



УДК 621.452

ВИДІЛЕННЯ КОРИСНОЇ СКЛАДОВОЇ У ВІБРОСИГНАЛІ ПІДШИПНИКА

Сяосюй Ян, В. С. Чигрин

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Особливість віброакустичної діагностики полягає в тому, що сигнал, що сприймається датчиком вібрації, містить не лише потрібну інформацію, але і масу перешкод, тому необхідно виділити корисний сигнал на тлі перешкод. Для цієї мети використовують фільтрацію, стробування, детектування і інші операції. З цією ж метою точки виміру доцільно вибирати максимально наближеними до потенційних джерел збудження коливань при появі дефекту.

Для виявлення закономірностей у випадкових віброакустичних процесах застосовують різні оператори згладжування випадкових флуктуацій: оператори математичного очікування, поточного середнього, експоненціального згладжування, внаслідок чого отримують згладжену функцію спостережень. Поточне середнє розраховується за формулою:

$$\bar{X}_T = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (1)$$

де x_i – результат i -го спостереження; \bar{X}_T – згладжене значення залежності $x(t)$.

При проведенні досліджень було проаналізовано можливість використання для поліпшення відношення «сигнал/перешкода» медіанної фільтрації вібросигналу.

Медіанні фільтри досить часто застосовуються на практиці як засіб попередньої обробки цифрових даних. Специфічною особливістю фільтрів є явно виражена вибіркковість по відношенню до елементів масиву, які є немонотонною складовою послідовності чисел в межах вікна (апертури) фільтру, і що різко виділяються на тлі сусідніх відліків. В той же час на монотонну складову послідовності медіанний фільтр не діє, залишаючи її без змін. Завдяки цій особливості медіанні фільтри при оптимально вибраній апертурі можуть, наприклад, зберігати без спотворень різкі межі об'єктів, ефективно пригнічуючи некорельовані або слабо корельовані перешкоди і малорозмірні деталі. Ця властивість дозволяє застосовувати медіанну фільтрацію для усунення аномальних значень в масивах даних, зменшення викидів і імпульсних перешкод.

Характерною особливістю медіанного фільтру є його нелінійність. У багатьох випадках застосування медіанного фільтру виявляється ефективнішим в порівнянні з лінійними фільтрами, оскільки процедури лінійної обробки є оптимальними при рівномірному або Гаусовому розподілі перешкод, що в реальних сигналах може бути далеко не завжди. У випадках, коли перепади



значень сигналів великі в порівнянні з дисперсією аддитивного білого шуму, медіанний фільтр дає менше значення середньоквадратичної помилки в порівнянні з оптимальними лінійними фільтрами. Особливо ефективним медіанний фільтр виявляється при очищенні сигналів від імпульсних шумів при обробці віброакустичних сигналів.

Медіанний фільтр є віконним фільтром, що послідовно ковзає по масиву сигналу, і який повертає на кожному кроці один з елементів, що потрапили у вікно (апертуру) фільтру. Вихідний сигнал y_k ковзаючого медіанного фільтру шириною $2n + 1$ для поточного відліку k формується з вхідного тимчасового ряду $\dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}$. відповідно до формули:

$$y_k = \text{med}(x_{k-n}, x_{k-n} + 1, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{k+n} - 1, x_{k+n}), \quad (2)$$

де $\text{med}(x_1, \dots, x_m) = x_{n+1}$, x_m – елементи варіаційного ряду, тобто ранжовані в порядку зростання значень x_m :

$$x_1 = \min(x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}) \leq x(2) \leq x(3) \leq \dots \leq x_{2n+1} = \max(x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}).$$

Таким чином, медіанна фільтрація здійснює заміну значень відліків в центрі апертури медіанним значенням початкових відліків усередині апертури фільтру. На практиці апертура фільтру для спрощення алгоритмів обробки даних, як правило, встановлюється з непарним числом відліків.

Медіанні фільтри при оптимально вибраній апертурі можуть зберігати без спотворень різкі межі об'єктів, пригнічуючи некорельовані і слабо корельовані перешкоди і малорозмірні деталі. За аналогічних умов алгоритми лінійної фільтрації неминуче «змащує» різкі межі і контури об'єктів. На рис. 1 наведений приклад обробки сигналу з імпульсними шумами медіанним і трикутним фільтрами з однаковими розмірами вікна $N = 3$.

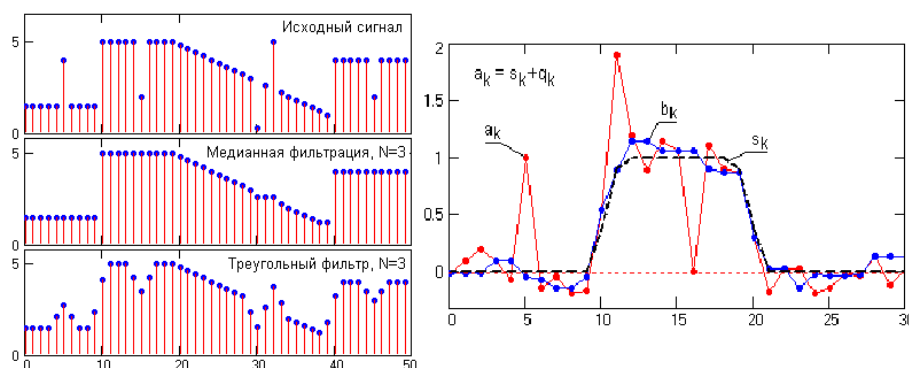


Рис. 1 – Приклад медіанної фільтрації модельного сигналу a_k , складеного з детермінованого сигналу s_k в сумі з випадковим сигналом q_k , що має рівномірний розподіл з поодинокими імпульсними викидами

На рис. 2 приведені 100 с запису зареєстрованого на крейсерському режимі польоту рівня віброшвидкості на передньому корпусі компресора ТРДД, сигналу, згладженого усереднюванням по трьох точках і сигналу, обробленого ковзаючим медіанним фільтром.

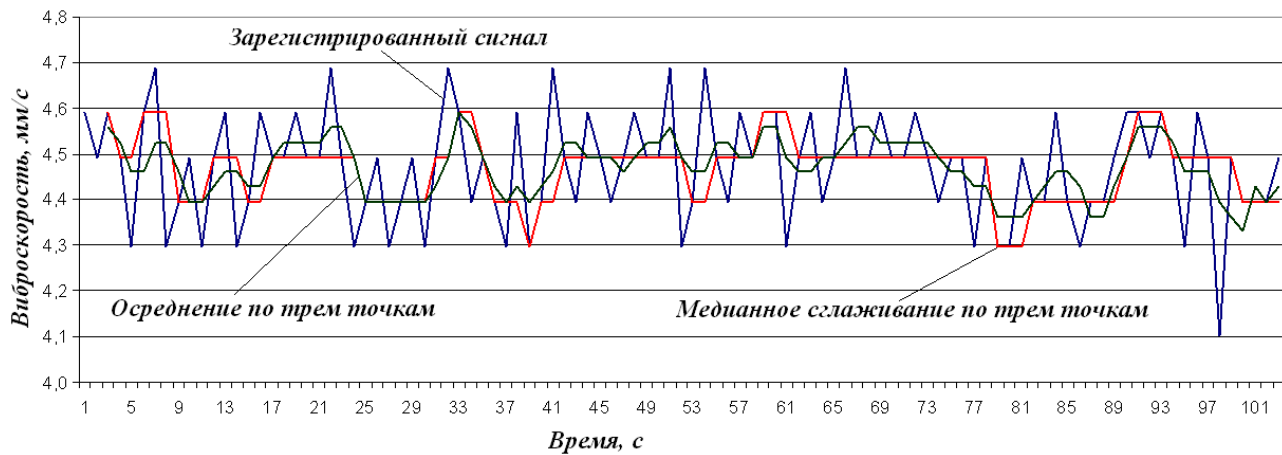


Рис. 2 – Рівні віброшвидкості, що оброблені різними способами

Було також виконано медіанну фільтрацію по п'яти, семи і 21 точкам. За результатами обробки можна зробити наступні висновки:

Достоїнства медіанних фільтрів:

- проста структура фільтру, як для апаратної, так і для програмної реалізації;
- фільтр не змінює ступінчасті і пілоподібні функції;
- фільтр добре пригнічує поодинокі імпульсні перешкоди і випадкові шумові викиди відліків.

Недоліки медіанних фільтрів:

- медіанна фільтрація є нелінійною, оскільки медіана суми двох довільних послідовностей не дорівнює сумі їх медіан, що у ряді випадків може ускладнювати математичний апарат аналізу сигналів;
- фільтр викликає сплюснення вершин трикутних функцій;
- пригнічення білого і Гаусовського шуму менш ефективно, чим у лінійних фільтрів;
- при збільшенні розмірів вікна фільтру відбувається розмиття крутих змін сигналу і стрибків.

Висновок: медіанний фільтр можливо використати для згладжування вібросигналів, проте питання вимагає проведення подальших досліджень.

Перелік використаної літератури

1. Чигрин, В. С. Віброакустика і вібродіагностика газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посіб. / В. С. Чигрин, С. І. Суховій. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2012. – 264 с.