

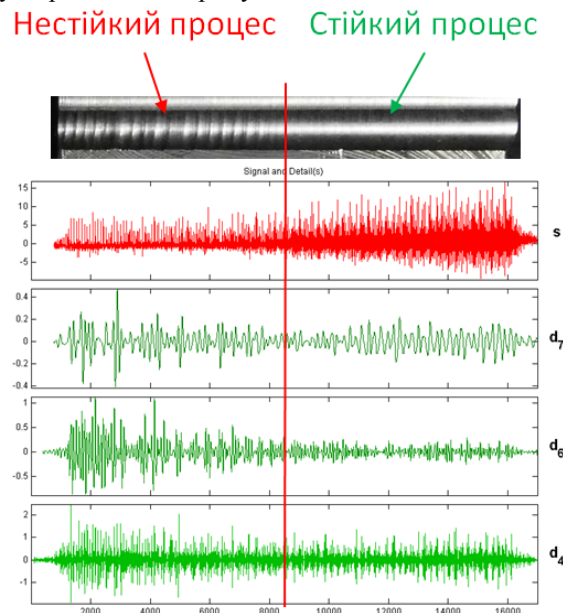
## ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КІНЦЕВИМИ СФЕРИЧНИМИ ФРЕЗАМИ

В сучасному машинобудуванні при виготовленні деталей, які мають просторово-складні поверхні, чистова обробка різанням здійснюється кінцевими сферичними фрезами. Динаміка обробки даним типом фрез є складною, порівняно з обробкою кінцевими фрезами з плоским торцем. Сукупність багатьох факторів, серед яких змінність швидкості різання на різних ділянках різальної кромки, малі радіальна і мерсія зуба фрези в тіло заготовки, малий час контакту зуба фрези зі зрізуваним шаром при високих швидкостях обертання шпинделя та інші, призводять до суттєвої нестаціонарності та нелінійності коливальних процесів, які виникають при різанні. Це, в свою чергу, значно ускладнює їхній аналіз з метою прогнозування таких раціональних режимів обробки, при яких кінцева точність та якість оброблених поверхонь була би найвищою за рахунок забезпечення динамічної стійкості процесу.

Дана робота є продовженням досліджень, викладених у [1–4]. У даній роботі динамічна стійкість процесу обробки кінцевими сферичними фрезами досліджується із застосуванням вейвлет-аналізу.

Вейвлет-аналіз, який набуває все більшого застосування в різних галузях науки протягом останніх тридцяти років, має потужний потенціал при дослідженні нестаціонарних і нелінійних процесів в різних часових масштабах.

Дослідження низхідного зустрічного фрезерування заготовок, нахилених під різними кутами ( $15^\circ$ ;  $22^\circ30'$ ;  $30^\circ$ ;  $37^\circ30'$ ;  $45^\circ$ ;  $52^\circ30'$ ), дало можливість зробити певні висновки про характер втрати динамічної стійкості та взаємозв'язок між кутом нахилу та радіальним припуском.



**Рис. 1.** Оброблена поверхня (кут нахилу  $52,5^\circ$ ; частота обертання шпинделя  $n=6776$  об/хв; глибина різання  $t=0,30$  мм) та декомпозиція сигналу

На рис. 1 показано приклад аналізу експериментальних даних. Втрата стійкості спостерігається на початку обробки на 6 та 7 рівнях декомпозиції сигналу ( $d_6$  і  $d_7$ ), які відповідають низькочастотним коливанням. При цьому амплітуда сигналу  $s$  має менші значення на початку обробки і більші значення – в кінці. Тобто, прямий зв'язок між величиною амплітуди та динамічною стійкістю процесу відсутній.

Як показали результати проведених експериментальних досліджень, обробка кінцевими сферичними фрезами поверхонь, нахилених під малими кутами (до  $30^\circ$ ), відбувається м'яка втрата динамічної стійкості з породженням нового стійкого нетривалого коливального циклу (біфуркація Андронова-Хопфа).

При обробці поверхонь, нахилених під кутами, більшими  $30^\circ$ , відбувається жорстка втрата динамічної стійкості за сценарієм Фейгенбаума (багаторазового подвоєння періоду коливань), що приводить систему до хаотичного стану. Такі перманентні короткотривалі втрати динамічної стійкості призводять до суттєвого погіршення обробленої поверхні.

Аналітичне прогнозування раціональних режимів обробки, при яких система була би динамічно стійкою вздовж всієї просторово-складної поверхні, є вкрай складною задачею.

Вейвлет-аналіз сигналу в часовій області дозволяє визначити «передвісників» втрати динамічної стійкості на низьких частотах. Дані частоти є в рази меншими за частоту проходження зуба фрези. Аналіз коефіцієнтів

деталізації 6 та 7 рівнях декомпозиції сигналу вказує, що втраті динамічної сталості передують різка зміна значення коефіцієнтів декомпозиції на відповідних рівнях.

В подальшій роботі на основі цього планується розробка адаптивної системи керування, метою використання якої є забезпечення динамічної стійкості різання в суттєво нелінійних і нестационарних процесах обробки кінцевими сферичними фрезами просторово-складних поверхонь.

#### **Список посилань**

1. Штегін О. О. Визначення кутів врізання та виходу при обробці похилих поверхонь сферичними кінцевими фрезами // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2014. – №. 3(70). – с. 62-67.
2. Штегін О. О. Метод побудови діаграм сталості при фрезеруванні похилих поверхонь сферичними кінцевими фрезами. Частина 1. Вихідні дані / О.О.Штегін // Журнал інженерних наук. - Том 1, №2. - 2014. - с. А25-А31
3. Штегін О. О. Метод побудови діаграм сталості при фрезеруванні похилих поверхонь сферичними кінцевими фрезами. Частина 2. Побудова діаграм / О.О.Штегін // Журнал інженерних наук. - Том 2, №1. - 2015. - с. А1-А9
4. Штегін О. О. Дослідження динамічної сталості процесу різання нахилених поверхонь сферичними кінцевими фрезами // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – №. 1(72). – с. 62-68.