

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВИБРОСИГНАЛА
ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**ПРИЛЕПСКИЙ Ю. В.¹, ЦЕЛУЙКО Л. В.²,
СТАРОДУБЦЕВА Е. И.¹, ГУРТОВЕНКО А. И.¹**

**¹(Автономная некоммерческая образовательная организация
высшего образования «Донецкая академия транспорта»;
г. Донецк, Российская Федерация)**

**²(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донбасская национальная академия строительства
и архитектуры»); г. Макеевка, Российская Федерация)**

За счет схематических решений представлена наиболее приемлемая форма вибросигнала, которую можно оперативно регистрировать и обрабатывать. Исследованиями показана возможность разделения сигнала по частотным каналам с помощью аналоговых схематических решений, что существенно ускоряет процесс обработки вибросигнала.

Ключевые слова: *виброанализ, вибродатчик, средство автотранспортное, двигатель внутреннего сгорания, форма вибросигнала, фильтр частотный.*

Транспорт, в том числе, автомобильный – одна из самых важных базовых отраслей экономики страны, которая обеспечивает ее внутренние и внешние транспортно-экономические связи и потребности населения в перевозках. Для бесперебойной работы транспорта очень важным является поддержание подвижного состава в исправном состоянии, чему в значительной степени способствует качественная диагностика узлов и агрегатов автомобиля. В полной мере это касается поршневых двигателей внутреннего сгорания, которые сами являются источниками упругих колебаний, инициируемых процессами в цилиндро-поршневой группе.

Целью данной работы является проанализировать форму вибросигнала и предложить схематическое решение для ее изменения с целью упрощения цифровой обработки.

В качестве вибродатчика [1] использовали акселерометр 18.3855, широко используемый в автомобилестроении в качестве датчика детонации. Внешний вид датчика представлен на рисунке 1.

Регистрацию вибросигнала осуществляли на работающем бензиновом четырехтактном поршневом двигателе внутреннего сгорания GM20E № 0203957 с порядком работы цилиндров: 1-3-4-2 (рисунок 2). Вибродатчик закреплялся на головке блока цилиндров возле первого цилиндра.



Рисунок 1. – Внешний вид датчика 18.3855 (а) с переходником под разъем CP-50 (б)



Рисунок 2. – Закрепление вибродатчика 18.3855 на ДВС GM20E

Для записи вибросигнала использовали двухканальный цифровой USB осциллограф VDS1022I.

Записи осциллограмм осуществляли при частотах вращения коленчатого вала ДВС 980, 2000, 3000 и 4000 об/мин без нагрузки. Записанные вибросигналы представлены на рисунке 3.

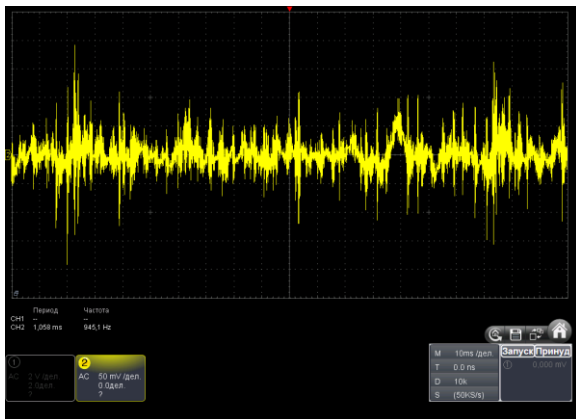
Как следует из приведенных осциллограмм, в общем сигнале на всех частотах вращения коленчатого вала четко выявляются две составляющие: низкочастотная от колебаний двигателя внутреннего сгорания на упругих опорах и высокочастотная составляющая, которая отображает процессы, происходящие в цилиндрах ДВС. Для анализа обоих процессов их с помощью программного обеспечения разделяли на низкочастотную составляющую и высокочастотную составляющую. Такой подход приемлем только на стадии исследования процесса и абсолютно непригоден в процессе диагностики ДВС и его управления из-за длительности и трудоемкости.

В ходе анализа высокочастотной составляющей вибросигнала определяли:

- стабильность амплитуды вибросигнала (от 1-го цилиндра);

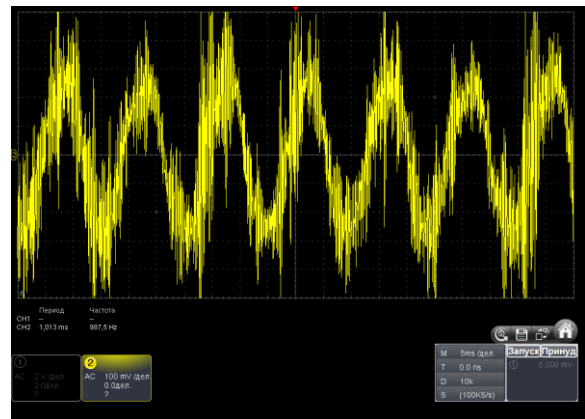
- влияние частоты вращения коленчатого вала на амплитуду вибросигнала (от 1-го цилиндра);
- влияние удаленности цилиндра от вибродатчика на амплитуду вибросигнала.

Среднее значение амплитуды вибросигнала от 1-го цилиндра в 10 последовательных циклах на частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин. составило 3,088 В при среднеквадратическом отклонении 0,0697 В.



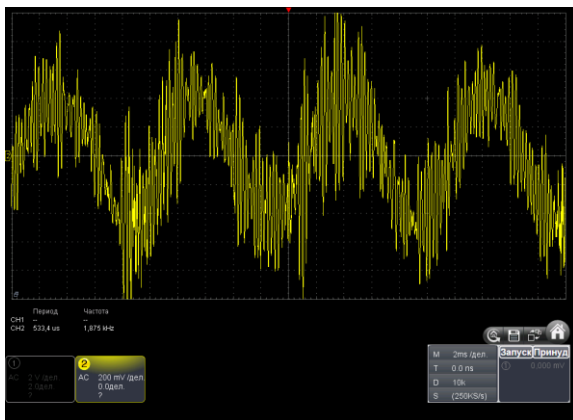
500 мВ/дел.; 10 мс/дел.

a



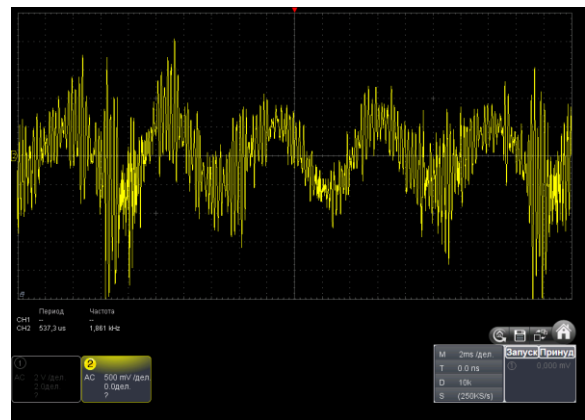
1 В/дел.; 5 мс/дел.

б



2 В/дел.; 2 мс/дел.

в



5 В/дел.; 2 мс/дел.

г

a – 980 об/мин; *б* – 2000 об/мин; *в* – 3000 об/мин; *г* – 4000 об/мин

Рисунок 3. – Осциллограммы вибросигналов от ДВС GM20E

После обработки высокочастотной составляющей составлявшей получена зависимость амплитуды вибросигнала от 1-го цилиндра от частоты вращения коленчатого вала:

$$\text{ЭДС} = 1,4217 \cdot e^{0,0009n}, \quad (1)$$

где n – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

Влияние удаленности цилиндра на амплитуду вибросигнала на частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин. представлено зависимостью:

$$\text{ЭДС} = 4,2283 \cdot e^{-0,323N}, \quad (2)$$

где N – номер цилиндра по удаленности от вибродатчика.

Вместе с тем, такой методический подход к анализу вибросигнала крайне затруднителен и длителен, что неприемлемо для оперативного контроля состояния ДВС бортовой системой или при стендовых испытаниях. Для оперативности диагностики желательно иметь форму осциллограммы вибросигнала, приближенную к изображенной на рисунке 4.

Для обеспечения показанной формы изменения амплитуды вибросигнала во времени предлагается следующее схематическое решение (рисунок 5).

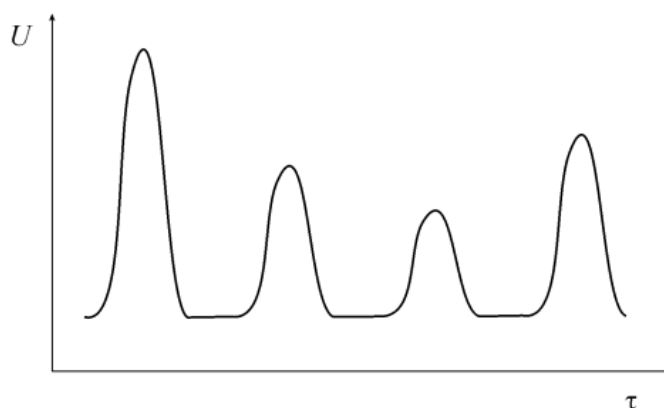
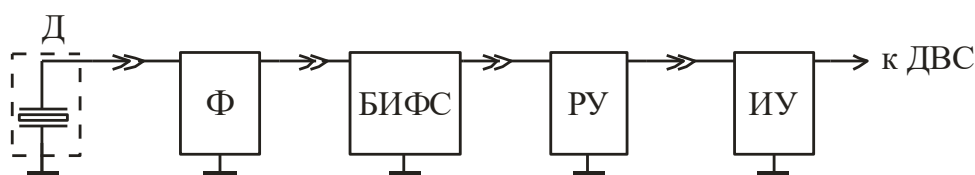


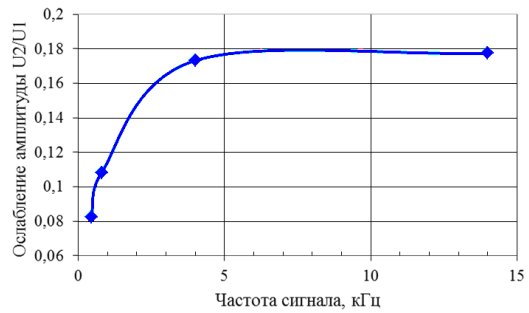
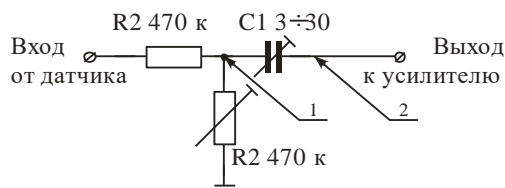
Рисунок 4. – Предпочтительная форма осциллограммы вибросигнала



Д – вибродатчик (пьезоэлектрический акселерометр); Ф – частотный фильтр сигнала вибродатчика; БИФС – блок изменения формы сигнала; РУ – решающее устройство; ИУ – исполнительное устройство

Рисунок 5. – Блок-схема устройства обработки вибросигнала

В качестве частотного фильтра сигнала вибродатчика предложен RC фильтр, принципиальная схема и полученная характеристика которого показана на рисунке 6.



a

б

Рисунок 6. – Принципиальная схема (а) и полученная характеристика (б) частотного RC фильтра

Выводы:

1. Показана возможность применения метода вибродиагностики для контроля качества работы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
2. Поскольку на осциллограммах вибросигнала наблюдалось наложение сигналов от процессов в цилиндрах (высокочастотный сигнал) и от раскачки ДВС на упругих опорах, в работе предложена блок-схема обработки сигнала и предложена и опробована принципиальная схема RC фильтра для выделения высокочастотной составляющей.
3. Наличие бортовой системы вибродиагностики позволит существенно дополнить информативность технического состояния ДВС и прогнозировать его на последующие периоды, что снизит затраты на обслуживание и ремонты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Борисенко А.Н. Современные информационно–измерительные системы вибродиагностики ДВС [Текст] / А.Н. Борисенко, П.С. Обод, О.В. Лавриненко // Вестник ХПИ (г.Харьков). – 2010. – № 39. – С. 132–137.