

ЦИФРОВИЙ ОБРОБІТОК ВІБРОСИГНАЛА ДИЗЕЛЯ ТА МОДЕЛЬ ВІРТУАЛЬНОГО ПРИЛАДУ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

**О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, кандидати технічних наук
e-mail: lyginu@mail.ru**

Анотація. Викладена методологія побудови віртуальних приладів і обґрунтовано сучасні вимоги, які до них висувуються. Розроблений віртуальний прилад для введення, генерації, моделювання, та цифрового обробітку віброакустичних сигналів при вібродіагностиці дизелів. Розроблена система є уніфікованою і може бути використана для розширення та використання в інших галузях.

Одним з напрямків у розвитку мобільних діагностичних комплексів для оцінки стану ДВЗ є оперативність збору та достовірність інформації, а також зниження вартості апаратного обладнання та програмного забезпечення. Проблемою ж застосування методів вібраційного аналізу полягає у відсутності досить простих у використанні та обслуговуванні систем аналізу віброакустичних сигналів. Запропонована в статті система введення і обробки аналогових сигналів призначена для вимірювання і цифрової обробки віброакустичних сигналів при вібродіагностиці.

Технологія віртуальних приладів – це метод, який уже зарекомендував себе для проектування і створення контрольно-вимірювальних систем. Цей унікальний підхід обіцяє величезні можливості для інженерів-проектувальників, яким сьогодні потрібне єдине інструментальне середовище для проектування, тестування і впровадження готових рішень.

Запропонований у статті віртуальний прилад для введення та цифрової обробки вимірювальної інформації для системи вібродіагностики ДВС окрім вібродіагностики можна використати в інших областях науково-виробничої діяльності.

Ключові слова: *вібросигнал, спектр, спектральний аналіз, перетворення Фур'є, віртуальний прилад*

Постановка проблеми. Одним з напрямків у розвитку мобільних діагностичних комплексів для оцінки стану ДВЗ є оперативність збору та достовірність інформації, а також зниження вартості апаратного обладнання та програмного забезпечення.

Проблемою ж застосування методів вібраційного аналізу полягає у відсутності досить простих у використанні та

обслуговуванні систем аналізу віброакустичних сигналів. Запропонована в статті система введення і обробки аналогових сигналів призначена для вимірювання і цифрової обробки віброакустичних сигналів при вібродіагностиці.

Аналіз останніх досліджень. Можливість виявлення несправностей на початкових стадіях їх виникнення при відносно невеликих трудових і матеріальних затратах визначають перспективність діагностування ДВЗ саме за сигналами вібрації [2, 4]. Забезпечення прогнозованої надійності висновків, стосовно стану механізмів і систем, при цьому може бути досягнуто використанням статистичної оцінки відповідності часових частотних фрагментів віброакустичних сигналів та їх відповідності частоті обертання колінчатого валу. Використання сучасних компактних вимірювальних модулів з низькими енергозатратами забезпечує можливість проектування і виготовлення діагностуючих приладів в мобільному виконанні, для встановлення безпосередньо на засіб при проведенні випробувань [1]. Таким чином дослідження, направлені на розробку методики діагностування механізмів і систем, що базується на оцінці віброакустичних сигналів, що формуються в корпусі ДВЗ в процесі роботи, як методу контролю є досить актуальним для сільського господарства.

Мета досліджень. Розробити віртуальний прилад для введення, генерації, моделювання, та цифрового обробітку віброакустичних сигналів при вібродіагностиці дизелів.

Результати досліджень. Одним з методів встановлення відповідності між вектором дефектів на вході механічної системи і вектором діагностичних ознак на виході, є постановка експериментів з використанням справних і дефектних об'єктів діагностування. При цьому, як правило, детально не аналізується внутрішня структура об'єкта діагностування, який зазвичай розглядається як «чорний ящик». Однак, такий підхід вимагає значних витрат часу та матеріальних ресурсів. З метою скорочення обсягу дорогих і тривалих експериментальних досліджень, проводиться діагностичне моделювання дефектів, тобто фізична або діагностична інтерпретація зв'язку простору станів об'єкта з простором діагностичних ознак та встановлюється з допомогою діагностичної моделі об'єкта. Динаміка машини або окремих вузлів математично моделюється на ПК. Складність віброакустичних процесів, які генеруються машинами, відмінність фізичних моделей і методів їх математичному опису на різних ділянках частотного діапазону послужили підставою для поділу його на три піддіапазони частот: низьких (0–200 Гц), середніх (200–1000 Гц) і високих (від 1 до 10–20 кГц). Корисність такого поділу пояснюється тим, що кожному

діапазону властиві свої збурюючі сили, своя фізична модель машини, як коливальної пружної системи [2]. Причинами низькочастотної вібрації служить неврівноваженість роторів, відхилення від співвісності, порушення геометрії вузлів та ін. Динамічна модель машини в області низькочастотних коливань являє собою комбінацію зосереджених мас, пов'язаних один з одним пружними, без інерційними елементами.

Коливання середньо частотного діапазону зазвичай обумовлені наявністю нелінійних елементів в системі, порушенням геометрії кінематичних пар, а також наявністю випадкового збудження, що є результатом впливу технологічних, кінематичних, регулювальних і інших випадкових факторів.

В свою чергу високочастотному діапазону характерні дефекти контактуючих поверхонь зубчастого зачеплення, дефекти тіл і доріжок кочення підшипників тощо, які мають малу віброактивність.

Існуючі методи вібродіагностики полягають не в простому визначенні загального рівня механічних коливань, а в аналізі спектрів вібрації (аналіз як самого спектру, так і його зміну в часі), хвиль коливань, фазових кутів коливань, спектрів огинаючих високочастотної вібрації, тощо. Сукупний аналіз цих параметрів і порівняння з базовими характеристиками, отриманими експериментально чи на основі теоретичних досліджень, дозволяють зробити висновок не тільки про швидкий вихід з ладу агрегату, але і вказують на тип неполадки, що дає важливу інформацію для вірної підготовки і проведення ремонтних робіт.

Вібрації корпусу ДВЗ мають складний характер, обумовлений імпульсним збудженням і багатоканальним поширенням коливань, а також наявністю неконтрольованого «шуму». Тому при віброакустичному діагностуванні ДВС складним завданням є поділ сигналів і виділення сигналу від з'єднання.

Сучасне сьогодні диктує свої нові правила та підходи у виборі засобів для проведення віброакустичних досліджень. Більшість дослідників і установ не мають достатньої матеріальної забезпеченості, щоб придбати дорогий осцилограф чи аналізатор спектру.

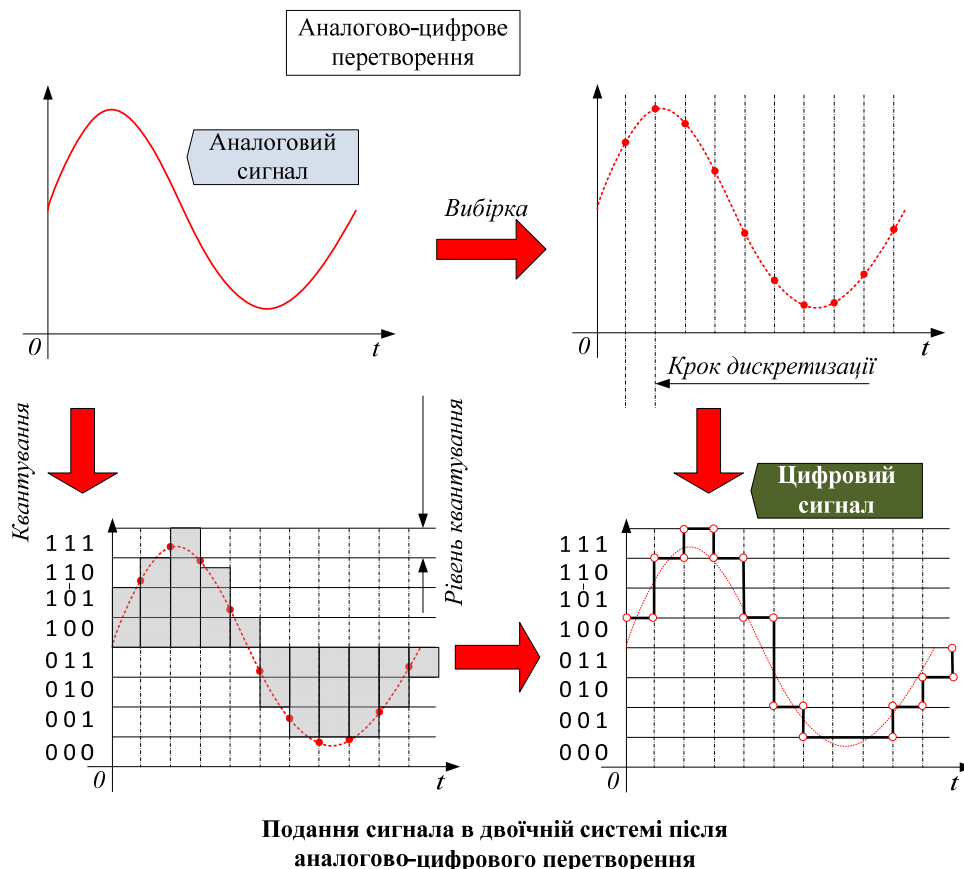
Використання для моделювання процесів відомих систем моделювання типу LabView [6, 7] чи MathLab теж не позбавлено цих недоліків (вартість одного робочого місця LabView на сьогодні становить 1200\$).

Як було сказано вище, у даний час велике поширення при вібродіагностиці ДВЗ отримали саме цифрові методи. Вони засновані (якщо обчислюється оцінка спектральної щільності потужності) на використанні перетворення Фур'є, методів оцінки

авторегресії – спеціальних алгоритмів обчислень, що дозволяють працювати в реальному часі.

У зв'язку з викладеним вище, можна окреслити загальний перелік задач, що повинний вирішувати розроблювальний модуль вводу вимірювальної інформації: знімання параметрів; аналого-цифрове перетворення; накопичування інформації; цифровий обробиток. Таким чином, виникає задача розробки апаратури для вимірювання параметрів вібрації.

Розглянемо цифровий обробиток сигналів (Digital signal processing – DSP) і використання різних приладів для вирішення цих завдань. Цифровий сигнальний процесор (також відомий під аббревіатурою DSP – Digital signal processor) це мікропроцесор, призначений для виконання математичних операцій над потоками оцифрованих сигналів в реальному часі. Для обробки аналогових сигналів необхідно спочатку оцифрувати їх (рис. 1), використовуючи для цього АЦП із вхідними антиаліазинговими фільтрами, а потім направити потік цифрових даних на сигнальний процесор.



(1 0 0), (1 1 0), (1 1 1), (1 1 0), (1 0 0), (0 1 0), (0 0 1), (0 0 1), (0 0 1), (0 1 0), (0 1 1), (1 0 0)

Рис. 1. Перетворення аналогового сигналу в цифровий.

Після виконання необхідних математичних операцій сигнал можна перетворити назад в аналоговий за допомогою цифро-

аналогово перетворювача (ЦАП) та відповідного згладжуючого фільтра. У звичайних готових приладах, наприклад, осцилографах, використовуються спеціалізовані вбудовані розробником DSP-системи обмеженою функціональністю. Однак в якості осцилографа можна використовувати і звичайний комп'ютер з встановленою в нього платою збору даних. У цьому випадку плата оцифровує аналогові сигнали, а функція обробки цифрових даних переноситься на центральний процесор. В основі цього модульного підходу, що відображає концепцію віртуальних приладів (virtual instrumentation), лежить потужне програмне забезпечення, яке можливо адаптувати для використання на звичайнісінькому ПК, щоб реалізувати готовий прилад з необхідною функціональністю. Потужні засоби розробки віртуальних приладів дозволили людям з різними рівнями професійних навичок і знань швидко спроектувати і впровадити закінчені тестові та вимірювальні системи. До недавнього часу на етапах проектування і впровадження інженерам необхідні були специфічні інструменти та багатий професійний досвід.

Історично склалося так, що вимірювальні тестові системи зазвичай складалися з окремих закінчених приладів, таких як осцилографи та генератори сигналів, які володіють обмеженою функціональністю і застосовувалися лише для певного набору завдань вимірювання. Серед цих обмежень можна виділити три основних: 1) неможливість збору даних з необхідною точністю і швидкістю; 2) обмежений набір вбудованих в прилад функцій збору і обробки даних; 3) недостатня візуалізація процесу вимірювань, пов'язана з обмеженими можливостями екрану приладу.

Якщо хоч одне з цих обмежень не вписувалося в технічне завдання проекту, то потрібно використання додаткового приладу, і тому повна вартість системи значним чином зростала. З 80-х років виникла і розвивається нова концепція вимірювань. Її суть полягає в поділі стандартного вимірювального обладнання на дві функціональні частини: апаратну, необхідну для оцифровки сигналів, і програмну – для обробки даних і представлення результатів. Давши користувачеві можливість самому створювати закінчений прилад для його специфічного додатку на базі програмного забезпечення з наданою йому функціональністю, вдалося зняти наведені раніше обмеження. Таким чином народилася концепція віртуальних приладів. Переваги віртуальних приладів перед стандартними аналогічними перевагам цифрової обробки сигналів перед аналоговою. Наприклад, аналогові фільтри, що виготовляються зазвичай з традиційних електронних компонентів, таких як операційні підсилювачі, конденсатори і резистори, володіють обмеженою функціональністю в порівнянні з

цифровими фільтрами, застосовуваними при обробці даних з плаваючою і фіксованою точкою на сигнальних процесорах. Незважаючи на те, що аналогові фільтри дешевше і простіше у виготовленні, їх складно калібрувати і підтримувати.

Зміни в структурі цих фільтрів дуже часто призводять до складнощів у їх використанні на вже наявному обладнанні. Наприклад, якщо знадобиться фільтр більш високого порядку, іншу апаратну частину, швидше за все, теж доведеться переробляти. У цифрових ж фільтрів ця проблема відсутня завдяки тому, що їх функціональність повністю визначається програмним забезпеченням. Це дає можливість створити єдину платформу для широкого кола додатків, реалізовану на одній і тій же апаратній частині. У відповідності з теорією математика Фур'є, звукову хвилю можна представити у вигляді спектра частот, що входять до неї (рис. 1). Сигнал, який описує постійно змінну величину називають аналоговим сигналом, а ступінчасте подання сигналу – дискретним. Дискретизація може проводитись як за часом, так і за значенням величини сигналу. В першому випадку її часто називають виборкою, а у другому квантуванням. Якщо сигнал, який пройшов дискретизацію по часу і по значенню, далі подається у цифровому вигляді то мова йде про аналогово-цифрове перетворення.

Аналоговий сигнал отриманий в результаті такого перетворення за допомогою АЦП перетворюється в числові значення в двоїчній системі числення, тобто у вигляді нулів і одиниць. Однак сучасні комп'ютери уже сьогодні обладнані досить потужними звуковими картами, які і є тим необхідним обладнанням, що потрібне для якісної роботи з вібросигналом. Сучасна звукова карта з частотою дискретизації 96 або навіть 192 кГц дозволяє керувати частотами майже до 100 кГц (частота Найквіста $F_s = 2 \cdot F_{max}$, що далеко за межами звукової частоти).

Ідея використання звукової карти персонального комп'ютера не є новою. Віртуальний вимірювальний комплекс створений на її основі використовує звукову плату як аналого-цифровий (АЦП) і цифро-аналоговий (ЦАП) перетворювачі, дозволяючи оцифрувати аналоговий сигнал і потім якісно його проаналізувати та провести його обробіток.

Це і двопроменевий осцилограф, і аналізатор спектру чи частотомір тощо. На кафедрі технічного сервісу і інженерного менеджменту ім. М. П. Момотенка НУБіП України виходячи з цих міркувань зроблена спроба розробити такий віртуальний прилад для цифрового обробітку сигналів отриманих від звукової плати (рис. 2).

Програма «Віртуальний прилад цифрового обробітку сигналів (DSP)» призначена для захоплення сигналу, що надійшов на вхід

звукової плати комп'ютера, обробки сигналу з використанням алгоритмів ЦОС, і виведення обробленого сигналу через вихід звукової плати. В основу роботи з програмою закладено інтуїтивно-зрозумілий принцип візуального програмування, що дозволяє користувачу без знання мов програмування і алгоритмів ЦОС створювати довільні схеми обробки сигналу, працюючи з візуальними компонентами (обробниками), а розробники програм цифрового обробки сигналів можуть заощадити час на написання і налагодження своїх програм. Існує загальна методика дослідження періодичних негармонійних сигналів, основана на розкладанні сигналів в ряд Фур'є [7].

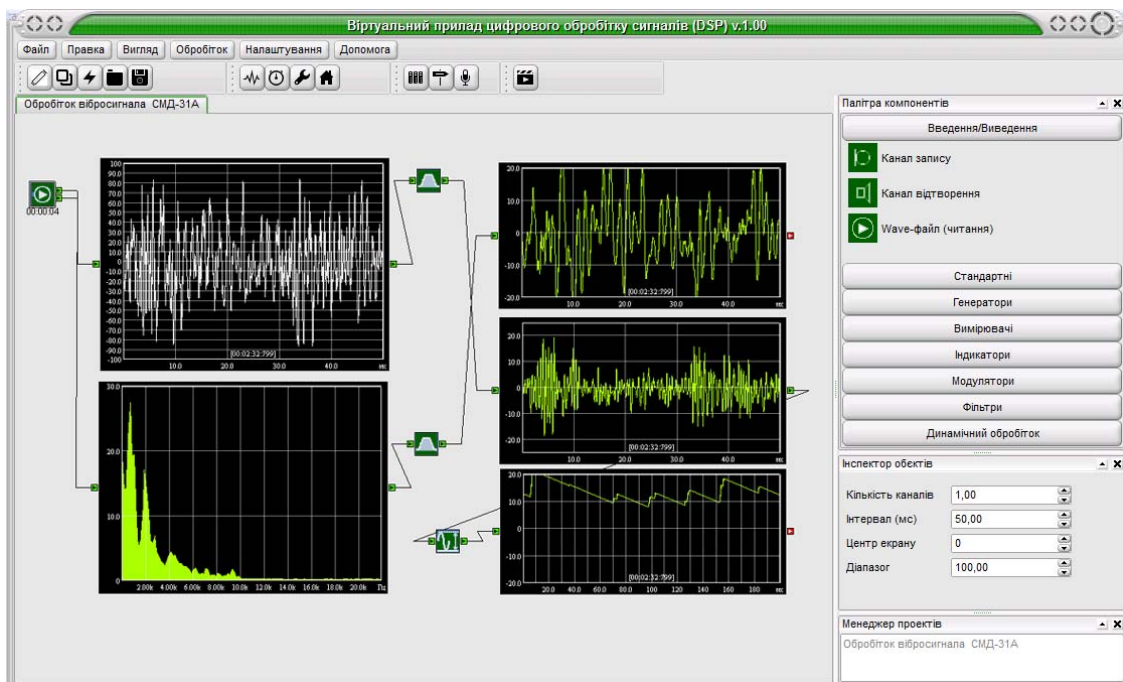


Рис. 2. Головне вікно віртуального приладу ЦОС (DSP).

Дана методика полягає у тому, що завжди можна підібрати ряд гармонійних сигналів з такими амплітудами, частотами і початковими фазами, алгебраїчна сума ординат яких в любий момент часу рівна ординаті досліджуваного не синусоїдального сигналу. Ряд Фур'є записують у вигляді суми нескінченного числа гармонічних складових різних частот.

$$U(t) = U_0 + \text{SUM}(U_m \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \theta)), \quad (1)$$

де: k – номер гармоніки; $k \cdot \omega$ – кутова частота k -ї гармоніки; θ – початкова фаза сигналу; U_0 – нульова гармоніка.

Для виділення спектру віброакустичного сигналу, як правило використовується швидке перетворення Фур'є (ШПФ). В нашому випадку реалізація ШПФ буде наступною (рис. 3). Отримані результати спектральної щільності (рис. 4) можна використати для

подальшого аналізу і обробітку за допомогою цифрових фільтрів, які реалізовані за алгоритмом (рис. 5).

```

// AVal - масив вхідних даних, Nvl - довжина масиву, має бути кратна степені 2.
// FTvl - масив отриманих значень, Nft - довжина масиву, має бути рівна Nvl / 2 чи
менше.
type
TArrayValues = array of Double;
const
TwoPi = 6.283185307179586;
procedure FFT (var AVal, FTvl: TArrayValues; Nvl, Nft: Integer);
var
i, j, n, m, Mmax, Istp: Integer;
Tmpr, Tmpi, Wtmp, Theta, Wpr, Wpi, Wr, Wi: Double;
Tmvl: TArrayValues;
begin
n:= Nvl*2; SetLength(Tmvl, n);
for i:= 0 to Nvl-1 do begin
j:= i*2; Tmvl[j]:= 0; Tmvl[j+1]:= AVal[i];
end;
i:= 1; j:= 1;
while i < n do begin
if j > i then begin
Tmpr:= Tmvl[i]; Tmvl[i]:= Tmvl[j]; Tmvl[j]:= Tmpr;
Tmpr:= Tmvl[j+1]; Tmvl[j+1]:= Tmvl[i+1]; Tmvl[i+1]:= Tmpr;
end;
i:= i + 2; m:= Nvl;
while (m >= 2) and (j > m) do begin
j:= j - m; m:= m div 2;
end;
j:= j + m;
end;
Mmax:= 2;
while n > Mmax do begin
Theta:= -TwoPi/Mmax; Wpi:= Sin(Theta);
Wtmp:= Sin(Theta/2); Wpr:= Wtmp * Wtmp * 2;
Istp:= Mmax*2; Wr:= 1; Wi:= 0; m:= 1;
while m < Mmax do begin
i:= m; m:= m + 2; Tmpr:= Wr; Tmpi:= Wi;
Wr:= Wr - Tmpr * Wpr - Tmpi * Wpi;
Wi:= Wi + Tmpr * Wpi - Tmpi * Wpr;
while i < n do begin
j:= i + Mmax;
Tmpr:= Wr * Tmvl[j] - Wi * Tmvl[j-1];
Tmpi:= Wi * Tmvl[j] + Wr * Tmvl[j-1];
Tmvl[j]:= Tmvl[i] - Tmpr; Tmvl[j-1]:= Tmvl[i-1] - Tmpi;
Tmvl[i]:= Tmvl[i] + Tmpr; Tmvl[i-1]:= Tmvl[i-1] + Tmpi;
i:= i + Istp;
end;
end;
Mmax:= Istp;
end;
for i:= 0 to Nft-1 do begin
j:= i*2; FTvl[i]:= 2*Sqrt(Sqr(Tmvl[j]) + Sqr(Tmvl[j+1]))/Nvl;
end;
SetLength(Tmvl, 0);
end;

```

Рис. 3. Лістинг алгоритму швидкого перетворення Фур'є.

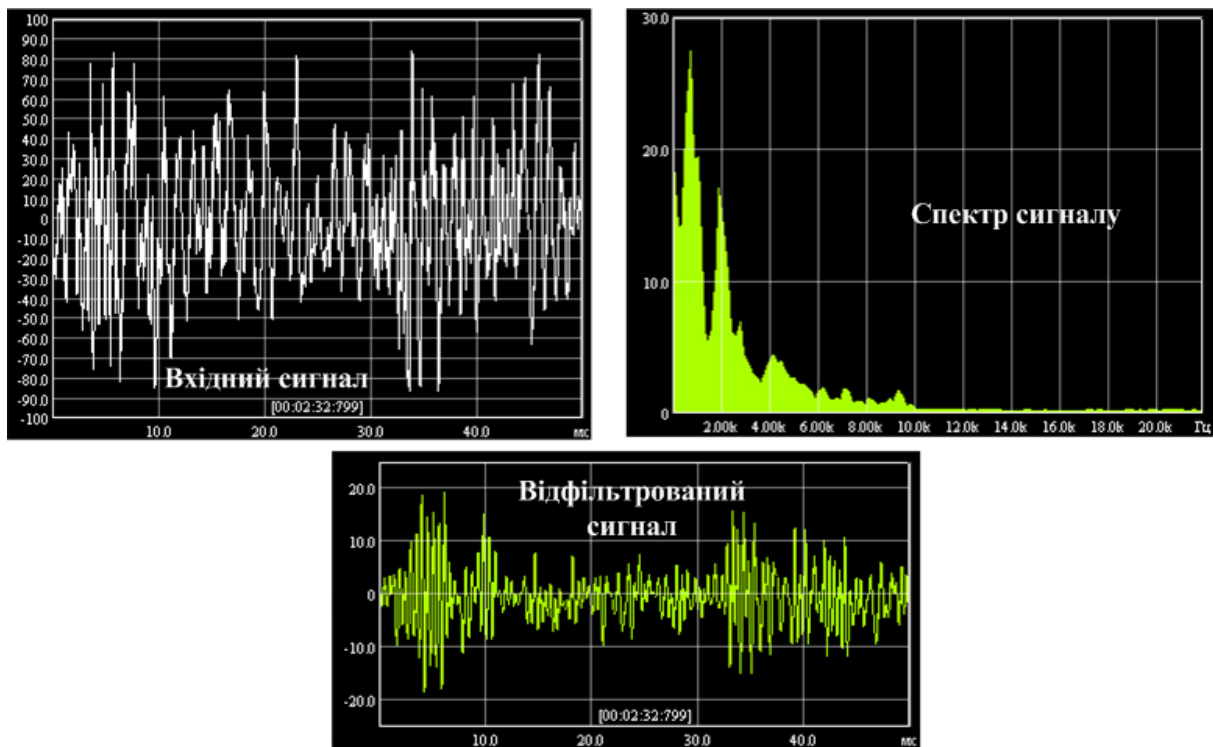


Рис. 4. Реалізація обробки (отримання спектральної щільності, фільтрація).

```

166     Cn[-i]:=Cn[i];
167     end;
168     for i:=1 to MaxM do Dm[-i]:=0;
169 end;
170 procedure TWaveFilter.SetHighPassFilter(Fs : real{частота пропускання});
171     var i : integer;
172         Fd : real;
173 begin
174     Fd:=wmGetSamplesPerSec;
175     Cn[0]:=1-2*Fs/Fd;
176     for i:=1 to MaxN do
177     begin
178         Cn[i]:=-sin(i*2*pi*Fs/Fd)/(i*pi);
179         Cn[-i]:=Cn[i];
180     end;
181     for i:=1 to MaxM do Dm[-i]:=0;
182 end;
183 procedure TWaveFilter.SetBandPassFilter(F1,F2 : real{частота пропускання});
184     var i : integer;
185         Fd : real;
186 begin
187     Fd:=wmGetSamplesPerSec;
188     Cn[0]:=2*(F2-F1)/Fd;
189     for i:=1 to MaxN do
190     begin
191         Cn[i]:=(sin(i*2*pi*F2/Fd)-sin(i*2*pi*F1/Fd))/(i*pi);
192         Cn[-i]:=Cn[i];
193     end;
194     for i:=1 to MaxM do Dm[-i]:=0;
195 end;
196 procedure TWaveFilter.SetBandRejectFilter(F1,F2 : real{частота пропускання});
197     var i : integer;
198         Fd : real;
199 begin

```

Рис. 5. Лістинг реалізації цифрових фільтрів.

- В програмі функціонують і можуть бути використані:
- фільтр нижніх частот (ФНЧ) (LowPass) передає складові в нижньому діапазоні і зменшує складові верхніх частот;
 - фільтр верхніх частот (ФВЧ) (HighPass) передає складові в верхньому діапазоні і зменшує складові нижніх частот;
 - полосові фільтри (ПФ) (BandPass) передають складові, які відповідають певній полосі частот;
 - режекторний фільтр (ЗФ) (BandReject) зменшує амплітуди складових певної полоси (загороджувальний).

Програма не є закінченим продуктом, і її функціонал поступово вдосконалюється і розширяється (оптимізуються алгоритми, створюються нові обробники, виправляються помилки тощо). На поточний момент найбільш головні завдання, які дозволяє вирішити програма, є: візуалізація сигналу (відображення сигналу на графіку в залежності амплітуди від часу); спектральний аналіз (відображення діаграми спектральної щільності); частотна фільтрація сигналу (вплив на сигнал НЧ, ВЧ, смуговими і режекторними фільтрами).

Також у програмі присутні обробники, що дозволяють оцінити рівень сигналу, частоту основної гармоніки, коефіцієнт кореляції 2х сигналів тощо. За допомогою віртуального приладу можна створювати і моделювати різні процеси (рис. 6) використовуючи генератори, суматори, перемножувачі сигналів, тощо.

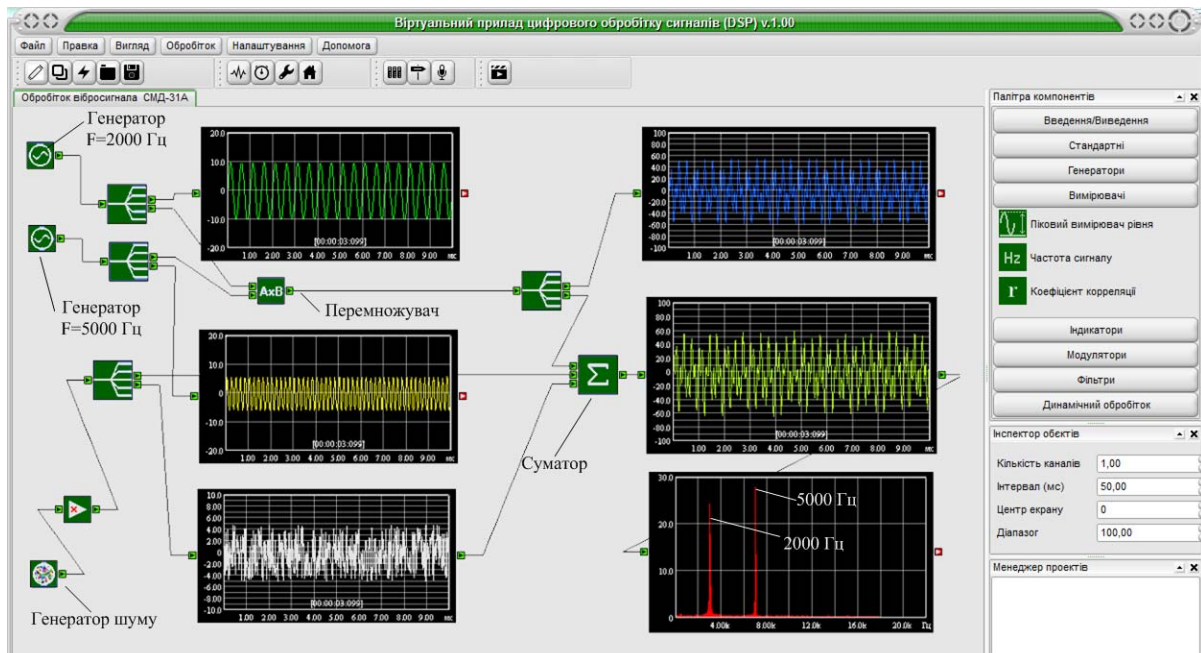


Рис. 6. Моделювання сумарного сигналу з генераторів та їх обробток.

Кожен компонент-обробник має свою власну панель налаштувань параметрів. Крім того за допомогою програми можна

виконувати посилення сигналів, амплітудну модуляцію, поділ спектру на низькі і високі компоненти, встановлювати затримку часу, розрахунок коефіцієнта кореляції двох сигналів, тощо. Серед інших корисних можливостей – зберігання інформації про останні збережені проекти, калібрування сигналу, читання wave-файлів, записаних іншими програмами, зміна кількості каналів у компонентах-обробниках.

Висновки

1. Технологія віртуальних приладів – це метод, який уже зарекомендував себе для проектування і створення контрольно-вимірювальних систем. Цей унікальний підхід обіцяє величезні можливості для інженерів-проектувальників, яким сьогодні потрібне єдине інструментальне середовище для проектування, тестування і впровадження готових рішень.

2. Запропонований у статті віртуальний прилад для введення та цифрової обробки вимірювальної інформації для системи вібродіагностики ДВС окрім вібродіагностики можна використати в інших областях науково-виробничої діяльності.

Список літератури

1. К. Хюммель. Виртуальные приборы и проектирование DSP-систем / К. Хюммель, С. Ширман // Компоненты и технологии №3, 2008.
2. Генкин М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
3. Новиков Ю. В. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC / Ю. В. Новиков, О. А. Калашников, С. Э. Гуляев. – М.: Эком, 2001. – 188 с.
4. Барков А. В. Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова // Труды Петербургского энергетического института повышения квалификации Минтопэнерго и Института вибрации США, Выпуск 9, Санкт-Петербург, 1999 г.
5. Нестеров Ю. И. Виртуальный измерительный комплекс / Ю. И. Нестеров, А. И. Власов, Б. Н. Першин // Датчики и системы. – №4. – 2000. – С. 12–22.
6. Федосов В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов, А. К. Нестеренко. – М., 2007. – 468 с.
7. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MatLab. // А. И. Солонина, С. М. Арбузов. – М.: BVH, 2008. – 816 с.

References

1. Khyummel', K., Shyrman, S. (2008). Vyrtual'nie prybori y proektyrovanye DSP-system [Virtual instrumentation and design of DSP-systems]. Components and technologies, 3, 25.
2. Henkyn, M. D., Sokolova, A. H. (1987). Vybroakustycheskaya dyahnostyka mashyn y mekhanyzmov [Vibroacoustic diagnostics of machines and mechanisms]. M.: Mashinostroenie, 288.
3. Novykov, Yu. V., Kalashnykov, O. A., Hulyaev, S. E. (2001). Razrabotka ustroystv sopryazhenyya dlya personal'noho komp'yutera typu IBM PC [Development of interface devices for a personal computer type IBM PC]. M.: EKOM, 188.

4. Barkov, A. V., Barkov, A. N. (1999). Yntellektual'nie systemi monytorynha y dyahnostyky mashyn po vybratsyy [Intelligent system for monitoring and diagnostics of machines for vibration]. Proceedings of the St. Petersburg energy Institute of advanced training of the Ministry of energy and vibration Institute, USA, Issue 9, St.-Petersburg, 26.
5. Nesterov, Yu. S., Vlasov, A. S., Would. N., Pershin (2000). Vyrtual'niy yzmerytel'niy kompleks [Virtual measuring system]. Sensors and systems, 4, 12–22.
6. Fedosov, V. P., Nesterenko, A. K. (2007). Tsyfrovaya obrabotka syhnalov v LabVIEW [Digital signal processing in LabVIEW]. M., 468.
7. Corned, Beef A. S., Arbuzov, S. M. (2008). Tsyfrovaya obrabotka syhnalov [Digital signal processing. Simulation in MatLab]. M.: BVH, 816.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ВИБРОСИГНАЛА ДИЗЕЛЯ И МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

А. В. Надточий, Л. Л. Тимова

Аннотация. *Изложена методология построения виртуальных приборов и обоснованы современные требования, которые к ним предъявляются. Разработан виртуальный прибор для ввода, генерации, моделирования и цифровой обработки виброакустических сигналов при вибродиагностике дизелей. Разработанная система является унифицированной и может быть использована для расширения и использования в других отраслях.*

Одним из направлений в развитии мобильных диагностических комплексов для оценки состояния ДВС является оперативность сбора и достоверность информации, а также снижение стоимости аппаратного оборудования и программного обеспечения. Проблемой же применения методов вибрационного анализа заключается в отсутствии достаточно простых в использовании и обслуживании систем анализа виброакустических сигналов. Предложенная в статье система ввода и обработки аналоговых сигналов предназначена для измерения и цифровой обработки виброакустических сигналов при вибродиагностике.

Технология виртуальных приборов – это метод, который уже зарекомендовал себя для проектирования и создания контрольно-измерительных систем. Этот уникальный подход сулит огромные возможности для инженеров-проектировщиков, которым сегодня нужно единое инструментальная среда для проектирования, тестирования и внедрения готовых решений.

Предложенный в статье виртуальный прибор для ввода и цифровой обработки измерительной информации для системы вибродиагностики ДВС кроме вибродиагностики можно использовать в других областях научно-производственной деятельности.

Ключевые слова: *вибросигнал, спектр, спектральный анализ, преобразование Фурье, виртуальный прибор*

DIGITAL PROCESSING VIBRATION SIGNALS OF DIESEL ENGINES AND MODEL VIRTUAL DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

O. V. Nadtochiy, L. L. Titova

Abstract. *The methodology of building virtual instruments and based on current requirements that they imposed. Developed virtual instrument for input generation, simulation and digital processing of acoustic signals in the vibration diagnostics of diesel engines. The developed system is standardized and can be used to extend and use in other industries.*

One of the trends in the development of mobile diagnostic systems to assess the state of the internal combustion engine is the efficiency of collection and accuracy of the information, as well as reducing the cost of hardware and software. The problem of application of methods of vibration analysis is the lack of quite simple to use and maintain systems of analysis of vibroacoustic signals. Proposed in the paper input system and analog signal processing is designed for measurement and digital processing of acoustic signals in the vibration diagnostics.

The technology of virtual instrument is a method that has already proven itself to designing and building instrumentation systems. This unique approach promises great opportunities for engineers, who need a single tool environment for the design, testing and implementation of turnkey solutions.

Suggested in paper virtual instrument input and digital processing of measurement information for the system of vibration diagnostics vibration diagnostics of the internal combustion engine also can be used in other fields of scientific and production activities.

Keywords: *vibration spectrum, spectral analysis, Fourier transformation, virtual instrument*

УДК 631.3:614.8

ОЦІНЕННЯ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ ТРАКТОРИСТІВ- МАШИНІСТІВ ПІД ЧАС РЕМОНТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

О. В. Войналович, О. А. Гнатюк, кандидати технічних наук
e-mail: voynalov@bigmir.net

Анотація. *Оцінено професійний ризик трактористів-машиністів під час ремонтування та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки з урахуванням ступеню впливу небезпечних виробничих чинників за критеріями Фусела-Весели та Бірнбаума.*

© О. В. Войналович, О. А. Гнатюк, 2016