

В цій роботі приводяться теоретичні і експериментальні дослідження динаміки процесу переривчатого шліфування на верстаті SASL 5, з метою розробки методики підбору геометричних параметрів кругів і режимів переривчатого шліфування для роботи на гамі безцентрових круглошліфувальних верстатів (мод. SASL 5D, SASL125/1, SASL 200 та ін.). Виконана нами робота є продовженням і розвитком досліджень процесу переривчатого шліфування і представляє собою частину загальної проблеми покращення якості поверхонь кілець роликотідшипників, що шліфуються, над якою працюють наукові колективи кафедр «Технологія машинобудування» Пермського і Одеського політехнічних інститутів під керівництвом д.т.н., проф. Якімова А.В.

#### Інформаційні джерела

1. Якімов О.В. Високопродуктивне шліфування / О.В. Якімов, Ф.В. Новиков. – К.: ІНТМ, 1995. – 180с.
2. Марчук В.І. Вплив технологічних чинників на експлуатаційні характеристики роликотідшипників / В.І. Марчук // Наукові нотатки: міжвузівський збірник (за напрямом “Інженерна механіка”). – 2003. – Випуск 12. – С. 179–184.

УДК 621.822

В.І. Марчук, д.т.н., І.В. Марчук, к.т.н., Ю.А. Лук’яничук, к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ РОЛІКІВ В ПРОЦЕСІ ПЕРЕРИВЧАТОГО БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ

*У статті розглядаються питання забезпечення мікрогеометричних параметрів якості шліфованих поверхонь обертання в умовах переналагоджувального підшипникового виробництва.*

**Ключові слова:** Безцентрове шліфування, шорсткість, поверхня обертання роликотідшипник.

*В статье рассматриваются вопросы обеспечения микрогеометрических параметров качества шлифованных поверхностей вращения в условиях переналаживаемого подшипникового производства.*

**Ключевые слова:** Безцентровое шлифование, шероховатость, поверхность вращения, роликотодшипник.

*The article deals with the issue of quality parameters mikrogeometry polished surfaces of revolution in terms bearing production.*

**Keywords:** centreless grinding, surface roughness, surface roller rotation.

Якість поверхневого шару роликів роликотідшипників формується на фінішних операціях оброблення, де використовується шліфування. Показники якості поверхневого шару діляться на дві групи: геометричні та фізико-механічні. До геометричних показників якості поверхневого шару відносяться висота шорсткості шліфованої поверхні роликів. До фізико-механічних показників якості поверхневого шару відноситься комплекс властивостей, що характеризують стан мікроструктури, розподілення мікротвердості по глибині, характер зміни і величини залишкових напружень.

Вплив умов шліфування на шорсткість доволі повно вивчено і описано у вітчизняній і закордонній літературі [1, 2, 3, 4]. Але в літературі немає відомостей по формуванню шорсткості поверхні під час переривчатого шліфування в широкому діапазоні режимів. Оскільки цей показник є одним з основних, виникає необхідність в розробці методики вибору геометричних параметрів переривчастих кругів і режимів різання, що забезпечують необхідну шорсткість поверхонь деталей під час переривчатого шліфування.

Шорсткість поверхні оброблюваного ролика досліджувалась при різних можливих поєднаннях режимів шліфування ( $v_b$ ,  $t$ ,  $S$ ) з використанням математичного планування експерименту. На основі отриманих даних були побудовані поверхні відгуку для визначення шорсткості поверхні, яка шліфувалась переривчастими кругами для різних можливих поєднань режимів шліфування при фіксованому значенні числа ріжучих виступів переривчатого круга і часу шліфування. Співставлення поверхонь відгуку шорсткості поверхні під час шліфування суцільним і переривчастим кругами показало, що зі збільшенням режимів ( $v_b$ ,  $t$ ,  $S$ ) спостерігається загальна тенденція до зростання шорсткості, особливо при режимах шліфування, близьких, або рівних

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

максимальним в досліджуваному діапазоні. На рис.1 та рис.2 показані поверхні відгуку шорсткості поверхні під час шліфування переривчастими кругами з числом ріжучих виступів  $z=8$  через 30сек шліфування при різних значеннях швидкості виробу ( $v_B$ ). Збільшення швидкості деталі, глибини різання і повздовжньої подачі створюють сприятливі умови для інтенсивного самозаточування ріжучих виступів переривчастого круга, що підвищує шорсткість шліфованої поверхні. Шліфування суцільним кругом на аналогічних режимах призводить до зменшення шорсткості поверхні при збільшенні швидкості деталі (рис.3, рис.4). Під час шліфування суцільним кругом на цих режимах шліфування поверхневий шар матеріалу настільки інтенсивно нагрівається, що відбувається розм'якшення його і розмазування по шліфувальним рискам, які утворились. Це призводить до зменшення шорсткості поверхні, що не спостерігається під час шліфування переривчастими кругами.

Але шорсткість шліфованої поверхні не є єдиним показником, що визначає якість поверхні, оскільки під час шліфування суцільним кругом на режимах, які розглядаються, на шліфованій поверхні утворюються припалювання і тріщини.

Суттєвий вплив на формування шорсткості поверхневого шару має час шліфування. Причиною цього є затуплення переривчастого шліфувального круга і зміна умов роботи ріжучих зерен по часу. Під час шліфування переривчастим кругом протягом 30-60сек зареєстрована зміна шорсткості як в сторону її збільшення, так і зменшення. Під час шліфування переривчастим кругом в режимі затуплення спостерігається зниження шорсткості поверхні по часу, оскільки проходить затуплення ріжучих зерен, профіль ріжучих виступів стає менш гострим, зростає температура в зоні різання. На режимах шліфування, що забезпечують самозаточування ріжучих виступів, відмічено зростання шорсткості поверхні в часі, за рахунок збільшення загального числа ріжучих зерен, поелементного зняття припуску, поступового зколювання і роздріблення ріжучих зерен на фронтальній поверхні ріжучого виступу.

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,16	0,195	0,25	0,28	0,33
1,8	0,26	0,29	0,33	0,38	0,42
2,4	0,35	0,38	0,42	0,47	0,51
3	0,42	0,46	0,51	0,55	0,6

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,3	0,33	0,35	0,37	0,38
1,8	0,35	0,42	0,48	0,54	0,61
2,4	0,39	0,49	0,68	0,73	0,77
3	0,45	0,55	0,72	0,79	0,85

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,48	0,52	0,48	0,46	0,45
1,8	0,49	0,55	0,62	0,68	0,72
2,4	0,46	0,57	0,71	0,85	0,95
3	0,45	0,6	0,82	1,2	1,22

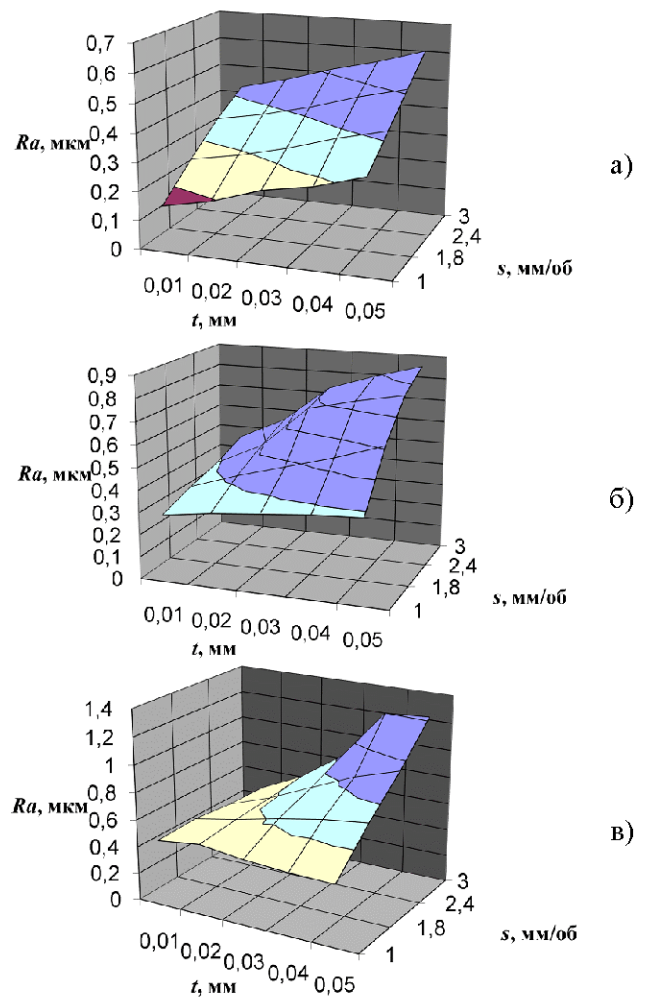
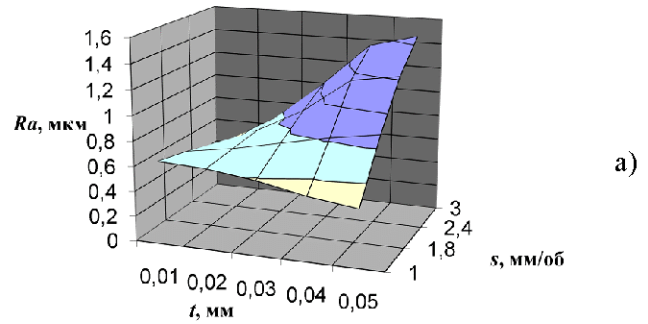


Рис.1. Поверхні відгуку шорсткості поверхні ( $Ra$ ) під час шліфування переривчастим кругом ( $z = 8, l_1 = 186 \text{ мм}$ ) протягом 30сек: а)  $v_B = 42 \text{ м/хв.}$ ; б)  $v_B = 53 \text{ м/хв.}$ ; в)  $v_B = 67 \text{ м/хв.}$

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,66	0,64	0,59	0,51	0,46
1,8	0,6	0,66	0,74	0,82	0,88
2,4	0,5	0,68	0,88	1,16	1,22
3	0,45	0,68	1	1,35	1,45



$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,88	0,82	0,7	0,58	0,55
1,8	0,7	0,78	0,88	0,97	1,02
2,4	0,55	0,75	1,02	1,25	1,45
3	0,4	0,75	1,1	1,5	1,85

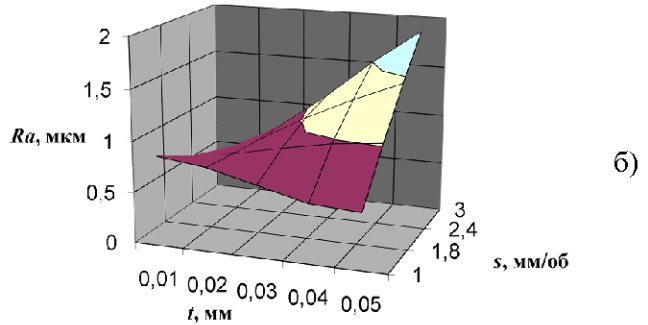
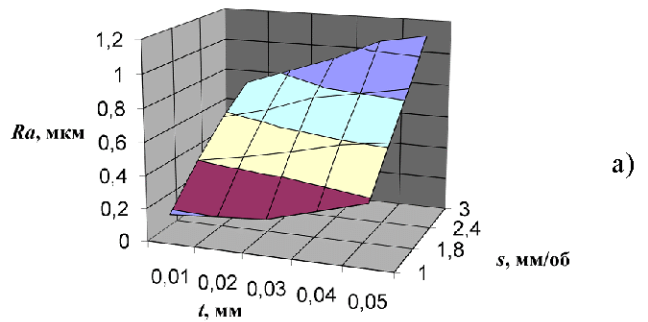
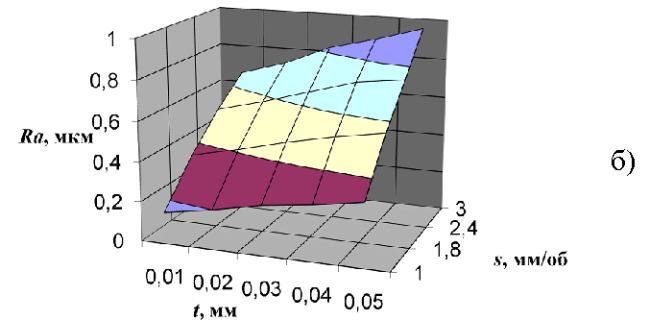


Рис.2. Поверхні відгуку шорсткості поверхні ( $Ra$ ) під час шліфування переривчастим кругом ( $z = 8, l_1 = 186 \text{ мм}$ ) протягом 30сек: а)  $v_B = 86 \text{ м/хв.}$ ; б)  $v_B = 91 \text{ м/хв.}$

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,18	0,2	0,22	0,3	0,38
1,8	0,4	0,45	0,51	0,58	0,62
2,4	0,58	0,65	0,75	0,8	0,85
3	0,72	0,82	0,92	1,05	1,1



$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,16	0,2	0,25	0,28	0,32
1,8	0,36	0,41	0,47	0,52	0,56
2,4	0,52	0,58	0,65	0,72	0,75
3	0,65	0,72	0,82	0,88	0,95



$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
1,8	0,35	0,37	0,39	0,42	0,48
2,4	0,46	0,48	0,53	0,57	0,62
3	0,55	0,6	0,65	0,72	0,8

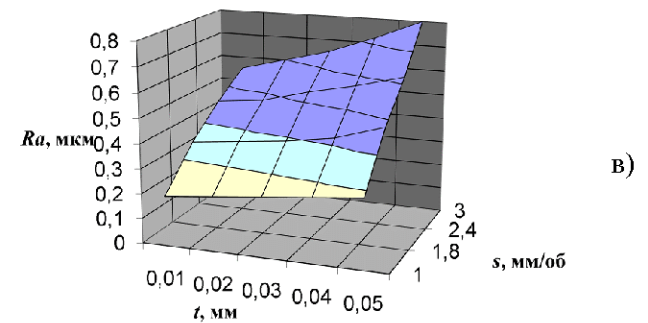


Рис. 3. Поверхні відгуку шорсткості поверхні ( $Ra$ ) під час шліфування суцільним кругом протягом 30сек: а)  $v_B = 42 \text{ м/хв.}$ ; б)  $v_B = 53 \text{ м/хв.}$ ; в)  $v_B = 67 \text{ м/хв.}$

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,2	0,22	0,24	0,25	0,26
1,8	0,32	0,35	0,37	0,39	0,41
2,4	0,39	0,42	0,47	0,5	0,53
3	0,45	0,5	0,53	0,59	0,64

$S, \text{мм/об}$ $t, \text{мм}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
1	0,3	0,27	0,25	0,23	0,22
1,8	0,32	0,33	0,34	0,34	0,33
2,4	0,33	0,36	0,38	0,39	0,4
3	0,37	0,38	0,42	0,45	0,46

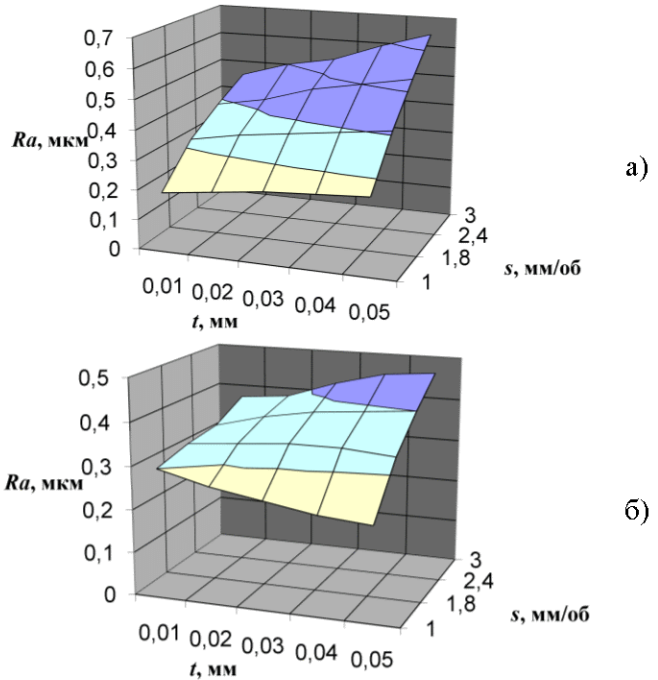


Рис.4. Поверхні відгуку шорсткості поверхні ( $R_a$ ) під час шліфування суцільним кругом протягом 30сек: а)  $v_b = 90$  об/хв.; б)  $v_b = 95$  об/хв

Під час шліфування суцільним кругом також зростає шорсткість поверхні зі збільшенням часу роботи на режимах, що забезпечують самозаточування шліфувального круга, і зменшується – під час шліфування в режимі затуплення ріжучих зерен. На режимах, що забезпечують самозаточування суцільного круга, зростання шорсткості в часі проходить не так інтенсивно, як під час шліфування переривчастим кругом на відповідних режимах. Це пояснюється впливом температурного фактору у формуванні шорсткості поверхні, яка визначається швидкістю переміщення деталі ( $v_b$ ), що призводить до появи припалювань на шліфованій поверхні.

При зміні числа ріжучих виступів переривчастих кругів від 8 до 14 зареєстрована незначна зміна шорсткості поверхні на однакових режимах і при однаковому часі шліфування (рис.5,а).

На переривчастих кругах з числом ріжучих виступів  $z=14$  спостерігається зниження шорсткості на легких режимах шліфування і збільшення на важких режимах, що забезпечують інтенсивне самозагострення ріжучих виступів. Це пояснюється тим, що на легких режимах шліфування, які сприяють затупленню зерен шліфувального круга, робота переривчастого круга наближається до роботи суцільного круга, а на важких, в умовах само загострення, зареєстровано інтенсивне осипання зерен по всій довжині ріжучих виступів, що призводить до підвищення шорсткості поверхні.

Під час шліфування з числом ріжучих виступів  $z = 8$  в період шліфування (до 10с) за рахунок наявності пазів зменшується загальна кількість ріжучих зерен на робочій поверхні, що погіршує чистоту поверхні на легких режимах шліфування. На важких режимах проходить інтенсивне формування фронтальної зони на ріжучому виступі, але не на всю довжину. Частина довжини ріжучого виступу, що залишилась, яка має притуплені зерна, формує шорсткість поверхні, забезпечуючи кращу чистоту поверхні, ніж під час шліфування кругом з числом ріжучих виступів  $z=14$ .

При зміні відношення протяжності ріжучого виступу і впадини в інтервалі від 1 до 2 спостерігається зміна шорсткості поверхні в межах двох розрядів одного класу в різні періоди шліфування (рис.5,б).

Загалом при збільшенні швидкості переміщення ролика ( $v_b$ ) шорсткість поверхні після шліфування звичайними кругами зменшується, а після шліфування переривчастими кругами – збільшується. Це підтверджує той факт, що під час шліфування переривчастим кругом шорсткість формується тільки ріжучим контуром, а під час звичайного шліфування – за рахунок розмазування металу, розм'якшеного від температури в зоні різання. Варто зазначити також, що під час шліфування переривчастим і суцільним кругами на режимах, що забезпечують хорошу якість поверхневого шару, шорсткість під час переривчастого шліфування ( $R_a$ ) на 2-3 розряди вища, ніж при суцільному, а на виходжувальних режимах шліфування на 1-2 розряди нижча, ніж при суцільному.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

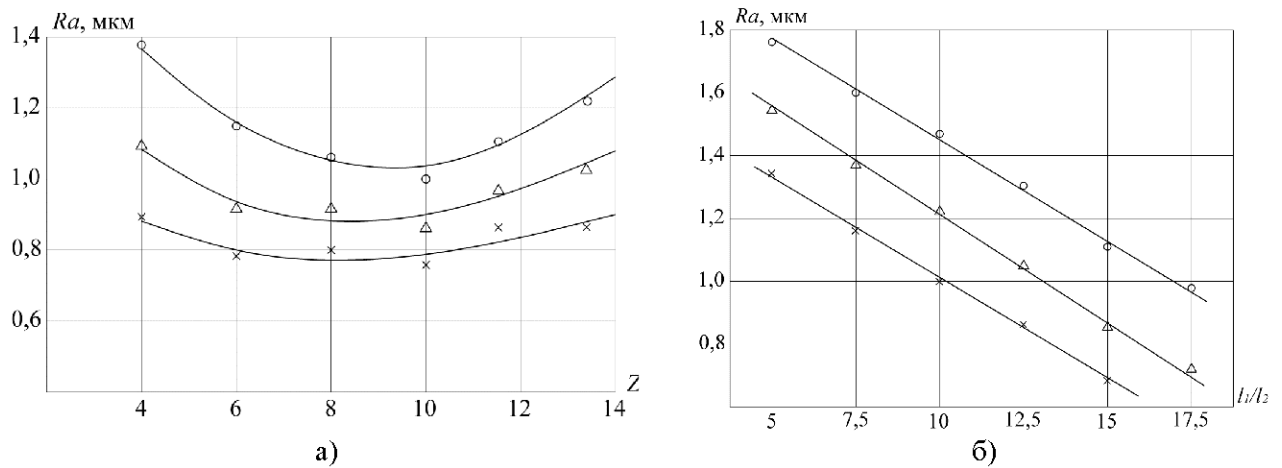


Рис. 5. Залежність шорсткості поверхні від числа ріжучих виступів круга а) і відношення протяжності виступу і впадини б).  $v_B = 53 \text{ м/хв.}$ ,  $t = 0,02 \text{ мм}$ ,  $S=20 \text{ мм/хід}$ .  
 $X-X - T = 10 \text{ с}$ ,  $\Delta-\Delta - T = 30 \text{ с}$ ,  $O-O - T = 60 \text{ с}$

Отже, під час чистового оброблення поверхонь обертання роликів конічних підшипників, доцільно використовувати суцільні шліфувальні круги, а на фінішних операціях технологічного процесу виготовлення при безцентровому шліфуванні – переривчасті шліфувальні круги із числом ріжучих виступів  $Z = 8$ .

### Інформаційні джерела

1. Бабаков И.Н. Теория колебаний / И.Н. Бабаков. – М.; Наука, 1968. – 560с.
2. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / А.И. Грабченко. – Харьков : Высш. Школа, 1985. – 184 с.
3. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
4. Oczos K. Struktura geometryczna powierzchni / K. Oczos, V. Luibimov. –Rzeszow, 2003. – 200 p.

УДК 681.2

В.Т. Михалевич<sup>1</sup>, к.т.н., Б.І. Тарас<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет

<sup>2</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

### УЗГОДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДАХ І СИСТЕМАХ

*Отримання оптимальних технічних та метрологічних характеристик вимірювальних засобів можливе лише за умови раціонального узгодження взаємодії їх функціональних елементів. Важливим завданням на етапі проектування приладів є забезпечення ефективної передачі інформаційного сигналу у послідовності вимірювальних перетворювачів. З цією метою пропонується використати принцип узгодження елементів за їх вхідним та вихідним опором.*

**Ключові слова:** вимірювання, перетворення, інформаційний сигнал, узгодження, опір

*Получение оптимальных технических и метрологических характеристик измерительных средств возможно лишь при условии рационального согласования взаимодействия их функциональных элементов. Важным заданием на этапе проектирования приборов является обеспечение эффективной передачи информационного сигнала в последовательности измерительных преобразователей. С этой целью предлагается использовать принцип согласования элементов по их входным и выходным сопротивлениям.*

**Ключевые слова:** измерение, преобразование, информационный сигнал, согласования, сопротивление

*Obtain optimal technical and metrological characteristics of measuring tools is possible only under condition of rational coordination of interaction of their functional elements. An important task at the stage of designing devices is to ensure effective transmission of the signal sequence of measuring transducers. To this end, proposed to use the principle of matching items for their input and output impedance.*

**Keywords:** measurement, transformation, information signal, negotiation, resistance