

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.941

**П.П. Мельничук, к.т.н., доц.
Я.А. Степчин, асист.***Житомирський інженерно-технологічний інститут***ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ «ВЕРСТАТ–РІЗЕЦЬ–ДЕТАЛЬ»
ЯК КРИТЕРІЙ СПРАЦЮВАННЯ ТОКАРНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО РІЗЦЯ***Розглядаються проблеми прогнозування величини спрацювання токарного твердосплавного різця за частотними характеристиками системи «верстат–інструмент–деталь».*

При використанні у виробництві верстатів з ЧПК, обробляючих центрів та ГВМ велике значення для збільшення продуктивності праці та точності обробки має вибір оптимальних режимів різання та прогнозування величини спрацювання різальних інструментів. Особливо це важливо при чистовому та напівчистовому точінні, коли навіть незначне спрацювання різця призводить до значного погіршення шорсткості обробленої поверхні. Таким чином, надійний автоматичний контроль за станом інструмента (процесом різання) дозволяє не тільки оптимізувати період стійкості інструмента (частоти зміни), але й зменшити ймовірність його поломки та отримання після обробки деталей, що не відповідають поставленим вимогам.

Використовуючи дослідну установку, параметри та можливості якої описані у [6], була проведена серія дослідів для визначення зв'язку частотних характеристик процесу різання з величиною спрацювання токарного твердосплавного різця. Випробування виконувались на універсальному токарно-гвинторізному верстаті 16К20. Жорстка заготовка затискалася в самоцентруючий патрон і піджималася заднім центром для зменшення впливу на процес різання відстані між різцем та патроном (вильоту заготовки).

Датчик був встановлений під різцем у напрямку тангенціальної складової сили різання [6].

Дослідження проводилися зі зміною режимів різання, токарним прохідним різцем із твердосплавною пластиною Т5К10 без використання ЗОР. Параметри режимів змінювалися в межах: швидкість різання V – від 10 до 140 м/хв.; подача S – від 0,05 до 0,4 мм/об.; глибина різання t – від 0,5 до 1 мм. Діаметр заготовки – 80 мм, матеріал – сталь 45, довжина вильоту різця – 40 мм, параметри різальної частини різця – $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 6^\circ$.

Визначалися частотні спектри коливань системи «різець–деталь» при різанні в залежності від радіуса заокруглення вершини та фаски спрацювання по задній поверхні різця. Ширина фаски спрацювання h змінювалася від 0 до 1,2 мм, а радіус заокруглення вершини різця r – від 0,18 до 0,7 мм. Таким чином, розглядалося послідовне спрацювання токарного твердосплавного різця під час різання (чистового чи напівчистового точіння).

Відповідно до змодельованого спрацювання змінювалися й умови деформації та стружкоутворення в зоні різання, що впливало на динаміку процесу різання та його частотні характеристики.

Вимірювання радіуса заокруглення вершини та величини фаски спрацювання по задній поверхні різця здійснювалося на приладі 2026 для настройки токарних різців для верстатів з ЧПК. Даний прилад обладнано проектором, призначеним для оптичного відображення різальної кромки інструмента за методом тіньового контрасту, зі збільшенням у 30 разів.

Обробка записаного сигналу виконувалася за допомогою спеціально розробленого (програма *Audio_xu*) та «універсального» програмного забезпечення (програма *Sonic Foundry Sound Forge 4.5*).

На рис. 1 представлені спектри частот коливань системи «різець–деталь» в межах від 10 до 200 Гц при різанні з режимами обробки: $V = 70$ м/хв.; $S = 0,05$ мм/об.; $t = 0,5$ мм.

Порівнюючи спектри, можна відмітити пік, який не змінюється при зростанні спрацювання різця. Він відповідає значенню частоти, що наближається до 0. Цей пік не змінюється при інших режимах різання (рис. 2) і є на спектрі холостої роботи верстата (рис. 3). Інколи помітний пік, або, точніше, уступ з частотою близько 50 Гц (рис. 1 та ледь помітний він на рис. 3).

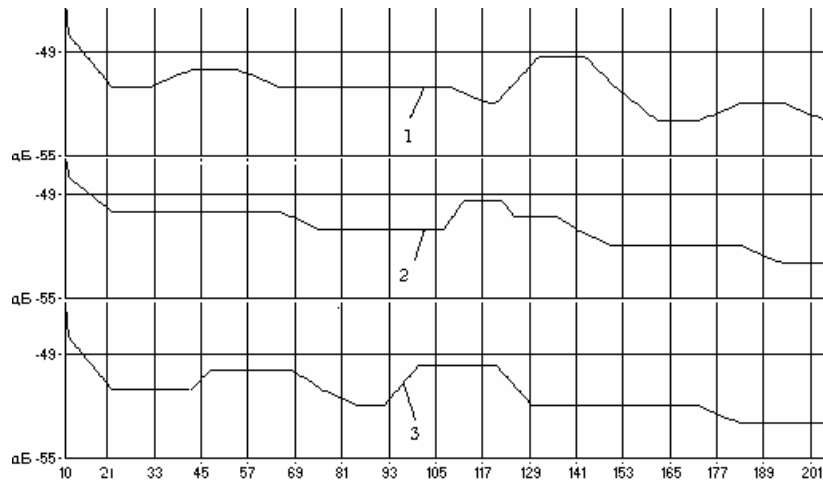


Рис. 1. Спектри частот коливання системи «різець–деталь»: 1 – радіус заокруглення вершини різця $r = 0,18$ мм; ширина фаски спрацювання по задній поверхні різця $h = 0$ мм; 2 – $r = 0,4$ мм; $h = 0,5$ мм; 3 – $r = 0,7$ мм; $h = 1,2$ мм

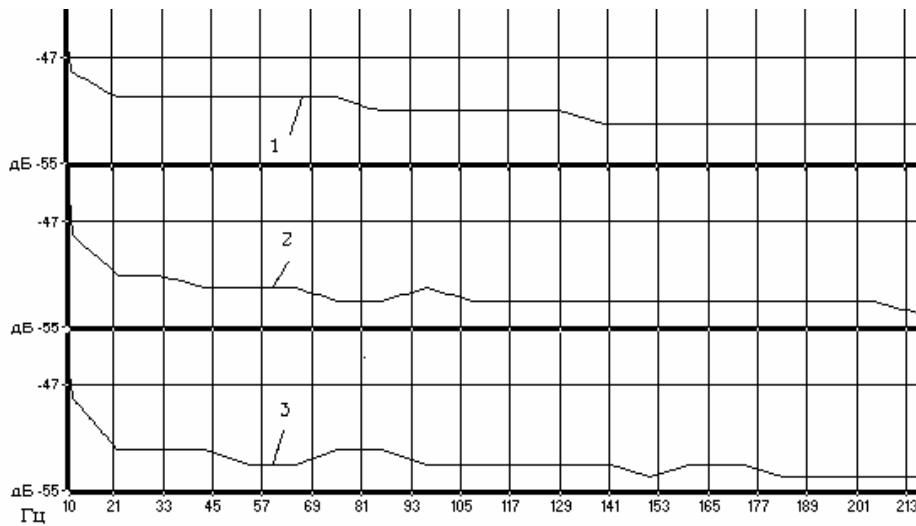


Рис. 2. Спектри частот коливання системи «різець–деталь»: $V = 140$ м/хв., $t = 0,5$ мм, $S = 0,05$ мм/об.; 1 – радіус заокруглення вершини різця $r = 0,18$ мм, ширина фаски спрацювання по задній поверхні різця $h = 0$ мм; 2 – $r = 0,4$ мм; $h = 0,5$ мм; 3 – $r = 0,7$ мм; $h = 1,2$ мм

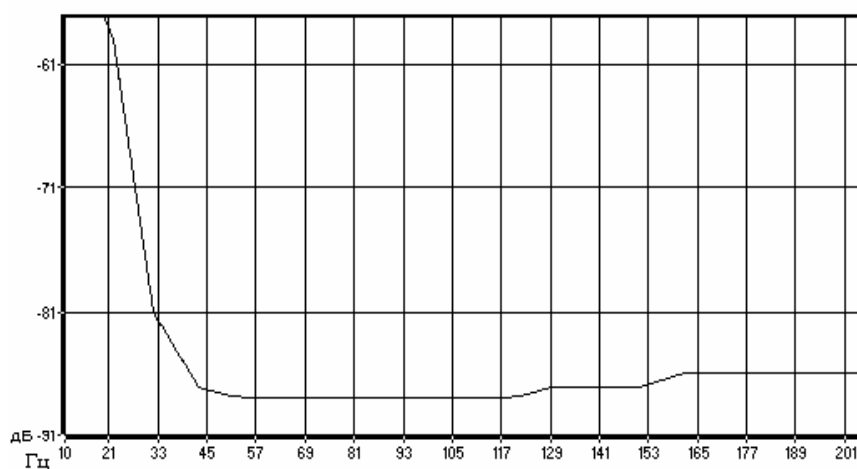


Рис. 3. Спектр коливань, що записані з різця при холостій роботі верстата (шпиндель обертається з частотою $n = 630$ хв⁻¹)

Коливання з частотою 50 Гц, найвірогідніше, наводяться блоком живлення підсилювача, або працюючими на змінному струмі (з частотою 50 Гц) вузлами ПЕОМ. Вагома складова спектру частот (близька до нуля) звичайно присутня.

Крім цих піків, на спектрах (частот до 200 Гц) можна виділити ще один (або навіть два) пік, чи уступ, який змінює своє положення в залежності від зміни параметрів системи «різець–деталь»: для спектру 1 (рис. 1) середнє значення частоти цього піка становить 135 Гц (і менш помітний – на частоті 190 Гц); для спектру 2 – 125 (180) Гц; для спектру 3 – 110 (170) Гц. Для простоти назвемо ці піки «характерними».

Таку саму залежність (дещо менш помітну) можна побачити і на спектрах частот, визначених для коливань при різанні з більшою швидкістю (рис. 2) – пік (чи уступ) на спектрі 1 відповідає частоті 75 (125) Гц, на спектрі 2 – 62 (100) Гц, на спектрі 3 – 43 (80) Гц. Значення частот в дужках дано для другої помітної залежності. Така ж залежність простежується і при більшій подачі (рис. 4). Тобто при збільшенні величини спрацювання токарного різця цей пік (або сходинка на спектрі) зміщується в область низьких частот.

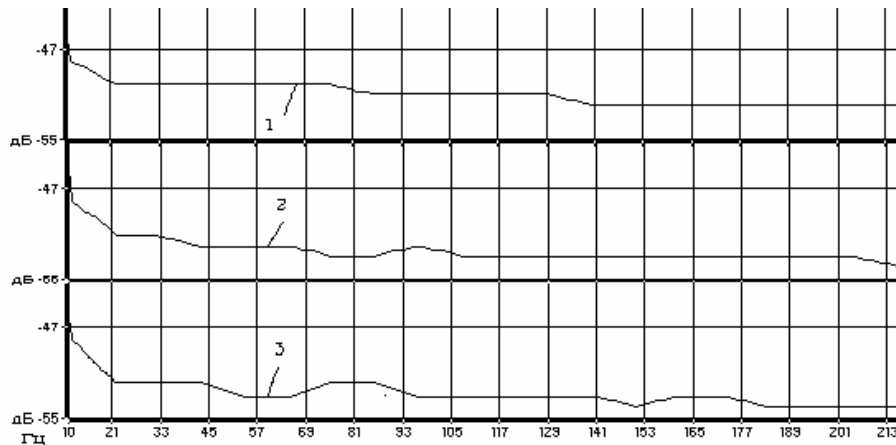


Рис. 4. Спектри частот коливання системи «різець–деталь»: $V = 110$ м/хв., $t = 0,5$ мм, $S = 0,1$ мм/об.; 1 – радіус заокруглення вершини різця $r = 0,18$ мм, ширина фаски спрацювання по задній поверхні різця $h = 0$ мм; 2 – $r = 0,4$ мм; $h = 0,5$ мм; 3 – $r = 0,7$ мм; $h = 1,2$ мм

Дослідивши спектри коливань різця при зміні режимів різання (та при холостій роботі верстата) від 200 до 1000 Гц, можна зробити висновок, що описана раніше залежність не простежується: піки на спектрах або співпадають за частотою (як при різанні, так і при холостій роботі верстата), або є лише в одному чи декількох спектрах (рис. 5).

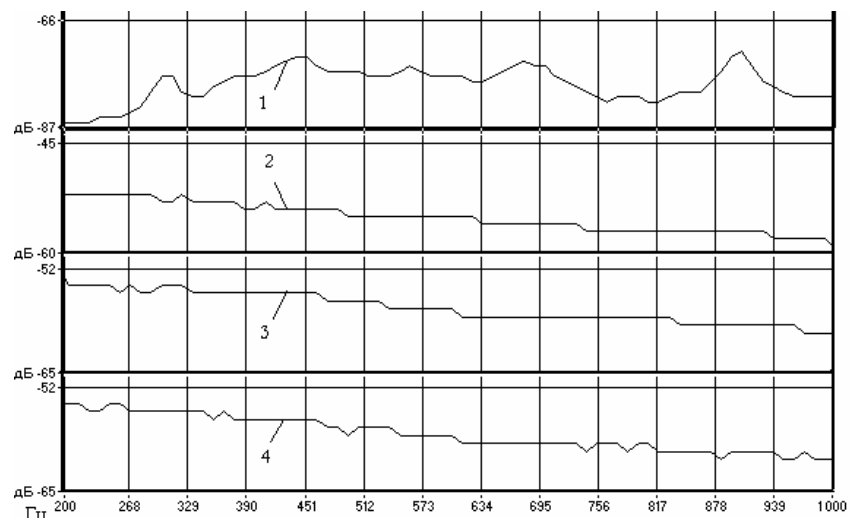


Рис. 5. Частотні спектри коливань, що записані з різця: 1 – спектр при холостій роботі верстата ($n_{штито} = 630$ хв.⁻¹); 2 – радіус заокруглення вершини різця $r = 0,18$ мм; ширина фаски спрацювання по задній поверхні різця $h = 0$ мм ($V = 110$ м/хв., $t = 0,5$ мм, $S = 0,05$ мм/об.); 3 – $r = 0,4$ мм; $h = 0,5$ мм; 4 – $r = 0,7$ мм; $h = 1,2$ мм

Таким чином прогнозувати величину спрацювання різця однозначно можна лише за частотними спектрами коливань системи «різець–деталь» з частотами до 200 Гц.

Перед аналізом цієї особливості слід відмітити декілька теоретичних моментів:

- жорсткість системи «верстат–приспособування–інструмент–деталь» практично не змінилась протягом всіх досліджень;
- так само незмінною залишилася приведена маса цих частин системи (кількість матеріалу заготовки, що перейшла у стружку склала менше 1 % від загальної маси);
- зі зміною параметрів різальної кромки (моделюванням спрацювання різця) дещо змінювалася сила різання і, що особливо важливо, характер процесу стружкоутворення.

У [1] наведені дані, що характеризують особливості процесу різання за динамічних умов:

1. Утворення наросту на різальній кромці може являти собою періодичний процес, що збуджує вібрацію незалежно від власних коливань системи (за дослідями І.С. Штейнберга). Для швидкості різання $V = 60$ м/хв. частота коливань сили різання та частота руйнування наросту на різальній кромці становила близько 140 Гц.
2. Частота коливань сили різання співпадає з частотою утворення уступів на стружці (за дослідями Ландберга). Частота утворення уступів на стружці складає при точінні сталі (для $t = 3$ мм, $S = 0,4$ мм/об.) від 200 до 4000 Гц, в залежності від швидкості різання.
3. Жорсткість верстата не впливає на ділення стружки (за дослідями Фаррезі).
4. Утворення уступів на стружці залежить від геометрії інструмента (за дослідями Едера).

Об'єднавши ці твердження, можна зробити висновок, що зі зростанням величини спрацювання різця змінювався, перш за все, характер утворення стружки, і саме ця зміна забезпечувала падіння частоти характерних піків на спектрі. Дані досліджень Штейндберга можна вважати більш важливими, у порівнянні з отриманими в роботі залежностями, тому що режими різання та матеріал оброблюваної деталі є більш близькими для обох груп експериментів.

Залежність падіння частоти коливань від спрацювання різця при різних режимах різання представлено на рис. 6.

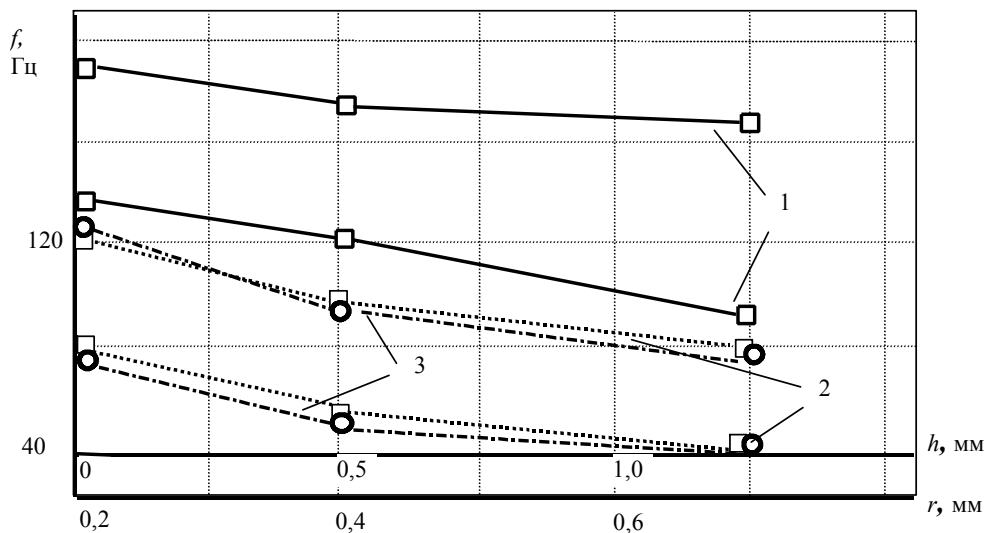


Рис. 6. Залежність частоти коливань, що записані з різця, від параметрів спрацювання та режимів різання: 1 – $V = 70$ м/хв.; $S = 0,05$ мм/об.; $t = 0,5$ мм; 2 – $V = 140$ м/хв.; $t = 0,5$ мм; $S = 0,05$ мм/об.; 3 – $V = 110$ м/хв.; $t = 0,5$ мм; $S = 0,1$ мм/об.

За результатами проведених досліджень (всього було проведено 16 дослідів з послідовною зміною режимів різання для трьох значень величини спрацювання) простежується залежність між режимами різання, величиною спрацювання та частотою «характерних» піків на спектрах (на рис. 6 наведено декілька прикладів). Залежність однозначна: при зростанні спрацювання (фаски по задній поверхні та радіуса заокруглення вершини різця) частота «характерних» піків зменшується. При збільшенні режимів різання (як швидкості, так і подачі та глибини) загальний рівень частот цих піків теж знижується.

Слід відмітити, що в деяких випадках виділити «характерні» піки на спектрах неможливо (в 11 % випадків), але це можна пояснити дуже малим часом запису процесу різання: на рис. 5 можна побачити значну різницю між спектрами холостої роботи верстата та різання. При холостій роботі верстата час запису становив 36 с, а при різанні – не більше 16 с (для зменшення впливу на вимірювані параметри зміни розмірів заготовки та жорсткості системи).

За результатами проведених досліджень можна зробити декілька загальних висновків:

1. Отримані за допомогою дослідної установки результати дозволяють прогнозувати за зміщенням «характерних» піків на частотних спектрах величину спрацювання інструмента (токарного твердосплавного різця).
2. Для точного прогнозування тривалість кожного контрольного запису повинна становити не менше 30 с.
3. На спектрі частот від 10 до 200 Гц звичайно можна виділити два «характерних» піки (уступи), початкове розташування яких (для умов мінімального спрацювання різця) залежить від режимів різання, а також, вірогідно, від геометрії різця та жорсткості системи «верстат–інструмент–деталь».
4. Причиною збудження коливань з «характерними» частотами слід вважати коливання сили різання, які викликані періодичністю утворення наросту на передній поверхні різця (можливе також утворення сегментної стружки).

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Армарего И.Дж.А., Браун Р.Х.* Обработка металлов резанием: Пер. с англ. В.А. Пастухова. – М.: Машиностроение, 1977.
2. *Кедров С.С.* Колебания металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
3. *Кудинов В.А.* Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.
4. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
5. *Добрынин С.А., Фельдман М.С. и др.* Методы автоматизированного исследования вибраций машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 318 с.
6. *Мельничук П.П., Степчин Я.А.* Визначення характеристик динамічної системи верстата 16К20 // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 14. – С. 62–67.
7. *Яблонский А.А., Корейко С.С.* Курс теории колебаний: Учебное пособие для студентов вузов. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Высш. школа, 1975. – 248 с.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – кандидат технічних наук, доцент, ректор Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- дослідження у галузі механіки руйнування;
- технологія машинобудування.

СТЕПЧИН Ярослав Анатолійович – асистент кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- динаміка механічних систем;
- математичне моделювання.

Подано 10.09.2000

Мельничук П.П., Степчин Я.А. Частотні характеристики системи “верстат–різець–деталь” як критерій спрацювання токарного твердосплавного різця

Мельничук П.П., Степчин Я.А. Частотные характеристики системы “станок–инструмент–деталь” как критерий износа токарного твердосплавного резца

Melnichuk P.P., Stepchin Ya.A. The frequency characteristics of sistem «lathe–tool–detail» as evaluation wear down of head-alloyed tool

УДК 621. 941

Частотные характеристики системы “станок–инструмент–деталь” как критерий износа токарного твердосплавного резца / П.П. Мельничук, Я.А. Степчин

Рассматриваются проблемы прогнозирования величины износа токарного твердосплавного резца по частотным характеристикам системы «станок–инструмент–деталь».

УДК 621. 941

The frequency characteristics of sistem “lathe–tool–detail” as evaluation wear down of head-alloyed tool / P.P. Melnichuk, Ya.A. Stepchin.

The article deals with the problems of prognosis size wear down of head-alloyed tool over the frequency characteristics sistem “lathe–tool–detail”.