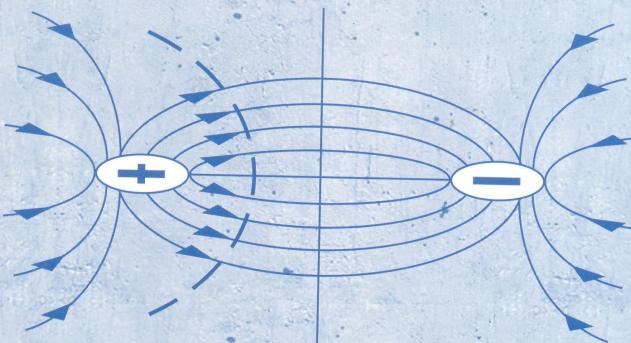


Г. Тимчик, В. Скицюк,
М. Вайнтрауб, Т. Клочко

ВІДЧУТНИКИ
КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
СИСТЕМ



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Г. С. Тимчик, В. І. Скициюк,
М. А. Вайнтрауб, Т. Р. Клочко

**Відчутники
контрольно-вимірювальних
систем**

Монографія

Київ
НТУУ «КПІ»
2008

УДК 621.9.08
ББК 30.61+34.9
В42

Рекомендовано Вченою радою
Національного технічного університету України «КПІ»
(Протокол № 6 від 09.06.2008 р.)

Рецензенти:

В. О. Румбешта, д-р техн. наук, проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
В. В. Шевченко, канд. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Тимчик Г. С.

В42 Відчутники контрольно-вимірювальних систем [Текст] :
монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицик, М. А. Вайнтрауб,
Т. Р. Клочко. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 240 с., іл. – Бібліогр.:
с. 232–239. – 300 пр.

ISBN 978-966-622-284-1

Розглянуто аспекти застосування теорії ТОНТОР (тонкого торкання)
шодо створення відчутників і чутників торкання та технологічних комплексів,
які ґрунтуються на застосуванні основних теоретичних тез цієї технології.
Наведено основні принципи класифікації приладів контролю технологічного
процесу оброблення металів різанням. Подано теоретичні засади дії різних
типів відчутників (окрім відчутників олітичних, акустичних тощо) та основні
засади побудови чутників.

Для наукових та інженерно-технічних працівників, студентів старших
курсів університету відповідного напряму.

УДК 621.9.08
ББК 30.61+34.9

ISBN 978-966-622-284-1

© Г. С. Тимчик,
В. І. Скицик,
М. А. Вайнтрауб,
Т. Р. Клочко, 2008
© М. М. Клочко, дизайн
обкладинки, 2008

ЗМІСТ

Вступ	6
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ	10
1.1. Основні проблеми точності виготовлення деталей на верстатах з ЧПК	10
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМКИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ	20
2.1. Чинники, які впливають на якісні показники кінцевого продукту механообробки	21
2.2. Зв'язок якості торкання з якістю технологічного процесу металообробки	27
2.3. Класифікація приладів контролю торкання інструмента до деталі	30
2.4. Класифікація систем контролю торкання при металообробці	33
2.5. Дуальність системи «чутник → силовий елемент»	39
2.6. Зв'язок вихідного сигналу відчутника з діючим чинником торкання	44
РОЗДІЛ 3. ЄДИНІЙ ЕЛЕМЕНТАРНИЙ ВІДЧУТНИК	48
3.1. Основи теорії єдиного елементарного відчутника	48
3.2. Векторна модель вибору ЕЕВ	58
3.3. Відчутники, які використовують виключно електричні властивості матеріалу	61
3.4. Контур з періодично зміненими параметрами	64
РОЗДІЛ 4. РЕАКЦІЯ ВІДЧУТНИКА НА РЕАЛЬНУ ЕЛЕКТРОМАГНЕТНУ ПЕРЕШКОДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	68
4.1. Шумове електромагнетне тло металообробного обладнання	68
4.2. Вплив перешкоди трикутного імпульсу на роботу відчутника	70
4.3. Реакція відчутника на реальну перешкоду від обладнання	74
4.4. Електричні моделі металообробного обладнання	79
4.5. Джерела наведених перепідкод та реакція відчутника на них	87
4.6. Огляд імовірних джерел і приймачів наведень	88
РОЗДІЛ 5. ВІДЧУТНИКИ КЛАСУ <i>M</i> ТА <i>EM</i>	90
5.1. Відчутники класу <i>M</i>	90
5.2. Відчутники підкласу <i>k</i>	90

5.3. Відчутники підкласу rk	91	9.2. Електричні властивості відчутників підкласу RLC	165
5.4. Відчутники підкласу rmk	91	9.2.1. Електричні властивості відчутників RLC при послідовних з'єднаннях елементів ланцюгу	165
5.5. Відчутники класу EM підкласу $f(RLC) + f(r, m, k)$	92	9.2.2. Електричні властивості відчутників RLC при паралельних з'єднаннях елементів ланцюгу	169
5.6. Електричні властивості відчутників підкласу $f(RLC) + f(r, m, k)$	97	9.3. Електричні властивості відчутників підкласу RLC при резонансі	172
5.7. Системи контролю металообробки за аналізом вібраакустичних сигналів	102	9.4. АЧХ відчутників підкласу RLC	176
5.8. Математичні засади побудови вібраакустичної системи торкання на засадах відчутника підкласу $f(RLC) + f(r, m, k)$.	104	9.4.1. АЧХ відчутників підкласу RLC при послідовному з'єднанні елементів	176
5.9. Прилади контролю процесів металообробки на засадах відчутників підкласу $f(RLC) + f(r, m, k)$	105	9.4.2. АЧХ підкласу RLC при паралельному з'єднанні елементів	179
РОЗДІЛ 6. ВІДЧУТНИКИ КЛАСУ E ПІДКЛАСУ R	111	9.5. Індукційні властивості відчутників підкласу RLC	181
6.1. Загальні засади роботи відчутників підкласу R	111	9.5.1. Відчутники для вимірювання параметрів магнетних полів	182
6.2. Електричні властивості відчутників підкласу R	113	9.6. Відчутники підкласу RLC для контролю моменту торкання інструмента до деталі	184
6.3. Найпростіші відчутники підкласу R	115	9.7. Засади збільшення якісних показників відчутників підкласу RLC	188
6.3.1. Найпростіші відчутники підкласу R з надточною механікою	115	9.8. Конструкційні особливості відчутників підкласу RLC	191
6.4. Відчутники підкласу R аналогового типу (реостатні)	120	9.9. Основні принципи побудови СКТ підкласу RLC	193
6.5. Відчутники підкласу R з чутливістю до механічних навантажень (тензометричні)	125	9.10. Побудова універсальної системи торкання для металообробного обладнання	198
РОЗДІЛ 7. ВІДЧУТНИКИ ПІДКЛАСУ C	131	9.11. Визбирувачі корисного сигналу	199
7.1. Загальні засади відчутників підкласу C	131	9.12. Електромагнетний чутник торкання інструмента і деталі для верстатів з CNC	205
7.2. Електричні властивості відчутників підкласу C	133	9.12.1. Блок СКТ	210
7.3. Еквівалентна схема відчутників підкласу C	135	9.12.2. Генератори електромагнетного поля по підтримці фізичного принципу роботи	212
7.4. Вібраційні відчутники підкласу C	138	9.13. Прилади контролю процесу металообробки на засадах електромагнетних явищ у зоні обробки	214
7.5. Типові схеми увімкнення відчутників підкласу C	140	9.13.1. Контрольно-вимірювальні чутники реєстрації моменту торкання до деталі та присутності інструмента	214
7.6. Чутливість відчутників підкласу C до зони присутності деталі	142	РОЗДІЛ 10. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА	222
РОЗДІЛ 8. ВІДЧУТНИКИ ПІДКЛАСУ L	151		
8.1. Загальні властивості відчутників підкласу L	151		
8.2. Електричні властивості відчутників підкласу L	155		
8.3. Основні конструкції відчутників підкласу L	157		
8.4. Застосування відчутників підкласу L при контролі процесів металообробки	160		
РОЗДІЛ 9. ВІДЧУТНИКИ ПІДКЛАСУ RLC	164		
9.1. Відчутники підкласу RLC	164		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Теоретичні засади технології ТОНТОР / Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Клочко Т.Р. - К.: НТУУ «КПІ», 2007. - 234 с.
2. Коваль М. И., Игонин Г. А. Сравнительный анализ составляющих погрешности обработки на тяжелом станке с ЧПУ // Станки и инструмент. - 1979. - № 9. - С. 8 - 11.
3. Белокур И.П., Коваленко В.А. Дефектоскопия материалов и изделий. К.: Техника, 1989. - 192 с.
4. Костин П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов: Учеб. пособие для профессионально-технических училищ. - М.: Машиностроение, 1990. - 256 с.
5. Методы акустического контроля металлов /Н.П.Алёшин, В.Е.Бельй, А.Х. Вопилкин и др/ Под ред. Н.П. Алёшина. - М.: Машиностроение, 1989. - 456 с.
6. Электромагнитные датчики механических величин /Н.Е.Конюхов, Ф.М.Медников, М.Л.Нечаевский. - М.: Машиностроение, 1987. - 256 с.
7. Технические средства диагностирования: Справочник. /В.В.Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др/ Под общ. ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1989. - 672 с.
8. Э.Бауман. Измерение сил электрическими методами. Перевод с немец. - М.: МИР, 1978. - 431 с.
9. Армарего И.Дж.А., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. Пер. С англ. В.А. Пастунова. М., Машиностроение, 1977. - 325 с.
10. Диагностика процесса металлобработки /В.А.Остафьев, В.С.Антонюк, Г.С. Тимчик, - К.:Техника, 1991. - С.70-90
11. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н.Арзамасов, И.И.Сидорин, Г.Ф.Косолапов и др.; под общ. ред. Б.Н.Арзамасова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 384 с.
12. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. - М.: машиностроение. 1982. - С.305
13. Скицюк В.І., Махмудов К.Г., Клочко Т.Р. Технологія ТОНТОР. - К.: Техніка, 1993. - 80 с.
14. Махмудов К.Г. Контроль, диагностика и прогнозирование обработки металлов резанием по переходным процессам. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. доктора техн. наук. - К. КПІ - 1994. - 30 с.
15. Г.В.Сафонкин. Датчик контроля деталей и инструмента // Приборы и системы управления. 1991 - №9 - С.36.
16. Контроль и диагностика в ГПС. Под ред. Б.И. Черпакова. Кн.7. - М.: "Высшая школа", 1989. С.30-80.
17. Шевченко В.В. Диагностика работоспособности режущего инструмента при чистовом точении на основе электромагнитных явлений. 05.03.01. Автореф. диссерт. на соискание уч. степени канд. техн. наук. - К. КПІ - 1985. - С.16.
18. Кретинин В.П., Кретинин О.В., Денисенко А.В. О связи параметров износа инструмента и шероховатости обработанной поверхности // Вопросы повышения качества и производительности изготовления деталей машин на металлорежущих станках. - Горький. - 1974. - Т.30, вып.17. - С.14-15.
19. Васильев С.В. Использование электрических явлений при резании для коррекции режимов обработки. Метод. рекоменд. - М.: ЭНИМС, 1981. - 76 с.
20. Зелик В.П. и др. Многоканальное устройство для виброакустической диагностики металлорежущих станков // Металлорежущие станки. - К. - 1990. - 18. - С.50-54.
21. А.с. 1652805 СССР, МКИ G01B 7/00. Бесконтактный датчик положения. Р.А.Пицальников, С.П.Трубчанин - №4036868/28. Заяв. 14.03.86. Опубл. 30.05.91. Бюл.№20.
22. Скицюк В.І., Остафьев В.А., Шевченко В.В. Автоматическая настройка и поднастройка режущих инструментов на токарных станках с ЧПУ // Технология и организация производства. - 1989. - №3. - С.15-17.
23. В.А.Остафьев, В.И.Скицюк, Т.Р.Клочко. Устройство контроля состояния сверл в многошпиндельных головках // Технология и организация производства. - 1991. - №3. - С.33-35.
24. Скицюк В.І. Аналіз сучасного стану приладів контролю точності токання інструменту з деталлю та шляхи подальшого розвитку // Сучасне машинобудування. - 2000. - №1. - С.20-30.
25. Активный контроль размеров /С.С.Волосов, М.Л.Шлейфер, В.Я.Рюмин и др. / Под ред. С.С.Волосова. - М.: Машиностроение, 1984. - 224 с.
26. Кужидем Зб. Методы управления точностью токарной обработки на станках с ЧПУ типа CNC. 05.08.01 Автореф. диссертации на соискание уч. степ. канд. техн. наук. К. КПІ - 1987 - 16 с.
27. Пат. 4,786,220 USA МКИ B23C 7/00. CUTTING TOOL WEAR MONITOR. John M. Fildes. - 53,643. Заявл. 26.05.1987. Опубл. 10.22.1988.
28. Самбурский А.И., Новик В.К. Бесконтактные измерения параметров вращающихся объектов. (Б-ка приборостроителя). - М.: Машиностроение, 1976. - 141 с.
29. Федотов А.В., Компанейц А.Н. Применение измерительных головок на обрабатывающих центрах // Станки и инструменты. - 1989. - №4. - С.24 - 25.
30. Пономарёв Л.А., Якимович Б.А. Автоматическое базирование деталей на станках с ЧПУ // Станки и инструменты. - 1990. - №4 - С. 21-22.
31. C.N.Chu, W.T.Kwon. Monitoring and Diagnosis for Abnormal States of Machine Tools. / Journal of Korean Society of precision Engineering Vol.11 №2 Apr. 1994.
32. Скицюк В.І. Технологія ТОНТОР // Вісті українських інженерів (Ukrainian Engineering News) - 1993. - XLVIII - 4. - С.10-14.
33. Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Клочко Т.Р. Метод контролю граничного стану різального інструмента при токарній обробці матеріалів // Наукові вісті НТУУ "КПІ". - 1999. - №2. - С.101-107.
34. Скицюк В.І., Клочко Т.Р. Технологія ТОНТОР для автоматизованого прецизійного контролю якості / Зб. Приладобудування - 96, м.Вінниця (м.Судак), Вінницький ДТУ. - Т.1. - 1996. - С.84.
35. DAISHOWA SEIKI CO., LTD. FA Dept. CATALOG №52, 53,51,63,68. 1998.
36. А.с. 1399072 СССР, МКИ В 23 Q 15/00. Устройство автоматического регулирования процесса обработки на металлорежущих станках /В.А.Остафьев, В.Л.Заковоротный, Т.Р.Клочко, Л.З.Бузик, И.М.Костра. - №3919467/31-08; Заявл. 12.04.85; Опубл. 30.05.88, Бюл. №40

37. Філософський словник / Зав. ред. М. Розенталя, П. Юдіна. -К.: Вид. політ. літ. України, 1964. - С. 154-155.
38. В.Смайт. Електростатика и электродинамика. Перев. со второго амер. издания А.В.Гапонова и М.А.Миллера. - М.: Иностр. литер., 1954. - 804 с.
39. Мизюк Л.Я. Элементы транзисторных схем измерительной аппаратуры для индуктивной электроразведки. - К.: Наукова думка, 1970. - 280 с.
40. Г.С. Тимчик, В.І. Скициок, М.А. Вайнтрауб, Т.Р. Клочко. Чутники електромагнітного випромінювання біотехнічних об'єктів. -К.: Леся, 2004. -64 с., іл.
41. М.Ф. Гарднер, Дж.Л. Бернс. Переходные процессы в линейных системах с сосредоточенными постоянными. /Пер. с англ. -М. Изд-во физ.-мат.лит., 1961, 552 с.
42. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин: методы измерений: Учеб. пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1987. - 320 с.
43. Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. /Н.Н. Евтихеев, Я.А. Купершмидт, В.Ф. Паполовский, В.Н. Скугров; под общ. ред. Н.Н. Евтихеева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 352 с.
44. Джагулов Р.Г., Еродиев А.А. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. - Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1986. - 256 с.
45. А. Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. Пер. с фр. Гл. ред. физ.-мат. литер. -М.: Наука, 1965. -780 с., ил.
46. Кухаркин Е.С. Основы инженерной электрофизики. Ч.1. Основы технической электродинамики. Под ред. П.А.Ионкина. Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа. - 1969. - 510 с.
47. Ремизов Л.Т. Естественные радиопомехи. - М.: Наука. 1985. - 200с. - С.32-39.
48. А.Мак-Доналд. Сверхвысокочастотный пробой в газах. -М.: Мир. - 212с.
49. Волин М.Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Радио и связь. - 1981. - 296 с.
50. Носсель Ю.Я. Электрические поля постоянных токов. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. - 1986. - 160 с.
51. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания /Г.С. Векслер, В.С. Недочетов, В.В. Пилинский и др. - К.: Техника. - 1990. - 167с. - С.22-30
52. Войтик М.С. Помехи в источниках питания с бестрансформаторным входом // Полупроводниковая электроника в технике связи. - 1983. - Вып. 23. - С.174-177.
53. Костиков В.Г., Никитин И.Е. Источники электропитания высокого напряжения РЭА. - М.: Радио и связь, 1986. - 200 с.
54. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике: Пер. с нем. - М.: Мир, 1991. - 446с.: ил. С.43-45
55. Скициок В.И., Мирзаев А.И., Махмудов К.Г. Контроль процесса резания на основе виброакустического сигнала // Вторая научно-техническая конференция советских и польских молодых ученых выпускников высших учебных заведений СССР. Киев - Вроцлав 1986. - С.34-35.
56. Г.И. Атабеков. Основы теории цепей. - М.: Энергия, 1966. - 424 с., ил.
57. Кузмичев В.Е. Законы и формулы физики. - К.: Наук. думка, 1989. - 864 с.
58. Скициок В.І., Клочко М.М. Фізичні засади контролю взаємодії різального інструмента з деталлю на основі вимірювання змінного струму // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Приладобудування. - 2005. -№ 29. -С.75-84/
59. Неразрушающий контроль. Россия, 1900 - 2000 г.г.: Справочник / Под ред. Клюева В.В. - М.: Машиностроение, 2001. - 612 с.
60. Скициок В.І., Плотников О.О., Глоба Л.С.. Способ та пристрій визначення градієнту точності металорізальних верстатів з ЧПК. Труды четвертой международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии», м. Одеса, 19 - 23 травня 2003 р. - С.353-354.
61. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. - М.: Машиностроение. 1982. - С.305.
62. Федотов А.В., Компанейц А.Н. Применение измерительных головок на обрабатывающих центрах // Станки и инструменты. 1989. - №4. - С.24 - 25.
63. Скициок В.І. Аналіз сучасного стану приладів контролю точності торкання інструмента з деталлю та шляхи подальшого розвитку // Сучасне машинобудування. - 2000. - №1. - С.20-30.
64. Материаловедение: Учебник для ВТУЗ. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 384 с.
65. Махмудов К.Г. Контроль, диагностика и прогнозирование обработки металлов резанием по переходным процессам. 05.03.01 Автoref. диссертации на соискание уч. степени д-ра техн. наук. -К.: КПИ, 1994. - 374 с.
66. Заковоротный В.Л. Исследования динамической характеристики резания при автоколебаниях инструмента. В кн. Изв. техн. науки. Ростов. Ростов. Ин-т с.-х. машиностроения, 1976. -С.37 - 44.
67. Юганов В.С. Использование низкочастотных акустических колебаний для текущего контроля процесса шлифования: Автoref. дис. на соиск. уч. степ. к.т.н. Ульянов. гос.техн. ун-т. - 1999. - 18 с.
68. Патент 2025253 Россия. МКИ B23Q 15/00. Устройство для определения момента затупления режущего инструмента / Обабков А.И., Зубов В.К. Заявка № 4913898/08. Заявл. 25.02.91. Опубл. 30.12.94. Бюл. № 24.
69. А.с. 1776492 ССР МКИ В 23 В 25/06. Устройство для диагностирования состояния режущего инструмента Заявка № 4855332/08. Заявл. 27.07.90. Опубл. 1992. Бюл. № 43.
70. А.с. СССР 1703380 МКИ B23Q 15/00. Устройство для автоматической подналадки и контроля износа режущего инструмента / Обабков А.И., Зубов В.К., Старкова Т.С. Заявка № 4635939/08. Заявл. . Опубл. 12.01.89.
71. А.с. 1798042 ССР МКИ В 23 В 25/06. Устройство для определения разрушения режущего инструмента / Позднякова А.Г., Андреев В.С. Заявка № 4768842/08. Заявл. 15.12.89. Опубл. 28.02.93. Бюл. № 8.
72. А.с. 1776492 ССР МКИ В 23 В 25/06. Устройство для диагностирования состояния режущего инструмента / Ф.И. Каган, М.Г. Кац, С.И. Костин и др.. Заявка № 4855332/08. Заявл. 07.07.90. Опубл. 23.11.92. Бюл. № 43.
73. А.с. 921689 ССР МКИ В 23 В 25/06. Устройство для контроля выходных параметров процесса резания / Барзов А.А., Голдобин Н.Д., Кулагин А.Ю. и др. Заявка № 2993601/25-08. Заявл. 14.07.79. Опубл. 29.09.80.

74. А.с. 1763144 СССР. МКИ В 23Q 15/00. Способ управления обработкой детали резанием / А.А.Барзов, А.А.Вдовин, С.А.Гаврилов и др. Заявка № 4883180/08. Заявл. 31.08.90. Опубл. 23.09.92. Бюл. № 35.
75. А.с. СССР 1146175 МКИ В23Q 15/00. Способ автоматического управления процессом механической обработки и устройство для его осуществления. / Палагнюк Г.Г., Заковоротный В.Л., Савельев В.Д. и др. Заявка № 3646480/25-80. Заявл. 26.09.83. Опубл. 1985.
76. Заявка Японії № 62-22742 МКІ В23Q 15/14. Способ і устроїство регулювання швидкості обробки / К.К.Мицуи хайтекку. Заявл. 56-73113. 15.05.81. Опубл. 1988.
77. Махмудов К.Г., В.А.Остаф'єв, А.А.Мирзаев. Автоматизовані методи определення обрабатываемости металлов. – К.: ВИПОЛ, 1995. - 91 с.
78. Костин П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов: Учеб. пособие для профессионально-технических училищ. - М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
79. А.с. 1734958 СССР. МКИ В 23 В 25/06. Система прогнозирования состояния режущих инструментов / Кокаровцев В.В., В.А.Остаф'єв, Ю.Н.Камаев и др. Заявка № 3831491/08. Заявл. 20.12.84. Опубл. 23.05.92. Бюл. № 19.
80. Патент 21776 Україна МКІ В 23 Q 15/00. Спосіб контролю якості різального інструмента / Остаф'єв Д.В., Остаф'єв С.В. Заявка № 94107371. Заявл. 27.10.94. Опубл. 30.04.98. Бюл. № 2.
81. Тимчик Г.С., Скицик В.І., Ключко Т.Р. Метод контролю граничного стану різального інструмента при токарній обробці матеріалів // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 1999. - №2. -С.101 – 107.
82. Патент 2173838 Россия. МКІ G 01 L 1/12, G 01 N 27/72. Способ определения напряженно-деформированного состояния изделия по магнитным полям рассеяния. Опубл. 2001.
83. Мамедов Ф.И., Дадашева Р.Б., Мамедов Д.Ф. Двухмерный индуктивный датчик для одновременного измерения двух технологических процессов // Приборы и системы. Упр. и контроль, диагности. - 2001. - № 5. – С.54-55.
84. Wu Xuezhong, Li Shengyi, Liu Xiaogui. Система контроля за работой оборудования с использованием множества датчиков // Shuju sayi yu chuli=J. Data Acquis. and Process. - 1999. -14, № 2. - С. 200-203.
85. Niu Y.M., Wong Y.S. Система контроля износа инструмента на токарных станках // Int. J. Adv. Manuf. Technol. - 1998. - 14, № 2. - С.77-84.
86. Nordmann Klaus. Контрольно-измерительная система токарного станка //Mashinenmarkt. - 1998. - 104, №1-2. - С.26-27. Nordmann GmbH und Co. KG.
87. Святский М.А. Способ повышения точности измерительной головки для станков // XXXI науч.-техн. конф. Иж. ГТУ, Ижевск, 15-17 апр., 1998: Тез. докл. Ч.1. Ижевск. -1998. -С.207-208..
88. Шмелев А.М. Диагностика состояния режущего инструмента // Прикладные задачи механической деформируемости твердого тела и прогрес.технол. в машиностроении - 1997. - С.144-147, 270. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. – Владивосток.
89. Сгибнев А.В., Барзов А.А. Определение момента касания инструмента о деталь при механической обработке методом акустической эмиссии // Изв.вузов. Машиностр. - 1997. № 4-6. -С.95-97.
90. Smith Graham T. Автоматический контроль состояния режущего инструмента //Metalwork.Prod. - 1997. - 141, № 10. - С. T11, T14, T16.
91. Gong Weiguo, Obikawa Toshiyuki, Shirakashi Takahiro. Метод контроля износа инструментов. Monitoring of tool wear states in turning based on wave let analysis // JSME INT.J.C. -1997. -40, №3. -С.447-453.
92. Система измерений вибраций инструмента // Technica (Suisse). -1997. -46, №21. - С.55.
93. Бронштейн И.Н., Семенджев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., исправл. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
94. Скицик В.І., Дюордца І.М., Науменко В.І.. Апаратурне забезпечення технологічного процесу вимірювання форми деталі з метою наступної корекції. Високі технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць НТУ "ХПІ" – Харків – 2005. – с. 379-390.
95. Измерительные системы фирмы Mapross // Amer. Mach. -2000. -144. -№8. - С.281, 282. Mapross Corp.
96. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. Е.П.Осадчего. –М.: Машиностроение, 1979. -480 с., ил.
97. Абанин В.А., Ромашкин В.Н. Тензорезисторные датчики силы // Приборы и системы управления. -1999. -№12, -С.25-27.
98. Э. Бауман. Измерение сил электрическими методами. –М.: Мир, 1978. -384 с.
99. Беспалов В.О., Гераімчук М.Д., Нікітін О.К. Методика оптимізації геометричних розмірів чутливих елементів вимірювальних перетворювачів сили складної форми // Вісник НТУУ «КПІ» серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. - 2006. –Вип. 31. –С.79 -85.
100. Павловский М.А. Влияние погрешностей изготовления и сборки гироприборов на их точность. –К.: Изд-во Киевского университета, 1973. - 192 с.
101. Уразаев З.Ф., Монахов А.Н. Контроль точности расположения поверхностей основных деталей гироприборов. – В сб. Гирроскопическое приборостроение. –М.: Машиностроение, 1963.
102. Метод контроля износа режущего инструмента при точении / Choudhury S.K., Jain V.K., Krishna S. Rama //Trans. ASME. J. Manuf. Sci. and Eng. -2001. -123, № 1, С.10-12. - Department of Mechanical Engineering, Indian Instit. of technology, Kanpur, India.
103. Заявка 1083023 ЕПВ МКИ В 23 Q 15/007. 001193663 Пріоритет 25727499 10.09.99 Японія. Система мониторинга процесса резания / Fjuishima Makoto, Otsubo Hisashi, Nakagawa Hideo. Kakino Yoshiaki, Mori Seiki Co., Ltd, Yasuda Precision Tools K.K., Osaka Kiko Co., Ltd., Yamazaki Mazak Corp., Mitsubishi Denki K.K. Опубл. 14.03.01.
104. Эльясберг М.Е. К теории и расчету устойчивости процесса резания металла на станках // Станки и инструменты. -1971. -№ 11. –С.6 – 11.
105. Говорков А.Г., Купалин С.Д. Теория электромагнитного поля в упражнениях и задачах. – М.: Высшая школа, 1963. – 372 с.

106. В.М.Николаенко, В.Г.Панов, М.И.Гросман. Электрическая измерительная система для анализа распределения потенциалов и профилей поверхности / Станки и инструменты. – №11 – 1979.
107. Заявка пат. Україна № 97126364, МПК G 6 В 23 Q 17/22. Спосіб реєстрації присутності та торкання різального інструмента / В.І.Скицюк, М.В.Скицюк. Опубл. 29.12.97.
108. Арменский Е.В., Рыбин В.М. Измерение тока импульсного пучка заряженных частиц // Измерительная техника. – 1966. – №2 – с.13-17
109. Афанасьев Н.Г., Демьянов А.В. Интегратор тока пучка электронов. ПТЭ. – №2. – 1962. – с.20
110. Богданов Г.Б. Основы теории и применения ферритов в технике измерения и контроля. -М.: Советское радио, 1967. – 339 с.
111. Калашникова В.Н., Козодаев М.С. Детектор ионизированных частиц. -М.: Наука, 1966. – 408 с.
112. Индуктивные элементы радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / И.Н.Сидоров, М.Ф.Биннатов, Л.Г.Шведова. – Радио и связь. – 1992. – 288 с.: ил. С.26-27.
113. Преображенский А.А., Биплард Е.Г. Магнитные материалы и элементы: Учебник для студ. вузов по спец. "Полупроводники и диэлектрики". – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Вышш. шк. – 1986. – 352 с.
114. Толмасский И.С. Высокочастотные магнитные материалы. – М.: Энергия, 1968. – 72 с., ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 651).
115. Курлин М.В. и др. Электрорадиоматериалы. -Л.: Судостроение, 1969. – 339 с.
116. Пат. 4420253 США, МКИ G 01 N 21/00, g 02 b 5/14. Датчик определения износа и поломки режущего инструмента на токарном станке. Method and apparatus for detecting wear or breakage of tools and other objects / Timothy R. – №323397; Заявл. 20.11.81; Опубл. 13.12.83; НКИ 356/237, 240,73.1,407/120.
117. Общая радиотехника /М.М.Могилевский, И.Д.Анохина, Н.И.Бревда - К.: Вища шк. Головное изд-во. – 2-е изд., перераб. и доп. – 1985. – 287с. – С.215
118. Патент 6059494 США. MKI B 23 Q 17/24. Система мониторинга состояния режущего инструмента / Susnjara Kenneth J., Thermwood Corp. Заявка 08/707863. Заявл. 9.09.96. Опубл. 9.05.00.
119. Датчики касания для координатно-измерительных машин // Mod. Mach. Shop. - 2000. – 72. -№11. -С.244-246.
120. Заявка 2298486 Велика Британія. MKI G 01 B 21/22. Измерительный преобразователь перемещений и деформаций с использованием поверхностных акустических волн / Gray D.R. ERA Patents Limited. приоритет 95043006. Заявл. 3.03.95. Опубл. 4.09.96.
121. Кличко Т.Р., Тимчик Г.С., Кличко М.М. Розробка алгоритмів функціонування лазерних гібридних акустооптических аналізаторів стану процесу токарної обробки металів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький. - 1998. -№ 4. -С. 33-37.
122. Тимчик Г.С., Кличко М.М. Метод аналізу стану динаміки процесів та об'єктів в приладобудуванні та медицині // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Приладобудування. – 2002. -№ 24. -С.57-62.
123. Wang Zhong-min, Wang Xin-yi. Способ моніторинга износа режущего инструмента // J. Beijing Inst. Technol. - 2001. - 10, № 1. - С. 101-107.
124. Chen Xin-quan, Li Xi-lan, Deng Min. Использование акустической эмиссии для мониторинга состояния инструмента // Changsha dianli xuebao. Ziran kexue ban=J. Changsha Univ. Elect. Power. - 2001. - 16, № 1. - С. 1-3.
125. Скицюк В.І., Тимчик Г.С. Фізичні основи близької електромагнітної взаємодії інструмента та деталі при токарній металообробці // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2001. -№ . –С.103-105.
126. Загалеев М.Р., Сарилов М.Ю. Диагностика РИ методом контроля термо-эдс // Науч.-техн. творчество аспир. и студ.: 27 Науч.-техн. конф. аспир. и студ. Комсомольск-на-Амуре гос.техн.ун-та, К-на-Ам., 18-28 апр., 1997: Тез.докл. С. 8.
127. А.с. 500907 СССР МКИ 2 B23B 25/06. Способ измерения удельной термо-э.д.с. на режущих кромках инструмента / В.И.Денисенко. № 2-37342/25-8. Заявл. 26.06.74. Опубл. 30.01.76. Бюл. № 4.
128. Повышение стойкости РИ путем использования систем контроля их состояния. Ogawa Hisao // Puranto enjinia=Plant. Eng. -2001 -33, №2. - С.65-70.
129. Заявка № 51-39715 Японія. Заявка № 4-993. Заявл. 02.11.1972. Заявка № 47-109979. Опубл. 29.10.1976. Заявитель Хитати сейки К.К.

Наукове видання

Тимчик Григорій Семенович
Скициюк Володимир Іванович
Вайнтрауб Марк Абрамович
Клочко Тетяна Реджинальдівна

**Відчутники
контрольно-вимірювальних
систем**

Монографія

В авторській редакції

Надруковано з оригінал-макета замовника

Темплан 2008 р., поз. 3-1-007

Підп. до друку 17.06.2008. Формат 60×84¹/₁₆. Папір офс. Гарнітура Times.
Спосіб друку – ризографія. Ум. друк. арк. 13,95. Обл.-вид. арк. 23,2. Зам. № 772. Наклад 300 пр.

НТУУ «КПІ» ВІІ ВІК «Політехніка»
Свідоцтво ДК № 1665 від 28.01.2004 р.
03056, Київ, вул. Політехнічна, 14, корп. 15
тел./факс (044) 241-68-78