

ваемую на процесс резания, в масштабах Республике Беларусь можно значительно сократить расход топлива при уборке зерновых культур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Беларуси намолочено 7 миллионов 361 тысяча тонн зерна. О результатах уборочной доложили Президенту [Электронный ресурс]. – 2018 – Режим доступа: https://www.tvr.by/news/prezident/v_belarusi_namolocheno_7_millionov_361_tysyacha_tonn_zerna/. – Дата доступа 01.02.2018.

2. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства / А.В. Новиков [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – С. 306.

3. Организация производства: учеб.-методич. пос. / А.А. Зеленовский [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – С. 109.

4. Ходосевич, В.И. Сельскохозяйственные машины: учеб.-методич. пос. / В.И. Ходосевич, Г.А. Радишевский, А.В. Кузьмицкий. – Минск: БГАТУ, 2010. – 60 с.

5. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2008. – С. 448-452.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.03.2018

УДК 631.1

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ СОЛОМОТРЕСА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ДОВОДКИ

И.А. Осадчий,

преподаватель каф. радиотехники Военной академии Республики Беларусь

В.И. Кардаков,

профессор каф. тактики и вооружения радиотехнических войск факультета противовоздушной обороны Военной академии Республики Беларусь, канд. техн. наук, доцент

А.Н. Вырский,

заведующий конструкторско-исследовательским отделом динамики, прочности, аналитической надежности Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»

А.С. Пусев,

начальник экспериментального производства Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»

Л.В. Веппер,

доцент каф. автоматизированного электропривода ГГТУ им. П.О. Сухого, канд. техн. наук, доцент

Статья посвящена проблеме организации и проведения экспериментальных исследований, связанных с измерением уровня вибраций в процессе доводки машин. Представлены результаты натурных испытаний вращающихся механизмов, проведенных в ОАО «Гомсельмаш», с использованием новой методики измерения вибраций.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, соломотряс, мгновенный центр вращения, вибродиагностика.

The article is devoted to a problem of organization and realization of the experimental researches connected to level measurement of vibration in the course of a machines finishing. The results of natural experiment of the spinner in Open Society "Gomselmash", with usage of the new measuring technique of vibration are presented.

Keywords: grain harvester, straw shaker, the instant centre of rotation, vibration-based diagnostics.

Введение

В настоящее время одной из важнейших задач, стоящих перед промышленными предприятиями, является выход их продукции на зарубежный рынок. Современные предприятия, активно конкурирующие не только на отечественном, но и зарубежном рын-

ках, вынуждены находиться в состоянии постоянного проектирования новых продуктов. Оптимальной является работа на опережение, т.е. если предприятие будет проектировать продукцию на основе существующего спроса, то до стадии промышленного производства дойдет морально устаревший продукт. В условиях жестких ограничений по срокам и затра-

там на разработку нового изделия, а также высоких требований к качеству выпускаемой техники важную роль играет процесс экспериментальных исследований и доводки опытных образцов новых или модернизируемых изделий.

При доводке опытного образца необходимо обеспечить не только требуемое функционирование каждого из его узлов, но и их взаимодействие в составе изделия. Высокая трудоемкость процесса доводки объясняется во многих случаях необходимостью многократного повторения этапов работ (измерение, диагностика, настройка, доработка) при доводке узлов нового (модернизируемого) изделия. Снижение затрат на доводку машин возможно за счет использования современных методов и средств диагностики, поскольку от качества ее проведения зависит количество итераций всего цикла процесса доводки.

Одним из основных условий достижения высокой экономичности эффективности используемых средств диагностики является качественное выявление диагностической информации. Анализ источников [1-4] показывает, что большинство современных методов диагностики технического состояния машин и механического вращающегося оборудования базируется на обработке и анализе их вибрационных параметров. Широкое распространение методов вибродиагностики обусловлено их высокой эффективностью в оценке состояния машин и возможностью прогнозировать возникновение отказов. В последние годы практическое внедрение достижений этого направления дает настолько хорошие экономические результаты, что стало в развитых странах естественной частью деятельности каждого современного предприятия [5]. Качество проведения вибрационной диагностики определяется применяемыми методами и техническими средствами. Зачастую для этих целей требуется закупка дорогостоящего специализированного диагностического оборудования. Далеко не все предприятия имеют возможность своевременного обновления оборудования. В настоящее время на предприятиях промышленности широко применяются пьезоэлектрические акселерометры. Это обусловлено их высокими метрологическими свойствами и высокой надежностью, сравнительно низкой стоимостью, а также наличием большого опыта работы с пьезодатчиками у инженерно-технического персонала заводов и предприятий.

Таким образом, целью настоящей работы является повышение эффективности применения имеющегося диагностического оборудования за счет модернизации его алгоритмического обеспечения.

Основная часть

Качество диагностики у конкретного вида машин или оборудования существенно зависит от методов получения вибрационного сигнала и его первичной обработки еще до выявления диагностических признаков. Поэтому, используя спектральные методы вибродиагностики можно с высокой точностью выявить дефект, но не всегда этого достаточно для вы-

работки рекомендаций по его устранению. Достаточно высокой информативностью обладают графоаналитические методы диагностики на основе анализа траекторий движения измерительных точек, фазовых портретов (траекторий колебаний), вибропортретов, годограмм [1, 6-9]. Графоаналитические методы позволяют диагностировать дисбаланс, несоосность валов, потерю жесткости опор и прочее. Применение данных методов предполагает наличие информации об амплитуде виброперемещения (виброскорости или виброускорения) и его фазовой составляющей. Во многих случаях при исследовании динамики объекта удобно использовать виброперемещение, для измерения которого используют соответствующие датчики (например, оптические). На практике для решения ряда задач диагностики с помощью графоаналитических методов можно использовать акселерометры линейной вибрации, что подтверждено экспериментально на базе Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш».

Разработана методика диагностики, основанная на анализе параметров траектории движения мгновенного центра вращения (МЦВ). По данной методике проведены экспериментальные исследования виброколебаний опор коленчатых валов соломотряса зерноуборочного комбайна КЗС-1218. Исследования проводились с целью определения допустимых отклонений от параллельности осей коленвалов, проходящих через центры их опор. Непараллельность коленвалов приводит к возникновению поперечных колебаний соломотряса, что требует выработки решений по необходимому повышению точности изготовления ответственных элементов. В общем виде процесс диагностики можно представить, как показано на рисунке 1.

Диагностика соломотряса проводилась следующим образом.

В двух точках на каждой боковине очистки комбайна (всего 2 пары точек) устанавливались пьезоэлектрические датчики ускорений. Положение датчиков для первой пары точек показано на рисунках 2 и 3. Для синхронизации каналов записан сигнал с дополнительно установленного датчика. Частота вращения коленвалов соломотряса составила 190-195 об/мин.

Проведены измерения ускорений в горизонтально-продольном (X), горизонтально-поперечном (Y) и вертикальном (Z) направлениях в четырех точках. Запись виброускорений велась в режиме реального времени в двух точках на каждой боковине очистки комбайна (всего 4 точки) в продольном, поперечном и вертикальном направлении. При этом информация записывалась одновременно по 6 каналам: в 2-х точках на одной боковине (с направлением по X , Y и Z) и в 2-х точках на второй боковине. Временные диаграммы выходных сигналов датчиков представлены на рисунках 4-6.

Из теоремы Эйлера следует, что произвольное движение закрепленного в точке твердого тела в каждый момент времени может быть представлено как движение некоторой точки и вращение тела с

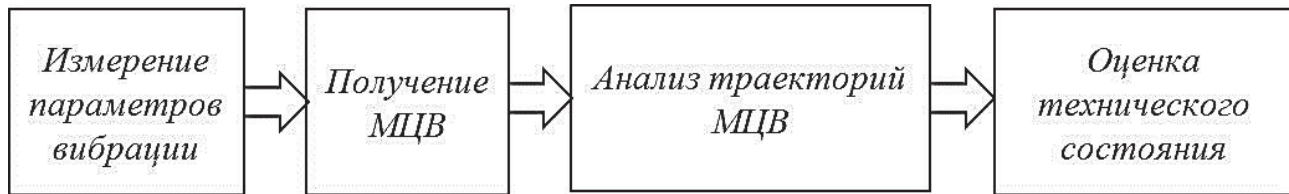


Рис. 1. Общий вид вибродиагностики объекта по МЦВ



Рис. 2. Датчики, установленные в точке 1, для измерения ускорения в направлениях Ox , Oy и Oz соответственно

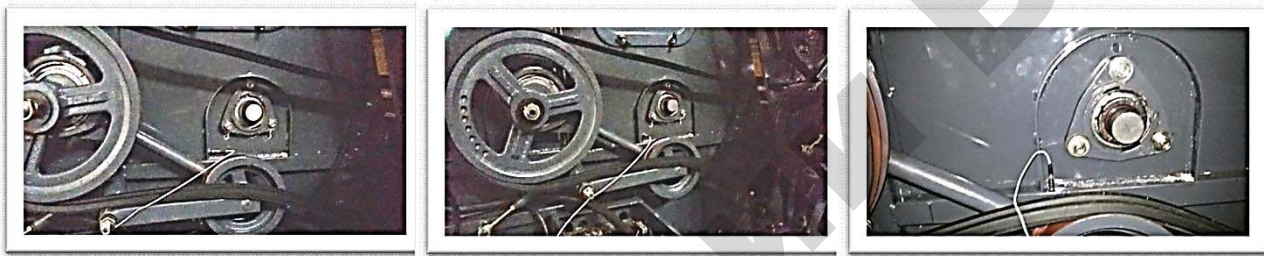


Рис. 3. Датчики, установленные в точке 2 для измерения ускорения в направлениях Ox , Oy и Oz соответственно

мгновенной угловой скоростью, проходящее через эту точку [10]. Это означает, что произвольное движение твердого тела, закрепленного в некоторой точке, в каждый момент времени можно описать через угловые перемещения. Для этого произведен пересчет ускорений в перемещения, и для каждого момента времени были рассчитаны угловые колебания ψ в точках установки датчиков в соответствии с выражениями:

в плоскости XOY

$$\psi_{XOY} = \arctg \left(\frac{\Delta x_A - \Delta x_B}{l - \Delta y_A - \Delta y_B} \right); \quad (1)$$

в плоскости XOZ

$$\psi_{XOZ} = \arctg \left(\frac{\Delta z_A - \Delta z_B}{\Delta x_A - \Delta x_B} \right), \quad (2)$$

где l – расстояние между точками измерений, м; $\Delta x_A, \Delta x_B, \Delta y_A, \Delta y_B, \Delta z_A, \Delta z_B$ – рассчитанные амплитуды линейных перемещений по сигналам датчиков, закрепленных в точках A и B соответственно, м (рис. 7).

После чего произведен расчет положений проекций мгновенного центра вращения в плоскостях относительно точек измерения в соответствии с выра-

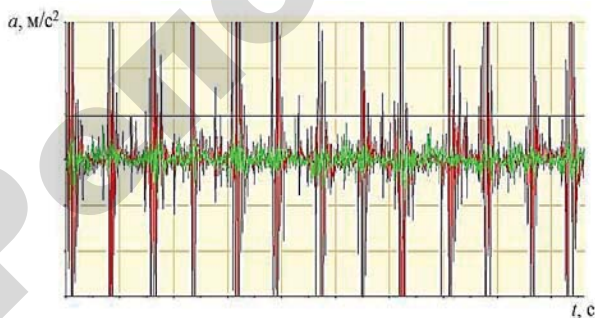


Рис. 4. Выходные сигналы датчиков 1, 2 в направлении X

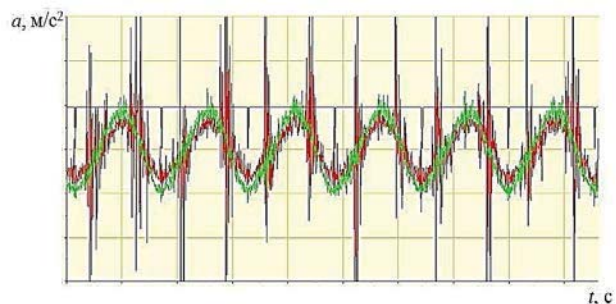


Рис. 5. Выходные сигналы датчиков 1, 2 в направлении Y

жениями (приведены для датчиков, установленных в точках A и B):

$$\Delta x_A = r_A \cdot \sin \alpha; \Delta x_B = r_B \cdot \sin \beta;$$

$$\Delta y_A = \frac{r_A^2 + l^2 - r_B^2}{2l}; \Delta y_B = \frac{l^2 + r_B^2 - r_A^2}{2l},$$

где r_A, r_B – радиусы углового перемещения, относительно точек крепления датчиков A и B соответственно, м;

α, β – вспомогательные углы с вершинами в точках крепления датчиков, град.

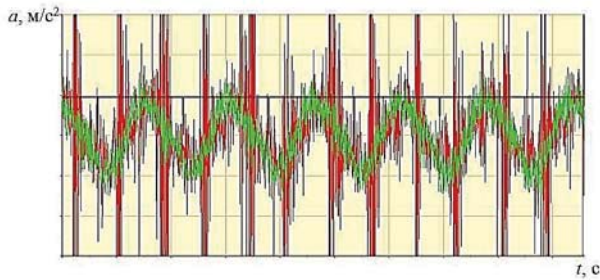


Рис. 6. Выходные сигналы датчиков 1, 2 в направлении Z

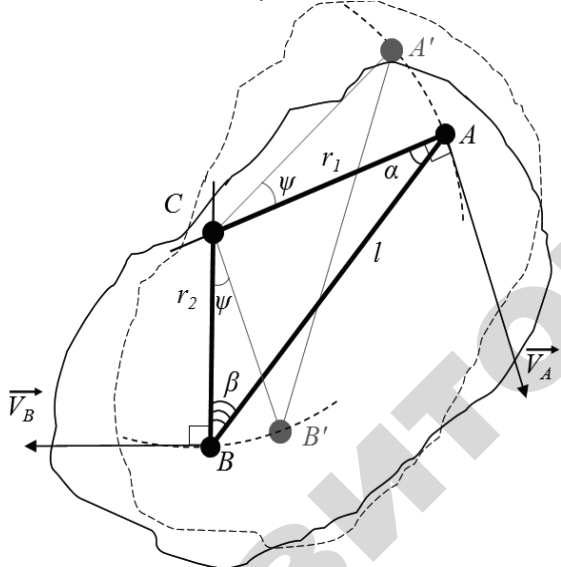


Рис. 7. МЦВ вибрирующего объекта в точке C

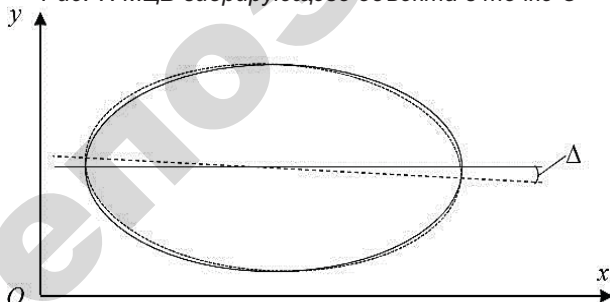


Рис. 8. Динамика положения МЦВ коленчатых валов соломотряса в плоскости XOY

Следует отметить, что снятие данных с датчиков производилось с частотой 10000 Гц. При условии вращения коленвалов с рабочей частотой 180 об/мин,

на каждый их оборот приходится 3222 измерений. Такое количество измерений позволяет получить положение МЦВ за каждые $0,11^\circ$ вращения коленвалов. За одну минуту каждое из 3222 измерений повторяется 180 раз. Эти данные используются для исключения грубой погрешности измерений и оценки действительного значения положения МЦВ.

По рассчитанным значениям МЦВ построены графики динамики его положения в горизонтальной плоскости для обоих коленвалов (рис. 8).

Сравнение положений главных больших осей эллипсов графиков динамики МЦВ позволило выявить отклонение Δ коленвалов от параллельности в горизонтальной плоскости, которое составило $0,5^\circ$.

На основе проведенных экспериментальных исследований соломотряса зерноуборочного комбайна КЗС-1218 определены допустимые отклонения от параллельности коленвалов и их перпендикулярности боковинам, разработаны рекомендации по регулировке его элементов.

Общая основа физических процессов, происходящих при вибрации вращающихся механизмов машин позволяет использовать МЦВ для решения широкого круга задач посредством графоаналитических методов диагностики. Амплитуда разброса точек положения МЦВ относительно некоторого центрального значения, а также форма плоскостной фигуры траектории движения МЦВ и ее параметры могут быть использованы в качестве диагностических признаков для объектов, содержащих вращательное движение.

Применение разработанной методики наиболее актуально для вращающихся деталей машин и механизмов, например, преобразователей синхронной частоты. Они находят широкое применение в составе систем энергообеспечения и выполняют преобразование трехфазного электрического тока промышленной частоты (50 Гц) в трехфазный электрический ток повышенной частоты 200 (400) Гц при синхронной частоте вращения. Причем, данный агрегат используется в составе как стационарных, так и автономных систем электропитания различного высокочастотного оборудования: станков, инструментов, систем контрольно-измерительных приборов и аппаратуры, систем связи и другого оборудования.

Заключение

Таким образом, предложенная методика диагностики позволяет по параметрам траектории МЦВ определить состояние клавишного соломотряса зерноуборочного комбайна. Методика может найти применение при оценке дисбаланса, неуравновешенности опор валов, жесткости опор, вибрационной устойчивости объекта.

Высокая информативность разработанного способа виброизмерений с помощью пьезодатчиков исключает необходимость использования других средств виброизмерений, а также позволяет применять методики диагностики, недоступные ранее. Следует отметить, что методика является унифицированной для всех типов вибродатчиков с дипольным выходным

сигналом и может быть реализована не только с помощью пьезодатчиков.

Поскольку для получения информации о положении МЦВ осуществляется вычисление перемещений путем интегрирования соответствующих ускорений, то методику диагностики целесообразно применять на объектах с высоким уровнем вибраций на низких частотах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинов, А.П. Анализ методов вибродиагностики асинхронных двигателей / А.П. Калинов, О.В. Браташи // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика. – 2012. – № 5. – С. 44-52.

2. Сидоров, В.А. Основные этапы развития и становления вибрационной диагностики / В.А. Сидоров // Вибрационная диагностика. – 2014. – № 1. – С. 64-72.

3. Скворцов, О.Б. Современные тенденции развития стационарных систем контроля вибрации / О.Б. Скворцов // Вибрационная диагностика. – 2006. – № 2. – С. 10-14.

4. Барков, А.В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации: учеб. пос./ А.В. Барков, Н.А. Баркова. – СПб.: СПбГМТУ, 2004. – 156 с.

5. Барков, А.В. Задачи внедрения технологий контроля состояния и диагностики работающих машин / А.В. Барков, Н.А. Баркова // Контроль. Диагностика. – 2009. – № 5. – С. 32-35.

6. Кобяков, И.Б. Трехкомпонентный виброакселерометр для систем вибрационной диагностики технических систем. / И.Б. Кобяков // Контроль. Диагностика. – 2001. – № 10. – С. 17-18.

7. Куменко, А.И. Вибрационные испытания опор турбоагрегата с использованием трехкомпонентных виброакселерометров нового поколения / А.И. Куменко, С.В. Калинин, И.Б. Кобяков // Теплоэнергетика. – 2003. – № 6. – С. 36-43.

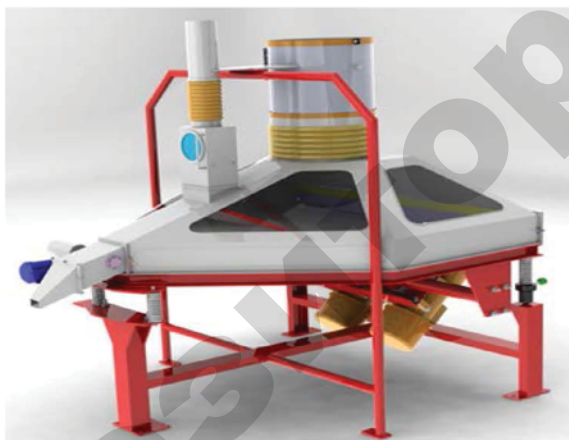
8. Кобяков, И.Б. Проекты, инновации. Российский векторный вибродатчик – мечта зарубежных компаний / И.Б. Кобяков // Вестник научно-технического развития. – 2009. – № 1. – С.16-20.

9. Кобяков, И.Б. Использование векторных виброакселерометров в энергетике / И.Б. Кобяков // Вестник научно-технического развития. – 2008. – № 3. – С.15-20.

10 Яблонский, А.А. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – М.: Интеграл-пресс, 2006. – 608 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.02.2018

Сепаратор вибропневматический



пластин, снижающих потери годного зерна с отходами.

Предназначен для очистки зерновой массы от трудноотделимых примесей на зерноперерабатывающих предприятиях, элеваторах, комбикормовых заводах. Также может быть использован для подготовки семенного материала с целью предотвращения заражения спорыньей зерна будущего урожая на семенных станциях и в фермерских хозяйствах.

Применение в технологических линиях очистки зерна разработанного сепаратора позволит повысить эффективность очистки зерна от трудноотделимых примесей за счет системы периодического вывода фракции примесей, а также комплекта отражающих и отбойных

Основные технические данные

Производительность, т/ч до	6
Коэффициент очистки, % до	95
Площадь ситовой поверхности, м ²	3,16
Диапазон регулировки угла наклона деки, град	2-8
Амплитуда колебаний, мм	2,5-3
Расход воздуха, м ³ /ч	1000
Установленная мощность привода, кВт	2×0,18
Диапазон регулировки частоты вращения электровибраторов, мин ⁻¹	800-1650
Разрежение в рабочей камере, Па	500-700
Габаритные размеры, мм (д ш в)	2240 2100 1960
Масса сепаратора, кг, не более	510