

УДК 621.9.06:681.3.06

Ковалевський С. В., Літвиненко О. І.**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ СПЕКТРУ ТЕРМО-ЕРС З РЕЖИМАМИ РІЗАННЯ ТА ВИХІДНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ SDR-ТЕХНОЛОГІЇ**

Досвід експлуатації машин, приладів, апаратів переконливо свідчить, що їхня надійність визначається станом поверхневого шару деталей і залежить від характеру їх контактування одна з одною або з рідким, газовим та іншим середовищем [1]. За результатами багатьох досліджень, виконаних, насамперед, науковцями України, Білорусії, зокрема Д. Д. Папшевим, І. В. Кудрявцевим, Ю. Г. Шнейдером, Л. О. Хворостухіним, Ю. І. Бабейом, Б. І. Костецьким, П. І. Ящеріциним, П. А. Чепюю та іншими, встановлено, що показники якості поверхні істотно визначають зносостійкість, міцність, корозійну стійкість та інші експлуатаційні властивості деталей машин. Сучасний розвиток машинобудування пов'язаний із створенням і освоєнням технології оброблення заготовок із сталей і сплавів з підвищеними фізико-механічними властивостями – високою міцністю, корозійною стійкістю при підвищених температурах у різних середовищах. Проте виготовлення на машинобудівних підприємствах деталей із важкооброблюваних матеріалів, незважаючи на набутий досвід, супроводжується значними труднощами, високою трудомісткістю, низькою продуктивністю тощо [2]. Домінуючими методами оброблення металів з особливими фізико-механічними властивостями залишаються традиційні методи різання, а спроби замінити їх електрофізичними, електрохімічними методами істотного успіху не мали внаслідок значних матеріальних та енерговитрат та складності застосовуваного технологічного устаткування [3].

Метою роботи є освітлення та експериментальне підтвердження зв'язку спектру термо-ЕРС з режимами різання, початковими даними шорсткості та кінцевими параметрами.

Викладення основного матеріалу та результати дослідження. Об'єкт в ході його лезвийної обробки (руйнуванню, тертю, пластичної деформації) представляє собою інформаційний потік, який з'являється в результаті реєстрації термо-ЕРС з постійною складовою, модульований високочастотним електромагнітним випромінюванням [4]. Але, реєстрація з наступною обробкою даних, викликає труднощі за відсутністю відповідних апаратних засобів. Для способу реєстрації був запропонований спосіб, заснований на принципі прямого перетворення радіо сигналів з програмною обробкою технології Software Defined Radio (SDR) [5, 6, 7]. На основі цього способу розроблена схема приладу для перетворення високочастотних сигналів термо-ЕРС в низькочастотні та їх реєстрації, яка представлена на рис. 1.

Заготівка діаметру D (мм) з $N_{шт}$ шийками закріплена на верстаті у патроні і задньому центрі. Різець закріплений у різцетримачі, до різця приєднаний перетворювач представлений на рис. 1. Після попереднього налаштування верстата до заготовки підводиться різець, у результаті, в процесі обробки заготовки різцем виникає сигнал, який подається через конденсатори $C2, C3$ до високочастотних діодів $V1, V2, V3, V4$, ввімкнених таким чином, щоб сформувати сигнал через конденсатор $C1$ і $C4$ та регульований резистор R в ланцюзі заготівка-інструмент-пристрій-земля, який подається до звукової карти.

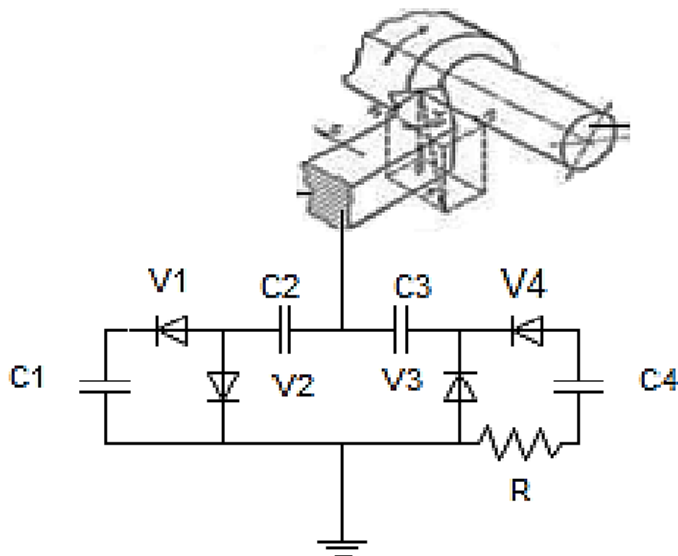


Рис. 1. Принципіальна схема реєстрації широкосмугового спектру амплітудно-частотної характеристики термо-ЕРС:

V1-V4 – високочастотні діоди; C1, C2, C3, C4 – конденсатори; R – навантаження

Відповідно до рис. 2 щодо спектру ТЕРС можливо зробити такі висновки:

1. Спектр термо-ЕРС містить інформацію щодо режимів різання та початкових даних у вигляді шорсткості;
2. Спектр термо-ЕРС містить інформацію щодо системи верстат-приспособування-інструмент-заготівка. Система: верстат-приспособування – має постійний характер впливу на спектр, а даний спосіб дозволяє виключити постійну складову;
3. Отже, на основі п. 1 та п. 2. зрозуміло, що спектр термо-ЕРС містить інформацію щодо кінцевих параметрів обробленої заготівки. Тому, на основі параметрів отриманих амплітуд та частот можливо дізнатися кінцеві параметри поверхні обробленої деталі без додаткових вимірів.

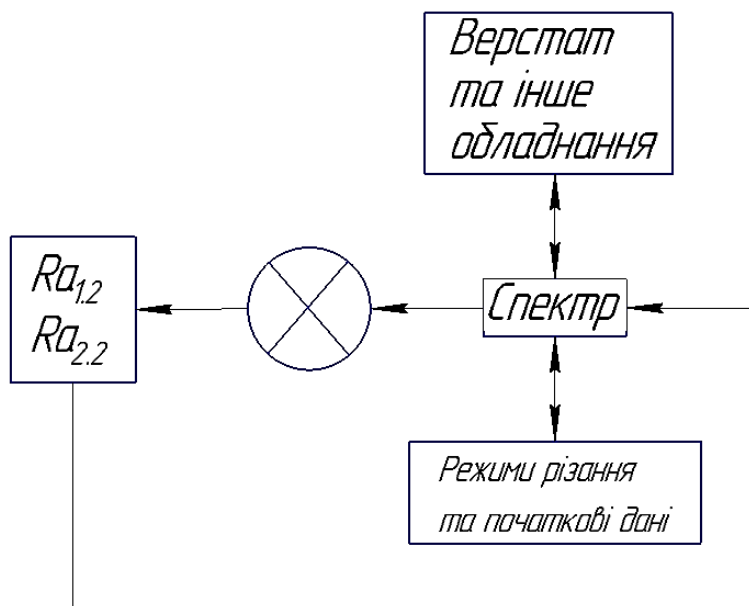


Рис. 2. Схема зв'язку спектру ТЕРС з іншими елементами системи:

$Ra_{1,1}$ – початкова повздожня шорсткість; $Ra_{2,1}$ – початкова поперечна шорсткість

Експериментальне дослідження.

Точіння проводилося на токарному верстаті 1П365, сталь Ст 30 з початковим діаметром 46 мм, кількість шийок $N_{шт} = 9$; С1, С4 – конденсатори ємністю 10 мF; С2, С3 – конденсатори ємністю 470 рF. Реєстрація сигналу проводиться з навантаженням $R = 2,2$ kOm; різець Т5К10 ГОСТ 24996-81 25×20 , пластина DHMG фірми "Sandvik Coromant"; програма для спектрального аналізу "Spectrum Analyser"; вимірювання шорсткості проводилося профілометром TP-200; режими різання зазначені у табл. 1.

Таблиця 1

Режими різання		
n , об/хв	S , мм/об	t , мм
273	0,09	0,5
385	0,12	0,75
530	0,17	1

Для забезпечення однорідності плану та врахування усіх факторів увесь експеримент проводився за методом рандомізації. Перший етап складався з рандомізації n та t при подачі $S = 0,09$ мм/об. Другий етап: рандомізація n та t при подачі $S = 0,12$ мм/об. Третій етап: рандомізація n та t при подачі $S = 0,17$ мм/об.

Хід експерименту.

1. Проведені початкові виміри D , $Ra_{1.1}$ (початкова повздовжня шорсткість), $Ra_{2.1}$ (початкова поперечна шорсткість). Проведені виміри після кожного етапу експерименту.

2. За допомогою програмного пакету "Neuro Pro" створена та навчена модель процесу різання на основі 324 тестових значень раніше знайдених амплітуд, частот та режимів різання (табл. 2). В результаті виявлені найменші значення шорсткості разом з зіставними до них режими різання (рис. 3).

Таблиця 2

Тестові режими різання				
V	S	t	$Ra_{1.1}$	$Ra_{2.1}$
35	0,1	0,5	2,5	1
50	0,12	0,75	5	2,5
65	0,15	1	7,5	5
-	-	-	10	-

3. За результатами отриманих значень тестових параметрів та прогнозованої шорсткості побудовані тривимірні графічні зображення залежностей (рис. 4, 5):

- $Ra_{1.2}$ ($Ra_{1.1}$, $Ra_{2.1}$); $Ra_{2.2}$ ($Ra_{1.1}$, $Ra_{2.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (S , $Ra_{2.1}$); $Ra_{2.2}$ (S , $Ra_{2.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (t , $Ra_{2.1}$); $Ra_{2.2}$ (t , $Ra_{2.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (V , $Ra_{2.1}$); $Ra_{2.2}$ (V , $Ra_{2.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (S , $Ra_{1.1}$); $Ra_{2.2}$ (S , $Ra_{1.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (t , $Ra_{1.1}$); $Ra_{2.2}$ (t , $Ra_{1.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (V , $Ra_{1.1}$); $Ra_{2.2}$ (V , $Ra_{1.1}$);
- $Ra_{1.2}$ (t , S); $Ra_{2.2}$ (t , S);
- $Ra_{1.2}$ (V , S); $Ra_{2.2}$ (V , S);
- $Ra_{1.2}$ (V , t); $Ra_{2.2}$ (V , t).

№	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
1	x168	x176	x177	x178	x179	x184	x197	x199	x200	x209	x226	x229	x232	x233	x249	x253	V, м/мин	t, мм	S, мм/об	Ra 1.1	Ra 2.1	Ra 1.2	Ra 2.2
2	253,601	150,6618	398,369	-116,027	-75,7847	5,537819	5,665805	22,83157	109,5152	29,24214	-168,397	249,6209	187,4808	-367,42	-99,2242	234,7113	35	0,5	0,1	2,5	1	5,369013	1,671688
3	-259,393	114,1233	-296,951	-44,3959	-127,989	-36,8817	-72,7767	-162,697	11,78745	-63,3006	-117,789	196,0216	262,2026	-384,411	-197,649	183,7189	35	0,5	0,1	2,5	2,5	1,899242	2,510757
4	-502,088	378,6054	-89,8932	267,7545	29,98166	-162,597	118,4573	-419,581	-346,44	-105,477	371,6851	234,0363	768,7564	-530,78	-637,543	52,25427	35	0,5	0,1	2,5	5	1,915004	4,375517
5	-136,581	124,3331	-336,003	-187,18	-129,961	32,73039	-145,859	-60,7683	207,7354	2,798118	-255,717	232,9442	69,90755	-324,045	-192,407	272,4737	35	0,5	0,12	2,5	1	8,484612	2,529345
6	-132,295	68,70038	-265,677	-99,2462	-167,86	13,8439	-238,14	-186,241	53,80335	-134,824	-233,673	120,9608	66,80639	-309,894	-137,883	145,0438	35	0,5	0,12	2,5	2,5	3,989286	2,645217
7	-318,66	316,8417	-158,893	58,48465	-51,7131	16,7333	-58,2826	-363,395	-229,844	-127,482	93,24892	159,6483	556,4908	-417,579	-444,945	-30,2385	35	0,5	0,12	2,5	5	3,536643	4,71809
8	-43,8966	42,97068	-275,977	-248,956	-199,167	36,70895	-225,37	-101,921	286,1134	-15,6038	-331,228	198,9476	-15,172	-283,391	-228,212	200,63	35	0,5	0,15	2,5	1	11,38691	4,538234
9	18,04899	37,2747	-192,037	-161,77	-185,432	36,04491	-293,079	-75,8854	135,7249	-206,945	-328,023	76,35161	-31,6513	-141,558	-80,7798	89,89594	35	0,5	0,15	2,5	2,5	10,86775	4,033779
10	-138,497	169,0983	-190,651	-152,35	-161,948	62,77388	-192,097	-320,227	-154,707	-160,766	-127,382	13,54304	238,1364	-306,027	-237,278	-68,851	35	0,5	0,15	2,5	5	8,213136	6,09634
11	181,938	70,03436	-340,642	-124,107	-133,045	62,62189	-54,1623	-10,8382	23,86034	24,45698	169,427	111,5466	171,0829	219,1	-166,694	138,1612	35	0,5	0,1	5	1	10,03424	2,680526
12	-373,967	161,3679	-152,465	172,4742	-43,6272	-141,392	89,15183	-198,631	-217,685	-47,5895	178,0906	135,9016	448,218	-341,449	-377,122	2,52362	35	0,5	0,1	5	2,5	9,075926	2,942256
13	-583,905	392,7808	-7,4694	438,2629	85,88163	-272,005	275,3718	-385,813	-442,781	-70,8526	551,3241	249,6823	928,6223	-483,376	-767,222	33,23967	35	0,5	0,1	5	5	4,569108	4,836786
14	-48,8916	-18,0621	-275,864	-184,388	-191,541	63,81555	-179,773	-46,6217	100,9337	-39,1839	-269,167	53,18674	-31,7303	-182,755	-145,641	120,3849	35	0,5	0,12	5	1	11,43903	4,005686

Рис. 3. Таблиця прогнозування шорсткості

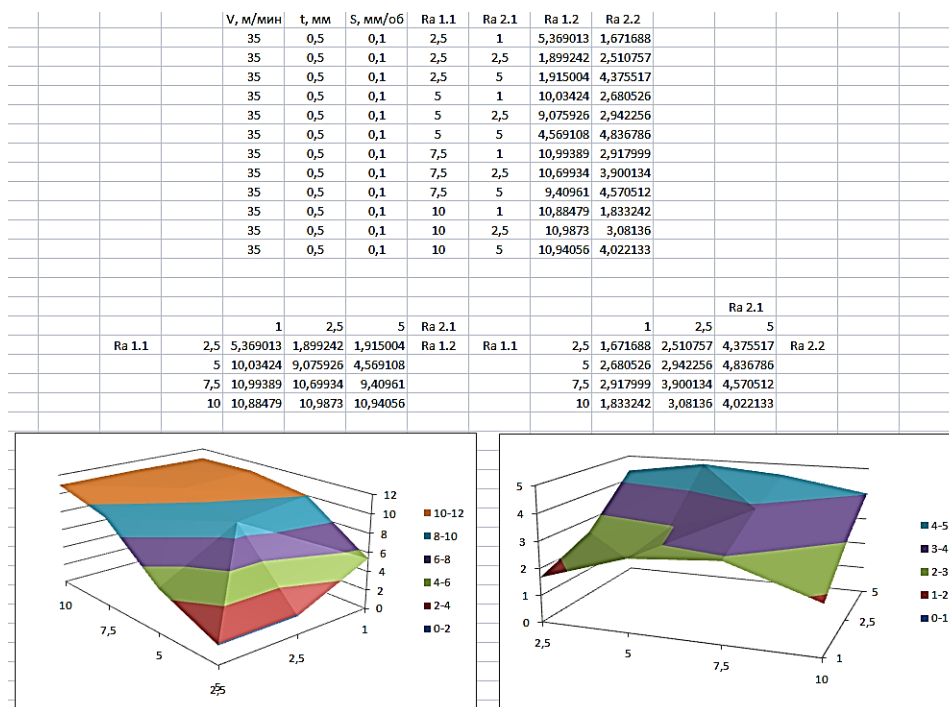


Рис. 4. Тривимірне графічне зображення залежності $Ra_{1,2}$ ($Ra_{1,1}$, $Ra_{2,1}$), $Ra_{2,2}$ ($Ra_{1,1}$, $Ra_{2,1}$)

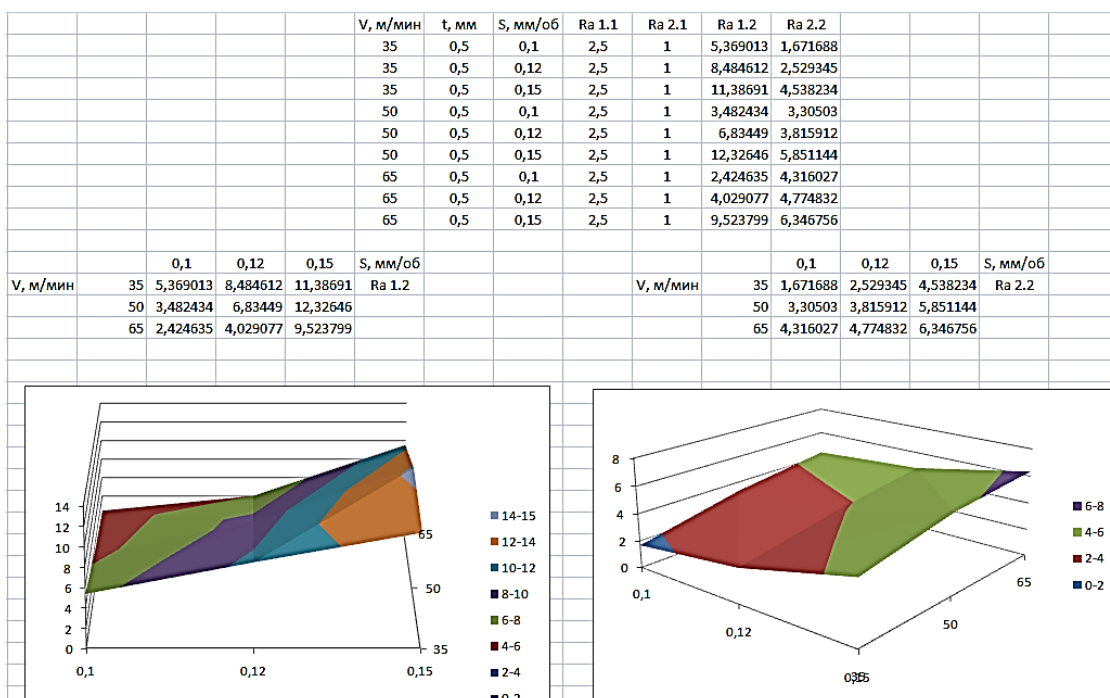


Рис. 5. Тривимірне графічне зображення залежності $Ra_{1,2}$ (V , S); $Ra_{2,2}$ (V , S)

На основі кінцевої таблиці (рис. 3) можливо виділити кілька амплітуд з певними режимами різання, що дають найменшу поздовжню шорсткість (до сліду інструменту), що відповідає значно меншому зносу ріжучої частини інструменту.

281. -35,94209 -37,94017 -42,50472 -44,87062 -48,0633 -62,14264 -62,75542 -74,41328 -81,00036 -45,15279 -73,48636 -44,34473 -66,60863 -36,95919 -97,81889 -45,52421 -15,39542 -27,49164 -61,53481 -84,47188 -142,3283 -132,298 33,2882 -102,0948 -50,45201 -147,3482 -73,21821 -55,33286 -24,40757 -88,76906 -120,2601 -9,58155 -125,2987 -102,9609 -17,73071 -167,2222 -174,1061 72,06071 -193,4364 -91,00474 -19,54827 -77,20396 -233,0984 -187,5981 -39,85997 -67,37611 -154,3508 V = 65 t = 0,75 S = 0,1 Ra_{1,1} = 10 Ra_{2,1} = 1 Ra_{1,2} = 12,0288 Ra_{2,2} = 1,527146

317. -36,22499 -37,24619 -41,24182 -44,05449 -48,284 -59,24604 -62,54901 -84,8158 -71,21892 -36,25674 -59,75584 -34,67593 -68,61825 -27,95977 -96,88367 -49,05849 -27,81328 -28,47925 -53,84645 -79,55301 -136,4918 -117,9561 22,62387 -104,951 -51,97001 -131,0815 -45,53244 -71,83807 -30,36198 -91,55663 -121,9091 5,415206 -104,5246 -74,85552 -6,803662 -171,187 -175,3031 54,44081 -209,8127 -110,5749 -32,35183 -76,96379 -220,3217 -211,7708 -74,23988 -72,13361 -103,783 V = 65 t = 1 S = 0,1 Ra_{1,1} = 10 Ra_{2,1} = 1 Ra_{1,2} = 11,34293 Ra_{2,2} = 1,667919

Результати свідчать про те, що саме змінна, а не постійна частина спектру найбільш повно визначає режими різання. В подальшому цей спосіб можливо використовувати для підвищення продуктивності виробництва за рахунок: скорочення часу на вибір оптимальних режимів різання; зменшення зносу ріжучого інструменту; можливості чистової обробки різцем замість шліфування; проектування нових металооброблювальних станків. А також для аналізу станків через спектр режимів різання.

ВИСНОВКИ

На підставі експериментальних досліджень можна стверджувати, що змінна частина спектру ТЕРС пов'язана та дає інформацію про кінцеві значення параметрів поверхні деталі, що дає можливість обрання оптимальних режимів різання за короткий проміжок часу. Встановлені залежності впливу кожного з параметрів режимів різання на кінцеву якість. Новизна отриманого технічного рішення підтверджена [8].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю. Г. Шнейдер. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1982. – 248 с
2. Режимы резания труднообрабатываемых материалов : справочник / Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров и др. – М. : Машиностроение, 1986. – 240 с
3. Кусий Я. М. Прогнозування впливу режимів різання під час точіння на якість поверхонь деталей із важкооброблювальних сталей / Я. М. Кусий, Я. М. Литвиняк, А. М. Кук. – Національний університет "Львівська політехніка", 2007 р.
4. Постнов В. В. Анализ спектральных характеристик и применение математического планирования эксперимента для решения задач оптимизации процесса резания металлов / В.В. Постнов, Б. Ф. Усманов // Вестник УГАТУ. – [S.l.], v. 15, n. 4 (44). – P. 225–229, авг. 2018. – ISSN 1992-6502. – Доступно на: <http://journal.ugatu.ac.ru/index.php/Vestnik/article/view/840>. – Дата доступа: 18 ноя. 2018.
5. Software defined radio: architectures, systems, and functions / Markus Dillinger, Kambiz Madani, Nancy Alonistioti. – Wiley, 2003. – 454 pages.
6. Галкін В. А. Основи програмо-конфігуруємого радіо / В. А. Галкін. – М. : Гаряча лінія – Телеком, 2013. – 372 с.
7. Ковалевський С. В. Теоретичні та експериментальні передумови дослідження інформаційних потоків при формоутворенні різанням / С. В. Ковалевський, Е. С. Ковалевська, А. О. Кошовий. – Краматорськ : ДДМА. – 5 с.
8. Патент 06383 Україна, МПК G01B 9/02. Спосіб реєстрації комплексних параметрів процесу різання / С. В. Ковалевський, О. І. Литвиненко ; заявл. 07.06.2018 ; опубл. 13.11.2018. – 5 с.

Стаття надійшла до редакції 19.12.2018 р.