УДК 621.01

Разработка устройства диагностики и активного контроля геометрических параметров опор технологических барабанов.

Тимофеев Сергей Петрович
Аспирант, 1 курс, кафедра технологии машиностроения БГТУ им. В.Г.Шухова, г. Белгород
E-mail: Timofeevsp@inbox.ru
Хуртасенко Андрей Владимирович
научный руководитель канд. техн. наук, доцент БГТУ им. В.Г.Шухова, г. Белгород

Аннотация: В промышленности строительных материалов при обслуживании печных и помольных агрегатов одной из основных задач является восстановление геометрической формы и качества поверхностей опор качения, путем удаления деформированного слоя материала. Для обеспечения наибольшей технологичности и уменьшения времени на обработку требуется точное определение реальной геометрии поверхности опор. Предложена эффективная схема и методика измерения наружной поверхности качения деталей в условиях неопределенности базирования, обеспечивающая диагностику в процессе эксплуатации агрегата.

Ключевые слова: диагностика, контроль, погрешность формы, измерения, крупногабаритные детали, технологические барабаны.

Современная промышленность строительных материалов, в которой используются технологические агрегаты, имеющие в своем составе крупногабаритные детали – тела вращения, являющиеся базовыми для правильного положения самого агрегата, требует внедрения новых высокоэффективных и высокоточных приборов и технологий для контроля и диагностики состояния деталей и узлов технологического оборудования.

Современные исследования обосновывают повышение требований к точности формы поверхностей качения опорных деталей вращающихся технологических барабанов, их взаимному расположению, а также обеспечения оптимальных условий контакта в процессе эксплуатации агрегата [1, 2]. Это в свою очередь актуализирует задачи повышения эффективности контроля таких поверхностей в ходе диагностики, а также в процессе восстановительной обработки. Для выполнения таких работ сейчас применяются в основном бесконтактные методы измерений, с использованием двух основных типов устройств: тахеометров и лазерных трекеров.

Данные устройства требуют применения специальных отражающих средств, и по причине высокой стоимости и сложности оборудования используются в основном компаниями, обслуживающими предприятия промышленности строительных материалов. Так же данные устройства не позволяют с высокой точностью судить о реальной геометрической форме

поверхностей качения опор, а применение их непосредственно при восстановительной обработке в целом малоэффективно.

Для обеспечения наибольшей технологичности и уменьшения времени на восстановительную обработку требуется точное определение реальной геометрии поверхности опор. Сравнительный анализ известных устройств и моделей для измерения поверхности опор приведен в [3]. На основе анализа известных схем предлагается усовершенствованная и дополненная схема измерения (рис. 1) и методика получения цифровой модели наружной поверхности качения опор технологических барабанов.

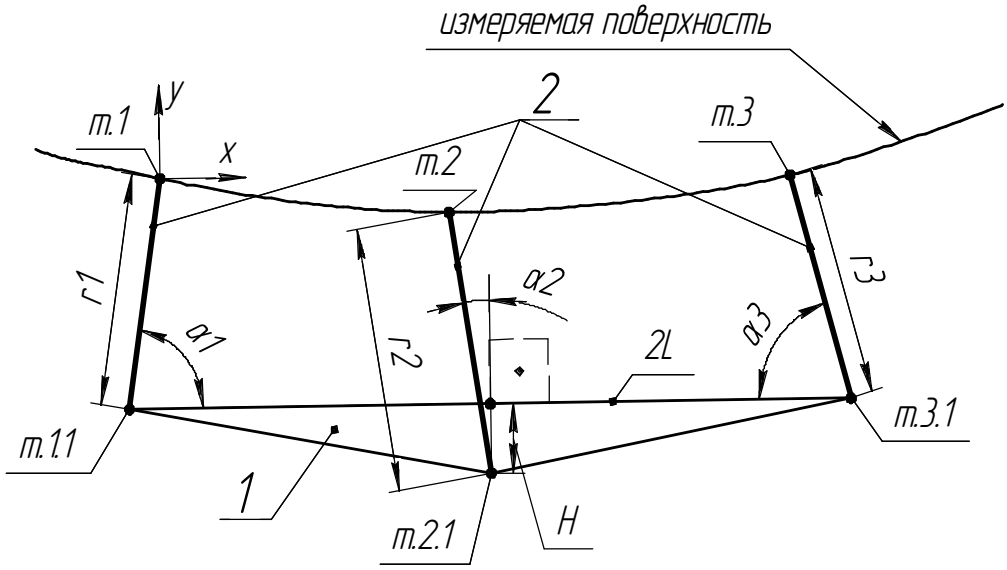


Рисунок 1 – Принципиальная схема измерения наружной поверхности качения опор технологических барабанов (1 - измерительная головка, 2 – измерительные щупы).

В приведенной на рис. 1 схеме измерительного устройства на измерительную головку (1) устанавливаются три измерительных щупа (2), которые шарнирно закреплены в точках *т.1.1; т.2.1* и *т.3.1*. Причем, длинна крайних щупов постоянная и равна между собой (*r1=r3=const*), а длина среднего щупа (*r2*) может изменяться. Расстояние между точками *т.1.1* и *т.3.1* равно *2L* и постоянно. Точка крепления среднего измерительного щупа *т.2.1* распложена посередине между *т.1.1* и *т.3.1*, со смещением по нормали на величину *H* к прямой соединяющей эти точки.

Углы $\alpha 1$ и $\alpha 3$ определяют угол поворота измерительных щупов *r1* и *r3* относительно прямой *2L*. Угол $\alpha 2$ определяет отклонение от нормали к прямой *2L* измерительного щупа *r2*.

Измерительные щупы касаются поверхности измеряемой детали в точках *т.1*, *т.2*, *т.3* и располагаются по нормали к касательным в данных точках.

Для удобства расчетов нулевая точка принимается в точке *т.1*, а ось *Ox* параллельна прямой *2L*.

Следовательно, при данной схеме измерений постоянными являются: *r1, r3, 2L* и *H*. Переменными величинами являются: *r2*, $\alpha 1$, $\alpha 2$ и $\alpha 3$.

Применение данной схемы при разработке измерительного устройства позволяет реализовать процесс получения 3D-модели реальной наружной поверхности опоры качения. Процесс получения модели поверхности, для упрощения конструкции измерительного устройства, делится на два этапа:

I – непосредственный промер поверхности. На данном этапе измерительное устройство определяет параметры аппроксимирующих дуг стягивающих измеряемую поверхность в необходимом количестве сечений.

II – расчет и построение цифровой 3D-модели поверхности. Производится на основе данных полученных в первом этапе и может производиться, как в самом измерительном устройстве, так и вне его.

Общий алгоритм процесса измерения и восстановления геометрии измеряемой поверхности представлен на рис. 2, в виде структурной схемы.

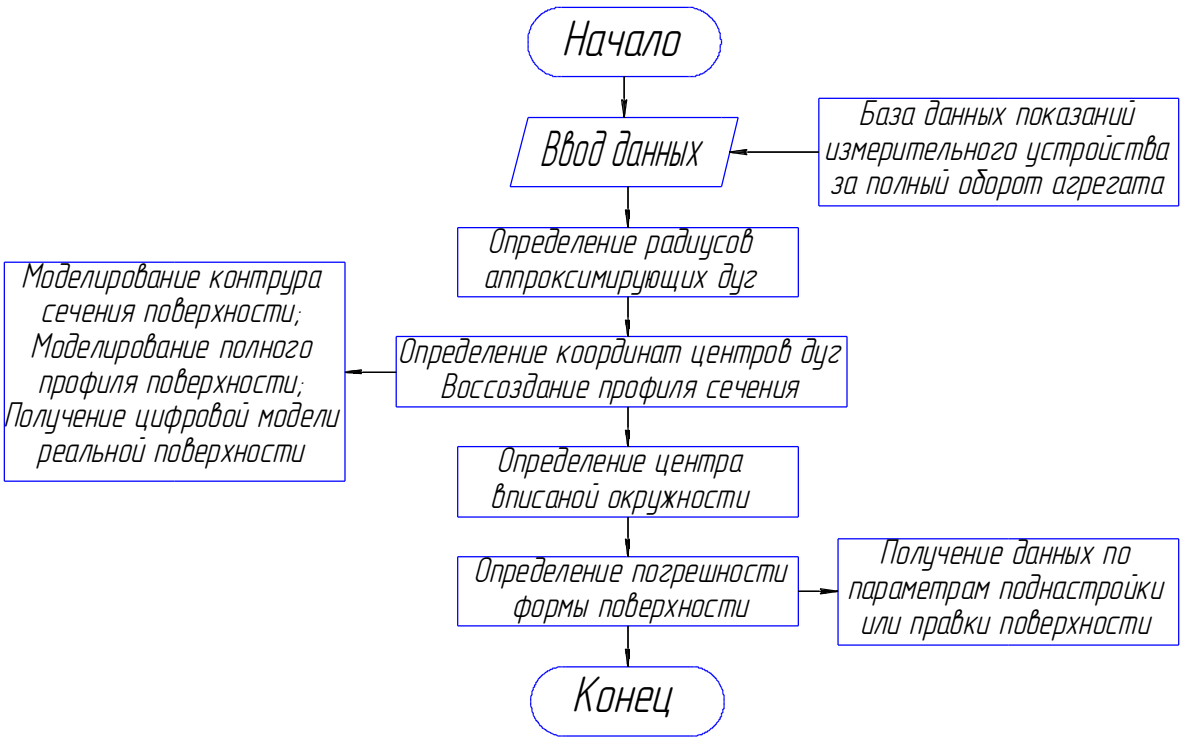


Рисунок 2 – Блок схема процесса определения геометрических параметров поверхностей качения опор технологических барабанов.

После завершения процесса измерения, полученные данные в виде массивов координат точек могут передаваться для анализа как в специальные программы для определения необходимого припуска на обработку, так и для визуального анализа, например в CAD системы. На рис. 3 представлено получение 3D-модели поверхности качения бандажа цементной печи в системе Компас-3D по результатам измерений (измерения проводились по цифровой модели деформированного бандажа).

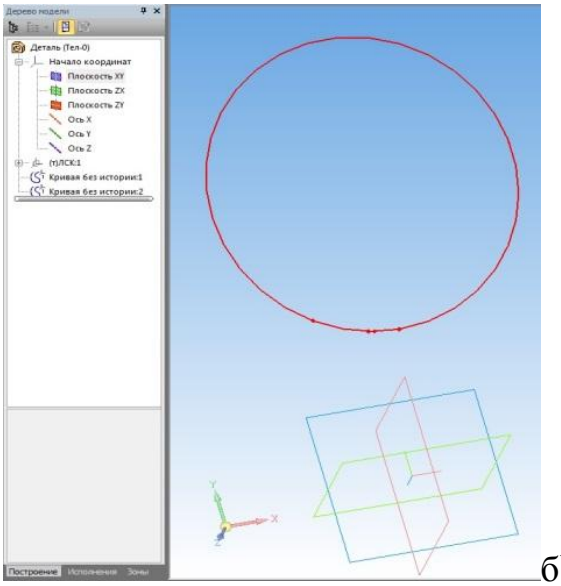
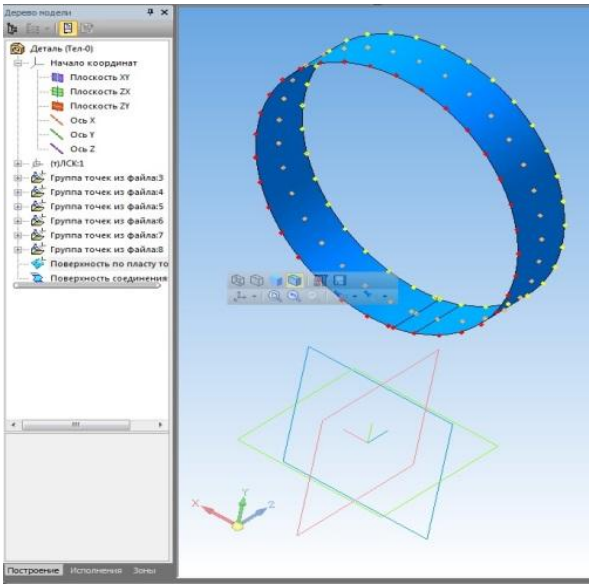
а)  б) 

Рисунок 3– Получение 3D-модели измеряемой поверхности:
а – контур профиля наружной поверхности бандажа в одном из сечений; б – воссозданная геометрия наружной поверхности качения бандажа.

Предварительные результаты: в процессе измерений и построения 3D-модели поверхности, метод показал высокую точность определения координат точек реальной поверхности и их относительное положение в общей системе координат (с точностью до сотых) [5]. Предлагаемый метод получения цифровой модели поверхности требует дальнейшей адаптации и проверки на реальных поверхностях.

Для реализации предлагаемого метода и способа измерения геометрической формы поверхностей качения опор технологических барабанов может использоваться измерительное устройство, разработанное на кафедре технологии машиностроения БГТУ им. В.Г. Шухова, представленное на рис. 4.

Измерительное устройство состоит из следующих основных компонентов: 1– корпус; 2– ориентирующая опора; 3– основание; 4, 5 опорные ролики; 6– датчик расстояния; 7, 9 – датчики угла поворота; 8– штанга; 10 – рама; 11, 19 – датчики линейных перемещений; 12, 13–устройства поперечного и продольного перемещения; 14, 15 – приводы; 16 – рычаг; 18 – датчик пути; 20 – датчик количества оборотов; 21 –блок вычисления и хранения информации.

Предлагаемый метод определения геометрических параметров и погрешности деталей опор может обеспечить возможность применения разрабатываемого устройства как системы активного контроля обрабатываемой поверхности при восстановительной обработке поверхностей опор с учетом введения в устройство необходимых для данного вида оборудования технических решений. Например, таких как: модули обмена данными с системой ЧПУ металлорежущего оборудования; универсальные протоколы обмена информации между измерительным устройством и станком;

универсальные узлы крепления устройства к различным станочным модулям и др.

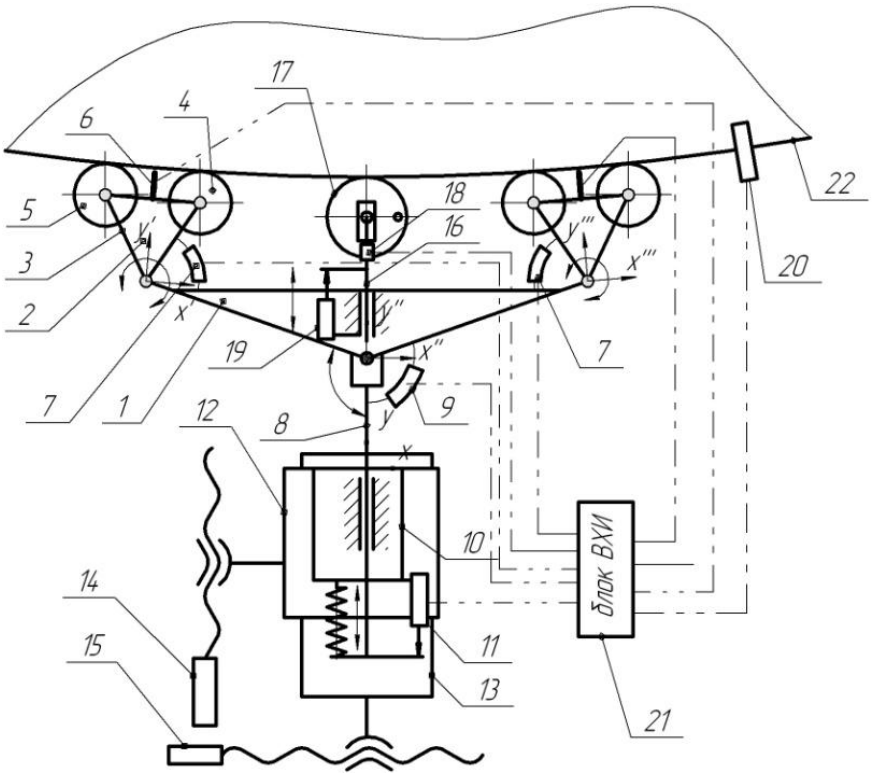


Рисунок 4 – Устройство для измерения параметров формыопор технологических барабанов.

Так же разрабатываемое устройство может быть интегрировано в уже существующий станок для обработки опор технологических барабанов, разработанный на кафедре технологии машиностроения БГТУ им. В.Г. Шухова [4], представленный на рис. 5.

Рисунок 5 – Модернизированный универсальный встраиваемый станок (на базе УВС-01) со следящим суппортом.

Тем самым устройство, реализующее приведенный выше метод измерений, и включающее в себя технические решения, позволяющие его использовать как самостоятельную контрольно-измерительную машину, так и интегрированный модуль активного контроля при восстановительной обработке опор технологических барабанов представляет собой весьма перспективную и актуальную разработку. А с учетом разработок нового металлорежущего оборудования открывает широкие возможности по увеличению технологичности восстановительной обработки, снижению затрачиваемого на неё времени и в конечном счете уменьшение себестоимости контрольно-восстановительных работ с попутным увеличением срока эксплуатации агрегатов в меж ремонтный период.

Выводы: 1 – разработанный метод измерений позволяет с высокой точностью измерять геометрическую форму поверхностей качения крупногабаритных деталей опор технологических барабанов с нестационарной осью вращения, проверка его на цифровых моделях доказала данный аспект; 2 – принцип измерения по предлагаемому методу позволяет реализовать на его основе устройства с расширенными эксплуатационными возможностями, которое может применяться как отдельная контрольно-измерительная машина, и как модуль активного контроля в обрабатывающем комплексе; 3 – разработанное устройство, объединяющее в себе все выше указанные свойства, позволит расширить технические возможности как контрольно-диагностических операций, так восстановительной обработки крупногабаритных деталей опор.

Список литературы:

1. Шрубченко И. В. Определение характеристик пятна контакта поверхностей качения опор технологических барабанов / И. В.Шрубченко // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2007. − № 2 . – С. 4 – 6.
2. Шрубченко И. В. Повышение технологичности обработки крупногабаритных составных бандажей за счет минимизации необходимого припуска: монография / И.В. Шрубченко, И.И. Кузнецова; Белгор. гос. технол. ун-т, Белгор. инж.-экон. ин-т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 157 с.
3. Хуртасенко А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с использованием методов активного контроля: монография / А.В. Хуртасенко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 144 с.
4. Шрубченко И.В. Токарная обработка крупногабаритных деталей специальными переносными станками // СТИН. – 2004. – №1. – С. 34–35.
5. Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Тимофеев С.П., Влияние погрешности формы опор технологических барабанов на напряженно-деформированное состояние конструкции агрегата // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №1.