



УДК 630*36

Б.Г. Мартынов, К.Е. Муравьев

Мартынов Борис Григорьевич родился в 1950 г., окончил в 1967 г. Ленинградский институт точной механики и оптики, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 55 научных трудов в области разработок методов и средств технической диагностики машин.



Муравьев Константин Евгеньевич родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Ленинградский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации тракторов, автомобилей и машин сельскохозяйственного назначения С.-Петербургского государственного аграрного университета. Основное направление научной деятельности – диагностика автотракторных двигателей и сельскохозяйственной техники.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН ПО ПАРАМЕТРАМ ИХ ВИБРАЦИИ

Разработан прибор, с помощью которого можно определять общее техническое состояние двигателей лесных машин.

Ключевые слова: неуравновешенность, дисбаланс, амплитуда, фаза, вибрация, двигатель.

Источниками вибрации являются неуравновешенность вращающихся деталей, силы инерции, перекладка поршней цилиндропоршневой группы, удары клапанов и т.п. [1]

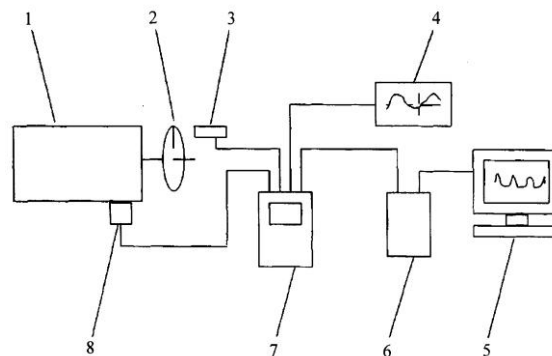
Остаточная неуравновешенность (дисбаланс) вращающихся масс дизеля – опасный источник колебаний силового агрегата трактора. В результате происходит ослабление резьбовых соединений, усиливается износ деталей. Интенсивно изнашиваются соединения узлов и деталей, снижаются надежность и производительность машин, на 20 ... 30 % сокращается ресурс двигателя. С увеличением численного значения дисбаланса частота отказов трактора возрастает в 2–4 раза, скорость изнашивания коренных шеек коленчатого вала – на 44 %, коренных подшипников – на 23 %, шатунных подшипников – более чем в 2 раза. В процессе эксплуатации численное значение дисбаланса двигателей увеличивается в 2–4 раза. На преодоление не-

уравновешенных сил тратится 10 ... 12 % эффективной мощности двигателя, расход топлива увеличивается на 10 ... 15 % [2].

Для определения амплитудных и фазовых параметров вибрации двигателей был разработан и изготовлен индикатор КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ [2], измеряющий частоту вращения двигателя внутреннего сгорания, амплитуду ускорений виброколебаний, угол положения «легкого места» на маховике и позволяющий проводить балансировку без демонтажа и измерять общий уровень вибрации объекта диагностирования. Прибор автоматически подстраивается под частоту вращения вала двигателя, имеет полосовой частотный фильтр, универсальный канал измерения частоты вращения, отличается повышенной точностью контроля фазы дисбаланса и портативностью. С его помощью можно осуществлять контроль величины и фазы дисбаланса механизмов, используемых в различных отраслях.

Дисбаланс оценивают по величине статического момента относительно оси вращения неуравновешенных масс. Вертикальная составляющая центробежной силы, вызванной дисбалансом, обуславливает динамическую нагрузку на опоры вращающихся валов и является источником диагностического вибросигнала. На выходе виброизмерительного датчика-акселерометра 8 (см. рисунок), установленного на нижней плоскости картера сцепления вблизи задней опоры коленчатого вала и в плоскости вращения маховика, появляется электрический сигнал, амплитуда которого зависит от величины неуравновешенных масс.

Зависимость амплитуды диагностического сигнала от дисбаланса можно представить в следующем виде:



Блок-схема обработки диагностического сигнала: 1 – двигатель (или роторный механизм); 2 – шкив коленчатого вала двигателя (или роторного механизма) с опорной отметкой; 3 – оптронный датчик синхронизации; 4 – осциллограф; 5 – монитор компьютера; 6 – АЦП; 7 – индикатор КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ; 8 – измерительный вибропреобразователь-акселерометр

$$A = K_d K_n C D, \quad (1)$$

где A – амплитуда диагностического сигнала, мВ;

K_d – коэффициент преобразования датчика;

K_n – коэффициент преобразования измерительной цепи;

C – коэффициент, отражающий характеристики колебательной системы и зависящий от частоты вращения коленчатого вала;

D – дисбаланс,

$$D = m_n e; \quad (2)$$

m_n – неуравновешенная масса, г;

e – смещение неуравновешенной массы от оси вращения, мм.

Для получения параметров дисбаланса двигателя или роторного механизма необходимо иметь два первичных преобразователя (датчика): измерительный вибропреобразователь-акселерометр 8 и оптронный датчик синхронизации 3. Электрический сигнал вибропреобразователя поступает на вход прибора (индикатора) 7, который обеспечивает фильтрацию сигнала, зависящую от частоты вращения вала двигателя (или ротора). Так как частота вращения коленчатого вала не является строго постоянной величиной, то это может внести большую погрешность в измерение фазы диагностического сигнала. Поэтому в схеме прибора предусмотрена установка блока управления фильтром 3, который автоматически его подстраивает с помощью синхроимпульсов, получаемых с датчика синхронизации. Это обеспечивает измерение частоты вращения коленчатого вала двигателя (или ротора), амплитуды и фазы диагностического сигнала. Их числовые значения отображаются на цифровом индикаторе прибора. Параметры дисбаланса определяют по измеренным амплитуде A и фазе минимального или максимального значения диагностического сигнала α_{\min} , α_{\max} , получаемого на выходе перестраиваемого фильтра; расположение неуравновешенной массы m_n – по α_{\max} ; место установки корректирующего груза – по α_{\min} .

Дисбаланс в плоскости маховика уменьшают с помощью постановки специальных корректирующих грузов на болты крепления опорного диска муфты сцепления к маховику. Массу корректирующего груза m_k (в граммах) определяют по формуле

$$m_k = cA, \quad (3)$$

где c – масштабный коэффициент;

A – значение амплитуды диагностического сигнала.

Угол установки корректирующего груза α_k находят по фазе диагностического сигнала:

$$\alpha_k = \alpha_{\min}^n + \alpha_1, \quad (4)$$

где α_{\min}^n – угол установки корректирующего груза по показаниям индикатора дисбаланса, град п.к.в.;

α_1 – поправка на сдвиг для значений фазы сигнала по показаниям индикатора дисбаланса относительно истинных значений (для двигателей различных марок значения поправок разные; для Д-240 и СМД-14 БН имеем $\alpha_1 = 35$).

Узлы и механизмы тракторов и автомобилей являются источником вибрации. В процессе эксплуатации зазоры в сопряжениях увеличиваются, что влечет за собой увеличение ударных нагрузок и повышение уровня вибрации. Поэтому состояние отдельных узлов и деталей (износ, зазор, разрегулировка и др.) можно оценивать по общему уровню вибрации. Для этого

определяют значение общего уровня вибрации, который сравнивают с номинальными и допускаемыми значениями и делают заключение о техническом состоянии механизма в целом. Но общий уровень вибрации не характеризует техническое состояние конкретного узла или соединения, поэтому возникает необходимость обработки диагностического сигнала с выделением информативных компонент, подавлением помех, нормированием сигналов и т.д. [1]. Вибросигнал представляет собой смесь сигналов различных частот. Сигналу определенной частоты соответствует конкретное значение его амплитуды. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) показывает изменение (или зависимость) амплитуды диагностического вибросигнала от его частоты. Измеряя АЧХ диагностируемого объекта на различных режимах его работы (скоростной, нагрузочный, температурный и т.д.) с различными значениями структурных параметров (износ, разрегулировка, зазор и др.) можно выявить, на какой частоте вибрационный сигнал наиболее полно характеризует (или отражает) изменение технического состояния данного механизма, узла. Данный отфильтрованный вибросигнал может быть принят за диагностический при оценке технического состояния объекта вибрационным методом.

При автономной работе индикатор КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ с помощью специальных электронных устройств, амплитудных и фазовых детекторов позволяет получать диагностический сигнал в узкой полосе частот. В общем случае узкополосный процесс при достаточно широких предположениях может быть представлен в следующем виде:

$$x(t) = V_x(t) \cos [\omega_0 t + \varphi_x(t)], \quad (5)$$

где $V_x(t)$ и $\varphi_x(t)$ – огибающая и фаза процесса $x(t)$, медленно изменяющиеся по сравнению с $\cos \omega_0 t$;

ω_0 – средняя частота сосредоточения энергетического спектра $G_x(\omega)$.

Приборная реализация фильтрации диагностического сигнала затрудняет автоматизацию процесса диагностирования большого числа различных источников вибрации двигателя и других сложных механизмов. Более полную возможность анализа диагностического вибросигнала может дать его компьютерная обработка с использованием необходимого пакета прикладных программ. В данном случае (см. рисунок) первичный диагностический сигнал с индикатора КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ поступает на АЦП и далее на компьютер. Вся информация по диагностическому сигналу и его обработке выводится на монитор 5.

Использование компьютерных технологий позволит автоматизировать процесс диагностирования, оперативно получать и обрабатывать исходную информацию при дальнейших научных исследованиях, создавать необходимые базы данных и разрабатывать технологию своевременного и качественного определения по вибропараметрам технического состояния двигателей, механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике. Справочник: В 6-ти т. – Т. 5: Измерения и испытания / под ред. М.Д. Генкина. – М.: Машиностроение, 1981. – 496 с.

2. *Муравьев К.Е.* Определение параметров дисбаланса и общего уровня вибрации двигателей и роторных механизмов. Общее устройство индикатора КИ-28062-ГОСНИТИ-СПбГАУ модернизированного, инструкция по использованию и технология диагностирования / К.Е. Муравьев, А.В. Волжанкин, Д.В. Бугусов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей: сб. науч. ст. – СПб., 1999. – С. 117–129.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

С.-Петербургский государственный
аграрный университет

Поступила 2.09.03

B.G. Martynov, K.E. Muravjev

**Determination of Technical State of Forest Machine Engines
According to Vibration Parameters**

The device has been developed allowing to determine the general technical state of the forest machines engines.
