

**Буряк А.В.,\*****Буряк В.Г.\*\***

\*Хмельницький національний університет,

\*\*Хмельницький обласний інститут

післядипломної педагогічної освіти

м. Хмельницький, Україна

E-mail: viktor\_buryak@mail.ru

**НАУКОВІ ОСНОВИ ДО ОЦІНКИ  
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РІЖУЧИХ  
ІНСТРУМЕНТІВ ЗА АНАЛІЗОМ  
АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНУ  
ОБРОБНОГО І ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО  
МАТЕРІАЛІВ**

УДК 621.9

Розглядаються поєднані характеристики стану обробного і інструментального матеріалів на стадіях контролю значень основних фізичних властивостей поза процесом і активний контроль їх зміни в процесі оброблення різанням. Обґрунтовуються фактори безперервної дії акустичних коливних і хвильових процесів на мікроструктуру інструментального матеріалу, що призводять до накопичування напружень втомленості та руйнування (зношування) робочої частини інструмента. Для однозначної оцінки характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів спорідненими параметрами, що характеризують коливні і хвильові процеси на стадіях контролю поза процесом і у процесі оброблення різанням, запропоновано виконувати узагальнення параметрів із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку та завдяки врахування значень  $e$  в залежності від значень аргументу, що визначає кінцевий результат функціональних залежностей.

**Ключові слова:** оброблення різанням, акустичні властивості матеріалів, причинно - наслідковий зв'язок, знос.

**Вступ**

Працездатність ріжучого інструмента характеризується рівнем надійності у виконанні його функцій на протязі визначеного часу. Забезпечення ефективної і надійної роботи інструмента в умовах гнучкого автоматизованого виробництва примушує витратити значно більший відсоток часу для його підготовки, лаштування на верстаті у порівнянні з безпосередньо машинним часом оброблення різанням. Поряд із плановою підготовкою інструмента до роботи, існує проблема запобігання його раптової відмови, що пов'язується з вибором інструментальних матеріалів та відхиленням характеристик їх ріжучих властивостей [1]. На цей час немає чіткої методології визначення працездатності ріжучого інструмента із-за відсутності достовірних способів контролю якості інструментальних матеріалів після спікання і заточування. Цей недолік особливо відчутний у виконанні спеціального оброблення різанням на фінішних операціях, де необхідно забезпечувати високі класи точності, шорсткості поверхонь (типу дзеркал, екранів тощо) деталей приладів, радіоапаратури, космічної техніки в умовах безлюдної технології виконання технологічних процесів. Зважаючи приведені вище доводи та необхідність у досягненні розвитку передових технологій, проблема розробки нової методології вибору інструментального матеріалу та контролю його основних параметрів для забезпечення ефективного і надійного процесу оброблення різанням в умовах автоматизованого виробництва набуває значної актуальності.

**Мета і постановка задачі**

В роботі показана доцільність і реальна можливість оцінки процесу оброблення різанням на основі його енергетичних параметрів. Перспективним розвитком відомих теорій є розгляд поєднаних характеристик стану обробного і інструментального матеріалів на стадіях контролю значень основних фізичних властивостей поза процесом і активний контроль їх зміни в процесі оброблення різанням. Показано перспективний напрямок розгляду характеристик енергетичного стану матеріалів на основі розвитку теорії коливань і хвиль, які мають місце в зоні різання. Суть зазначеного поєднання виражається розрахунковими формулами складових параметрів енергії і акустичними властивостями матеріалів та причинно-наслідковим зв'язком параметрів, що визначають знос інструмента.

**Виклад матеріалів досліджень**

Потенціальна енергія деформації матеріалів може визначатися за узагальненими формулами [2]:

$$U = \iiint_V U_1 dV, \quad (1)$$

де  $V$  – об'єм твердого тіла;

$U_1$  – питома потенціальна енергія деформації матеріалів, або потенціальна енергія, що приходить на одиницю об'єму:

$$U_1 = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2}{E} = \frac{1}{2} E \varepsilon^2, \quad (2)$$

де  $\sigma$  і  $\varepsilon$  – напруження і деформації під час навантажування зразка матеріалу;  
 $E$  – модуль Юнга (модуль пружності).

При цьому враховується наступний зв'язок незалежних параметрів:

$$E = 2G(1 + \mu), \quad (3)$$

де  $G$  – модуль зсуву;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона.

В аналізі деформації матеріалів враховують теплове розширення, яке властиве всім фізичним тілам. Лінійна деформація матеріалу у цьому випадку складається з двох частин:

$$\varepsilon = \varepsilon_c + \varepsilon_T, \quad (4)$$

де  $\varepsilon_c$  – деформація матеріалу, яка викликана силовою дією;

$\varepsilon_T$  – температурна деформація матеріалу, яка викликана тепловим розширенням,

$$\varepsilon_T = \alpha T, \quad (5)$$

де  $\alpha$  коефіцієнт лінійного розширення матеріалу;

$T$  – температура матеріалу.

З приведених формул видно, що потенціальна енергія деформації матеріалів визначається сукупністю трьох основних параметрів:  $E$ ,  $\sigma$  і  $\varepsilon$ . При цьому, фізична властивість матеріалу визначається модулем Юнга  $E$ , а напруження і деформація ( $\sigma$  і  $\varepsilon$ ) можуть бути представлені, як граничні параметри, перевищення яких під час навантаження призводить до руйнування матеріалу.

У практичних розрахунках напруженого деформованого стану матеріалів в конструкціях застосовують моделі пружності, пластичності, повзучості та ін., що не змінює фізичної суті приведених параметрів, а тому вони можуть бути представлені, як основні, які визначають стан твердого тіла і зносостійкість інструментального матеріалу.

У випадку складного навантаження робочої частини інструмента, яке має місце в процесі оброблення різанням, утворюються системи складових напружень і деформацій, що визначаються за їх розкладанням на відносно прийнятні системи координат.

У розвитку основних положень молекулярно-кінетичної теорії тертя, для кількісної оцінки зносу інструмента по задній поверхні  $h_3$ , запропонована залежність інтенсивності зношування [3]:

$$I_n = K g_i \tau_0 \frac{t^n}{2} E^{\frac{t^n}{2}-1} \left( \frac{K_n f_i}{\sigma_0(\theta)} \right)^{t^n}, \quad (6)$$

де  $K$  – множник, що визначається геометричною конфігурацією розташування по висоті одиничних нерівностей;

$g_i$  – поточне значення нормальних навантажень повздовж поверхні контакту;

$\tau_0$  – границя міцності адгезійних зв'язків на зріз;

$t^n$  – показник кривої фрикційної втомленості;

$E$  – модуль пружності інструментального матеріалу;

$n$  – число циклів, що призводять до відділення деякого об'єму матеріалу;

$f_i$  – поточне значення коефіцієнта тертя;

$\sigma_0(\theta)$  – функціональна залежність руйнівного напруження при однократному розтягуванні в залежності від температури  $\theta$ .

В залежності (6) величина інтенсивності зношування ріжучого клина визначається з врахуванням значень модуля пружності, нормальних навантажень, шорсткості, коефіцієнтів тертя на робочих поверхнях інструмента, а також контактних температур в процесі різання.

Математичний опис температурного поля в твердому тілі виконується за допомогою диференційного рівняння теплопровідності. Вираз, який описує температурне поле в твердому тілі під дією зовнішніх і внутрішніх джерел теплоти, виведений у відповідності до закону теплопровідності Фур'є, представлений у наступному вигляді [4]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{1}{c\rho} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \right] + \frac{q_B}{c\rho}, \quad (7)$$

де  $\frac{\partial \theta}{\partial \tau}$  – швидкість зміни температури  $\theta$  за час  $\tau$  в точці визначення з координатами  $x, y, z$ ;

$c$  – масова теплоємність;

$\rho$  – густина матеріалу;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$q_B$  – об'ємна густина тепловиділення внутрішніх джерел.

Ефективний зв'язок характеристик стану матеріалів з контролюючими параметрами в механообробні досягається шляхом застосування методів акустичної емісії та ультразвукового контролю [5, 6]. В теорії акустичних процесів встановлені строгі залежності основних фізико-механічних властивостей середовища (густини, пружності, структурного стану) і характеристик розповсюдження в середовищі пружних хвиль, тобто акустичних властивостей середовища. Тверді ізотропні матеріали характеризуються швидкостями розповсюдження поздовжніх  $C_l$  і поперечних  $C_t$  хвиль, які визначають за формулами, використовуючи узагальнюючі хвильові рівняння:

- для визначення параметрів розповсюдження поздовжніх хвиль:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{u}_l}{\partial t^2} - C_l^2 \nabla^2 \mathbf{u}_l = 0, \quad (8)$$

$$C_l = \sqrt{\frac{\Lambda + 2\mu}{\rho}}, \quad (9)$$

- для визначення параметрів розповсюдження поперечних хвиль

$$\frac{\partial^2 \mathbf{u}_t}{\partial t^2} - C_t^2 \nabla^2 \mathbf{u}_t = 0, \quad (10)$$

$$C_t = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \quad (11)$$

де  $\text{rot } u_l = \text{div } u_t = 0$ ;

$u_l, u_t$  – вектори, що описують розповсюдження хвилі у поздовжньому і поперечному напрямках відповідно, які визначаються операторами  $\text{rot}$  і  $\text{div}$  зміни даного векторного поля в часі  $t$ ;

$C_l, C_t$  – швидкості розповсюдження хвилі у поздовжньому і поперечному напрямках;

$\nabla^2$  – оператор Лапласа;

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad (12)$$

$\Lambda$  і  $\mu$  – константи Ламе;

$\rho$  – густина середовища.

Два значення швидкостей  $C_l$  і  $C_t$  можна використати, як дві пружні константи замість коефіцієнтів Ламе або модулів пружності.

Приведені параметри, як було показано вище, визначають потенціальну енергію твердого тіла. Тому, для оцінки характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів, є всі підстави використовувати акустичні властивості речовини.

Строгу залежність характеристик обробних і інструментальних матеріалів можна представити наступними формулами [6]:

$$E = \frac{\rho C_l^2 (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}, \quad (13)$$

$$G = \rho C_t^2, \quad (14)$$

де  $E$  і  $G$  – модулі Юнга (нормальної пружності) і зсуву;

$\nu$  – коефіцієнт Пуассона

$$\nu = \frac{1 - \frac{1}{2} \left( \frac{C_l}{C_t} \right)^2}{1 - \left( \frac{C_l}{C_t} \right)^2}. \quad (15)$$

Об'єднуючими характеристиками енергетичних станів матеріалів, виходячи з теорії квантової електродинаміки, є параметри коливних і хвильових процесів, які достатньо точно описуються за формою, швидкістю розповсюдження і взаємодії тощо. Відомо, що процес різання супроводжується утворенням коливних і хвильових процесів у широкому діапазоні спектру частот і зумовлює розповсюдження пружної, теплової, хімічної видів енергії в залежності від співвідношення параметрів,

які характеризують спектри коливань і хвиль. З іншої сторони, хвильові процеси взаємопов'язані з фізичними властивостями контактуючих обробних і інструментальних матеріалів та їх зміною під впливом умов, що утворені в зоні різання. Таким чином, за наявності спільних параметрів складових приведених вище формул, енергетичний стан обробного і інструментального матеріалів може бути охарактеризований закономірностями зміни значень відповідних параметрів коливних і хвильових процесів.

Оцінку характеристик мікроструктурного стану композиційних ріжучих пластин виконували за розробленою методикою [1] контролю якості, яка включає збудження ударом у мікроструктурі інструментального матеріалу акустико - емісійних хвиль і визначення спектральних характеристик звукового хвильового фону в пластині. В дослідженнях прийнято зміну значень частоти  $f$  збуджених коливань в мікроструктурі пластин за фіксованим часом контролю ( $t = 0,5$  с). Для дослідження частоти збуджених коливань прийнято твердосплавні пластини Т15К6, взяті з однієї партії виготовлення. Інструменти, оснащені пластинами, досліджували при обробці сталі 40Х за однаковими умовами процесу точіння. Проведені дослідження зносостійкості показали розбіжність значень величини фаски зносу інструментів

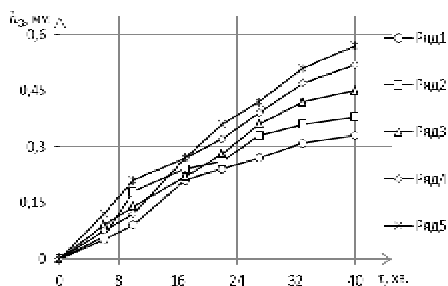


Рис. 1 – Залежність величини зносу від часу роботи інструментів при точінні (номери пластини відповідають номерам рядів на графіку)

по заданій поверхні  $h_3$  в часі  $\tau$  (рис. 1). Початкові значення дослідженої частоти  $f$  (кГц) у пластин за номерами (номери пластини відповідають номерам рядів на графіку) наступні:

№1 – 7,6; №2 – 7,4; №3 – 6,2; №4 – 5,9; №5 – 5,5.

По закінченні процесу різання (за час роботи інструментів,  $\tau = 40$  хв.) значення частоти  $f$  у кожній із досліджуваних пластин зменшились і склали:

№1 – 5,3; №2 – 5,0; №3 – №4,1; №4 – 3,7; №5 – 3,3, що відповідають наступним величинам фаски зносу інструментів по заданій поверхні  $h_3$  (мм):

№1 – 0,33; №2 – 0,36; №3 – 0,45; №4 – 0,51; №5 – 0,58.

Здобуті результати досліджень дозволили встановити однозначні залежності зміни амплітуди і частоти акустичних сигналів під час зношування інструмента  $h_3 = f(\tau)$ . Таким чином, основним висновком, який слід зробити, є те, що в процесі зношування інструментів частота  $f$  збуджених коливань зменшується і це відповідає факту накопичування напружень втомленості в мікроструктурі інструментального матеріалу.

У подальших дослідженнях встановлено закономірну зміну мікроструктурного енергетичного стану композиційних матеріалів різних марок внаслідок зношування інструментів при обробці сталі 40Х, за однаковими умовами процесу точіння.

Шляхом періодичних вимірювань частоти  $f$  збуджених коливань у мікроструктурі пластин та визначення часу  $\tau$  зношування інструментів у процесі механообробки, встановлено зменшення частоти коливань у часі для основних марок матеріалів (рис. 2): №1 і № 2 – тверді сплави Т15К6 і ВК60М; №3 – мінералокераміка ВОК60; №4 – надтвердий матеріал КО5 (номери інструментів відповідають номерам рядів на графіку).

За результатами проведених досліджень нами стверджується існування граничних значень частоти  $f$  збуджених коливань у мікроструктурі інструментального матеріалу, що відповідає певному рівню працездатності інструментів. Визначення спектральних характеристик звукового хвильового фону у пластині слід використовувати в контролі якості матеріалів. Факт зменшення частоти коливань із збільшенням часу зношування інструментів характеризується як закономірність взаємозв'язку характеристик енергетичного стану інструментальних матеріалів і накопиченням напружень втомленості в мікроструктурі ріжучих пластин у процесі механообробки. Встановлено, що напруження втомленості накопи-

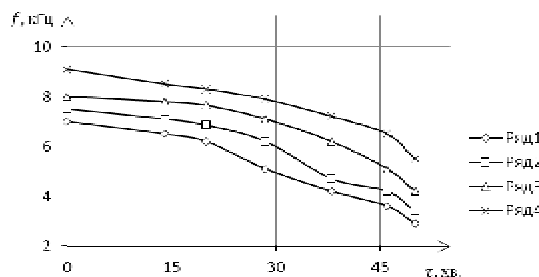


Рис. 2 – Залежність частоти збуджених коливань в мікроструктурі інструментальних матеріалів від часу роботи інструментів при точінні (номери інструментів відповідають номерам рядів на графіку)

чуються в мікроструктурі матеріалу за рахунок хвильових акустичних зсувів мікрочастинок однієї відносно іншої та із-за цього порушується міцність мікрозв'язків між цими частинками. Очевидно, що дія додаткових теплових та механічних навантажень сприяє збільшенню акустичних мікронавантажень в зонах з'єднання частинок, зміні характеру внутрішнього тертя (хрускоту) між ними та акумулюванню напружень втомленості. Все це має місце при перевищенні навантажень понад допустимих границь, що призводить до розриву та втрати мікрозв'язку між частинками, появи мікротріщини, як концентратора додаткових напружень в зоні розриву, до збільшення тріщини, її розвитку і пошкодження даної частини структури інструментального матеріалу при його роботі. Вище приведені доводи нами представляються, як механізм руйнування (зношування) ріжучого інструмента.

Підтвердження до механізму зношування композиційних інструментів внаслідок безперервної дії коливних і хвильових процесів обґрунтовується, також, за розглядом типових залежностей фаски

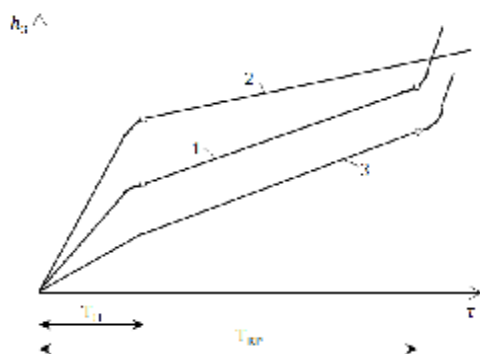


Рис. 3 – Залежність величини фаски зносу від часу роботи інструмента:  
1, 3 – знос по передній і задній поверхні;  
2 – знос тільки по задній поверхні

зношування  $h_3$  по задній поверхні від часу  $\tau$  роботи інструмента [7] (рис. 3). Існування періоду працездатності  $T_{\text{П}}$  зумовлюється, очевидно, порушеннями мікроструктури інструментального матеріалу в процесі заточування інструмента, внаслідок дії височастотних коливних процесів, утворених контактною взаємодією заточного інструмента і ріжучої пластини. Утворення критичного періоду стійкості інструмента  $T_{\text{КР}}$  зумовлене, на наш погляд, безперервною дією акустичних коливних і хвильових процесів при різанні на мікроструктуру інструментального матеріалу, що призводить до накопичування напружень втомленості за описаним вище механізмом руйнування (зношування) робочої частини.

Підтвердженням факту накопичування напружень втомленості в мікроструктурі інструмента-

льного матеріалу, також, є широко відоме явище зменшення періоду стійкості  $T$  інструмента за збільшенням кількості його переточок  $N$  і, за досягненням граничного значення кількості переточок  $N_{\text{ГР}}$  (рис. 4), працездатність інструмента стає не задовільною.

Відомо, що коливні і хвильові процеси підпорядковані конкретним природничим законам, наприклад, відповідній швидкості розповсюдження, дисперсії, інтерференції, відбиття, заломлення та ін., а також існує реальна можливість перевірки значень параметрів завдяки дії закону збереження енергії.

Таким чином, оцінка енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів може проводитись на основі аналізу умов моделювання контактної взаємодії коливних і хвильових процесів. Тобто, з урахуванням поставленої мети: вибір, контроль та забезпечення працездатності інструментального матеріалу після спікання і заточування ріжучих пластин різних марок, а також в межах однієї марки матеріалу, розглядається енергетичний стан границі контакту обробного і інструментального матеріалів. Зі сторони інструментального матеріалу проводиться аналіз здатності чинити опір, взаємодіяти з параметрами хвильових процесів, що посилюються зі сторони обробного матеріалу (зі сторони поверхонь різання і стружки). А працездатність інструмента характеризується інтегральними енергетичними параметрами, що показують наскільки важко “розкачати” мікроструктуру інструментального матеріалу, зумовлену внутрішнім тертям, ступінь її невіддатливості у контакті з обробним матеріалом за умов, які утворюються в процесі механообробки. Опір, який перешкоджає розповсюдженню коливних і хвиль в мікроструктурі матеріалу, характеризується імпедансом (від лат. impedio - перешкоджати), що визначається відношенням тиску до об'ємної коливної швидкості.

У вирішенні задачі про поведінку коливних і хвиль на границі контакту обробного і інструментального матеріалів використовується поняття нормального акустичного імпедансу, який визначається за формулою [1, 6]:

$$Z = \frac{\rho C}{\cos \theta}, \quad (16)$$

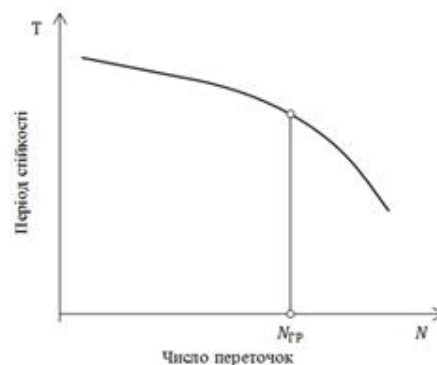


Рис. 4 – Залежність періоду стійкості від числа переточок інструмента

де  $\rho$  – густина матеріалу;

$C$  – швидкість розповсюдження акустичної хвилі в матеріалі;

$\theta$  – кут між нормаллю і напрямком хвилі, що падає на поверхню матеріалу.

Добуток  $\rho C$  виражає хвильовий опір матеріалу. У розгляді границі контакту обробного і інструментального матеріалів акустична хвиля частково проходить через границю, а також частково відбивається від неї. При цьому відбувається трансформація типів хвиль на поздовжні і поперечні. Таким чином, у подальшому аналізі акустичних властивостей обробних і інструментальних матеріалів пропонується розглядати зміну хвильового опору  $\rho C$  з урахуванням наявності хвиль: поздовжніх  $C_l$  і поперечних  $C_t$  таких, що відбиваються від робочої поверхні інструмента і проходять через границю контакту.

Розгляд характеристик стану обробних і інструментальних матеріалів передбачає закономірний зв'язок між параметрами коливних та хвильових процесів з однієї сторони і з іншої – розмірами контактуючих поверхонь; параметрами мікроструктурного стану (системи “зерно – в'язучий” матеріали); шорсткості, наприклад, параметром нахилу мікронерівностей; покриття на робочих поверхнях інструментального матеріалу; наявності прошарку в контакті у вигляді розплаву, що зумовлюється процесом механообробки, а також фазових зміщень параметрів коливань і хвиль за рахунок зміни швидкості різання. Характерними умовами зв'язку є, наприклад, наявність критичного кута переходу від дзеркального до не дзеркального відбиття хвиль, що зумовлює перехідні процеси тертя, існування резонансних локалізованих контактів при наближенні вимушених до власних коливань, наявність максимуму енергії за відповідних умов збігу параметрів коливань і хвиль для швидкостей і деформацій. Поряд із можливістю теоретичної оцінки зв'язку, більшість наведених параметрів піддаються контролю ультразвуковими методами. Поєднання приведених параметрів відповідає спільній характеристиці стану за умов моделювання поза процесом оброблення різанням на стадії контролю інструментального матеріалу та в процесі заточування інструментів. Характеристика внутрішнього тертя в структурі інструментального матеріалу поза процесом оброблення різанням визначається методами: ультразвуковими та акустичної емісії (АЕ). У якості енергетичного інтегрального параметра прийнято ефективне значення АЕ. Приведені характеристики енергетичного стану поза процесом механообробки [5] підпорядковуються однозначному зв'язку на основі принципу екстремуму енергії.

Таким чином, однозначна оцінка характеристик стану обробних і інструментальних матеріалів спорідненими параметрами, що характеризують коливні і хвильові процеси на стадіях контролю поза процесом і у процесі механообробки, узагальнення параметрів виконується із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку [8, 9]. Параметри у сукупності розглядаються як такі, що єдині пов'язані і зумовлені причиною (визначені моделюванням) і наслідком (визначені в процесі різання). Отриманий зв'язок причин і наслідків у формі диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку з використанням показникових функцій дозволяє систематизувати дослідження працездатності інструментів на основі аналізу характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням. В комп'ютерній обробці показникових функцій широко використовується стандартне значення числа  $e$ , що є важливим в математичних перетвореннях. Застосування показникових функцій репрезентується в широких діапазонах значень. За результатами розрахунків з використанням приведених комп'ютерних засобів виявлені розбіжності значень  $e$  [10], визначено перевищення значень за другою границею Ейлера від 3-х і більше. Це мотивує до проведення спеціальних математичних досліджень, розгляду перехідних процесів в природі та врахування значень  $e$  в залежності від значень аргументу, що визначає кінцевий результат функціональних залежностей.

## Висновки

В наукових основах до оцінки працездатності ріжучих інструментів перспективним є розгляд поєднаних характеристик стану обробного і інструментального матеріалів на стадіях контролю значень основних фізичних властивостей поза процесом і активний контроль їх зміни в процесі оброблення різанням. Потенціальна енергія деформації твердого тіла визначається сукупністю трьох основних параметрів:  $E$ ,  $\sigma$  і  $\epsilon$ . При цьому, фізична властивість матеріалу визначається модулем Юнга  $E$ , а напруження і деформація ( $\sigma$  і  $\epsilon$ ) можуть бути представлені, як граничні параметри, перевищення яких під час навантаження призводить до руйнування матеріалу.

В процесі зношування інструментів частота  $f$  збуджених коливань зменшується і це відповідає факту накопичування напружень втомленості в мікроструктурі інструментального матеріалу. За результатами досліджень нами стверджується існування граничних значень частоти  $f$  збуджених коливань у мікроструктурі інструментального матеріалу, що відповідає певному рівню працездатності інструментів.

Утворення критичного періоду стійкості інструмента  $T_{KP}$  зумовлене, на наш погляд, безперервною дією коливних і хвильових процесів на мікроструктуру інструментального матеріалу, що призводить до накопичування напружень втомленості.

В аналізі акустичних властивостей обробних і інструментальних матеріалів пропонується розглядати зміну хвильового опору  $\rho C$  з урахуванням густини  $\rho$  матеріалу та наявності двох пар хвиль: поздовжніх  $C_l$  і поперечних  $C_t$  таких, що відбиваються від робочої поверхні інструмента і проходять через границю контакту.

Однозначна оцінка характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів спорідненими параметрами, що характеризують коливні і хвильові процеси на стадіях контролю поза процесом і в процесі механообробки, узагальнення параметрів пропонується виконувати із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку. В комп'ютерній обробці показникових функцій визначено перевищення значень  $e$  за другою границею Ейлера від 3-х і більше. Це мотивує до проведення спеціальних досліджень, розгляду перехідних процесів в природі та врахування значень  $e$  в залежності від значень аргументу

### Література

1. Буряк В.Г. Оцінка працездатності композиційних інструментів за аналізом акустичних характеристик енергетичного стану інструментального матеріалу // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – № 1. – С. 49-56.
2. Биргер И.А., Мавлюгов Р.Р. Сопротивление материалов.: Учебное пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 560 с.
3. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. – М.: Машиностроение, 1985. – 136 с.
4. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах: Учебник для вузов по специальностям "Технология машиностроения" и "Металлорежущие станки и инструменты". – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.: ил.
5. Патент України № 25818. Спосіб контролю якості композиційних різальних пластин після спікання. Румбешта В. О., Буряк А. В., Параска Г. Б., Буряк В. В., Буряк В. Г. // Опубл. Бюл. № 13, 2007 р.
6. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля: Практ. пособие / И.Н.Ермолов, Н.П.Алешин, А.И.Потапов; Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высш. шк., 1991. – 283 с.
7. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: "Машиностроение", 1975. – 344 с. с ил.
8. К теории причинно-следственных связей / Троц А.А., Кокаровцев В.В., Буряк В.Г., Глушенко Ю.Б., Скицюк В.И., Вайнтрауб М.А. – К., 1996. – 22 с. – Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 23.10.96, №1968 – Ук 96.
9. Троц А.А., Буряк В.Г., Глушенко Ю.Б. Причинно-следственные аспекты проектирования оснастки // Перспективные технологии, оснастка и методология подготовки производства. – К.: НТУУ "КПИ". – 1997. – С. 64-66.
10. Буряк В. Г., Буряк А. В., Буряк В. В. Формування і розвиток проектно-технологічної та інформаційно-комунікаційної компетентностей в освітній галузі «Технології» // Розвиток професійної компетентності педагогів у контексті реалізації нового Державного стандарту базової та повної загальної середньої освіти / Зб. наук. пр. [ред. кол.: О.Ф. Попик (гол) та ін.] – Хмельницький: Вид-во ХОІППО, 2013. – 188 с. – С. 160-172.

Надійшла в редакцію 15.10.2014

**Buryak A.V., Buryak V.G. Scientific grounds for assessment of work of cutting tools on the analysis of acoustic characteristics of the manufactured and instrumental materials.**

The article examines closely related characteristics of the manufactured and tool materials on the stages of the control values of the main physical properties of out-of-process and active control of their changes in the process of cutting. The article focuses on substantiated facts of continuous acoustic oscillatory and wave processes on the microstructure of the tool material, leading to the accumulation of tension fatigue and fracture (wear) of the working part of the tool. For an unambiguous assessment of the characteristics of the energy state of the manufactured and tool materials with general parameters characterizing the oscillatory and wave processes in the stages of control out-of-process and in the process of machining, it is proposed to perform the synthesis of parameters using the theory of cause and effect link due to the accounting values of  $e$ , depending on the argument value that determines the end result of functional dependencies.

**Key words:** cutting, the acoustic properties of materials, the cause and effect link, wear resistance.

**References**

1. Burjak V.G. Ocinka pracezdatnosti kompozicionnih instrumentiv za analizom akustichnih karakteristik energetichnogo stanu instrumental'nogo materialu. Vimirjuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah. 1998. №1. S. 49-56.
2. Birger I.A., Mavljutov R.R. Soprotivlenie materialov.: Uchebnoe posobie. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986. 560 s.
3. Bashkov V.M., Kacev P.G. Ispytaniya rezhushhego instrumenta na stojkost'. M.: Mashino-stroenie, 1985. 136 s.
4. Reznikov A.N., Reznikov L.A. Teplovye processy v tehnologicheskikh sistemah: Uchebnik dlja vuzov po special'nostjam "Tehnologija mashinostroenija" i "Metallorezhushhie stanki i instrumenty". M.: Mashino-stroenie, 1990. 288 s.: il.
5. Patent Ukraïni № 25818. Sposib kontrolju jakosti kompozicionnih rizal'nih plastin pislja spikannja. Rumbeshta V. O., Burjak A. V., Paraska G. B., Burjak V. V., Burjak V. G. Opubl. Bjul. № 13, 2007.
6. Nerazrushajushhij kontrol'. V 5 kn. Kn. 2. Akusticheskie metody kontrolja: Prakt. posobie. I.N.Ermolov, N.P.Aleshin, A.I.Potapov; Pod red. V.V.Suhorukova. M.: Vyssh. shk., 1991. 283 s.
7. Bobrov V.F. Osnovy teorii rezanija metallov. M.: "Mashino-stroenie", 1975. 344 s. s il.
8. K teorii prichinno-sledstvennyh svjazej. Troc A.A., Kokarovec V.V., Burjak V.G., Glushenko Ju.B., Skicjuk V.I., Vajtraub M.A. - Kiev, 1996. – 22 s. Rus. Dep. v GNTB Ukrainy 23.10.96, №1968. Uk 96.
9. Troc A.A., Burjak V.G., Glushenko Ju.B. Prichinno-sledstvennye aspekty proektirovanija osnastki. Perspektivnye tehnologii, osnastka i metodologija podgotovki proizvodstva. K.: NTUU "KPI". 1997. S. 64-66.
10. Burjak V. G., Burjak A. V., Burjak V. V. Formuvannja i rozvitok proektno-tehnologichnoï ta informacijno-komunikacijnoï kompetentnostej v osvitnij galuzi «Tehnologii». Rozvitok profesijnoï kompetentnosti pedagogiv u konteksti realizacii novogo Derzhavnogo standartu bazovoï ta povnoï zagal'noï seredn'oi osviti. Zb. nauk. pr. [red. kol.: O.F. Popik (gol) ta in.]. Hmel'nic'kij: Vid-vo HOIPPO, 2013. 188 s. S. 160-172.