерывного сбора информации о происходящих явлениях в трибологических процессах и затем комплексной ее обработки с автоматической выдачей результатов исследования в виде таблиц и графиков существенно повы-

шают эффективность исследований. Значительно сокращается время проведения исследований, повышается точность за счет большого объема обрабатываемой информации, появляется возможность более полного использования современных ЭВМ.

Литература

1. Полимерные композиционные материалы в триботехнике [Текст] : Учеб. пособие / Ю.К. Машков [и др.]. – М.: НЕДРА, 2004. - 256 с.
2. Трение полимеров [Текст] : Учеб. пособие / В.А. Белый, Свириденко А.И., Петроковец М.И., Савкин В.Г. – М.: Наука, 1972. - 202 с.
3. АС. 517826 СССР G01M13/04, F16C17/00 Стенд для испытания подшипников скольжения.
4. Усиков А.В. Стенд для исследования подшипников скольжения [Текст] / А. В. Усиков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова № 01 , 2011. – Саратов 2011. –С. 54-57.
5. Гевондян Т.А. Приборы для измерения и регистрации колебаний [Текст] : учеб. / Т.А. Гевондян, Л.Т. Киселев. – М.: Машгиз, 1962. – 462с.
6. Рузга Зденек. Электрические тензометры сопротивления [Текст] : учеб., перевод с чешского / Рузга Зденек. – М. – Л., Госэнергоиздат, 1961. – 335с.
7. Пошарников Ф.В. Применение композиционного материала на основе полимера в узлах трения лесобрабатывающего оборудования [Текст] / Ф. В. Пошарников, А. И. Серебрянский, А. В. Усиков // Лесотехнический журнал. Научный журнал № 1 (1) – Воронеж 2011. –С. 51-55.
8. Пошарников Ф.В. Исследование вращательного процесса трения в подшипниках скольжения лесобрабатывающего оборудования [Текст] / Ф.В. Пошарников, А.В. Усиков, А. И. Серебрянский /Лесотехнический журнал 2011 г. № 2 – Воронеж 2011. – С. 92-95.