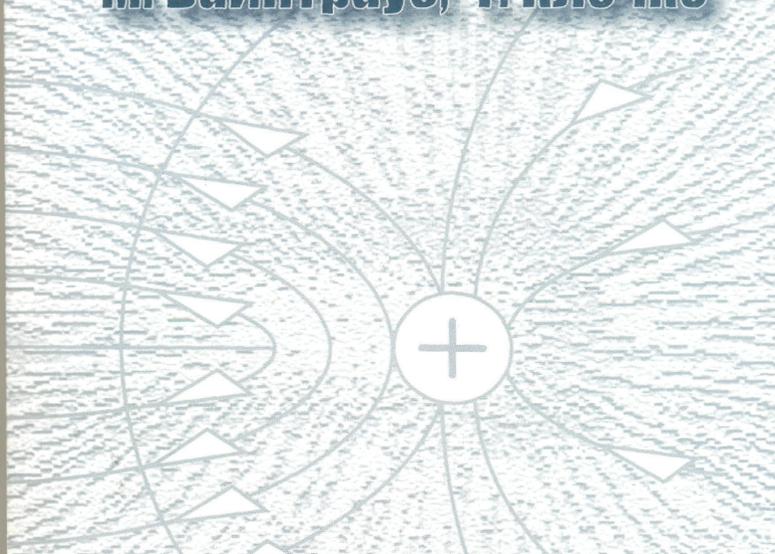


**Г. Тимчик, В. Скицюк,  
М. Вайнтрауб, Т. Клочко**



**ФІЗИЧНІ ЗАСАДИ  
Технології ТОНТОР**

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

Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк,  
М. А. Вайнтрауб, Т. Р. Ключко

## Фізичні засади технології ТОНТОР

Монографія

Київ  
НТУУ «КПІ»  
2010

1.

Рекомендовано до видання Вченою радою НТУУ «КПІ»  
(Протокол № 3 від 01.03.2010 р.)

Рецензенти: *Ю. О. Скрипник*, д-р техн. наук, проф.,  
Київський національний університет технологій та дизайну

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

Відповідальний редактор *І. Д. Кожарін*, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Ф50 **Фізичні засади технології ТОНТОР:** монографія / Г. С. Тимчик,  
В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 352 с. –  
Бібліогр.: с. 342 – 349. – 300 пр.

ISBN 978-966-622-347-3

Розглянуто фізико-технічні засади теорії технології ТОНТОР (тонкого торкання) для проблем контролю технологічних процесів механічної обробки металів. Визначено основні поняття та ознаки існування абстрактних технічних об'єктів і взаємодії їх польових структур. Розглянуто теоретичні засади взаємодії абстрактних технічних об'єктів у комплексі з чутниками електромагнітних польових структур. Показано вплив цієї взаємодії на результати вимірювання геометричних розмірів об'єктів з великою точністю. Наведено практичні результати досліджень процесів вимірювання технологічних об'єктів із застосуванням теоретичних засад ТОНТОР.

Для наукових та інженерно-технічних працівників, студентів старших курсів вищих навчальних закладів відповідного напрямку.

УДК 621.7  
БК 34.5

ISBN 978-966-622-347-3

© Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк,  
М. А. Вайнтрауб, Т. Р. Клочко, 2010  
© Обкладинка М. М. Клочко, 2010

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	7
<b>РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	8
<b>1.1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАНТОМ</b>	8
1.1.1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАНТОМ ЯК ПОНЯТТЯ СУЧАСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	9
1.1.2. ЛАНЦЮГ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ФАНТОМА	12
1.1.3. ГІПОТЕЗА ЩОДО ВИНИКНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ФАНТОМУ	15
<b>1.2. ВЛАСТИВОСТІ АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	20
<b>1.3. ВНУТРІШНЯ СТРУКТУРА АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	22
<b>1.4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ МАСИ АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	27
1.4.1. ПРОЦЕСИ УТВОРЕННЯ ПОВЕРХНІ АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ	31
<b>1.5. ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	34
<b>1.6. ПАНДАННА ЗОНА АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	45
1.6.1. ЕНЕРГЕТИЧНА НАСИЧЕНІСТЬ ПАНДАННОЇ ЗОНИ	59
<b>1.7. ЗОНА ПРИСУТНОСТІ АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ</b>	61
<b>РОЗДІЛ 2. ФІЗИЧНЕ ПІДГРУНТЯ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТИ ТОРКАННЯ</b>	67
<b>2.1. ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ ПОВЕРХНІ ТОРКАННЯ</b>	67
<b>2.2. ДУАЛЬНІСТЬ ПОВЕРХНІ ТОРКАННЯ ДЕТАЛІ</b>	71
<b>2.3. РІЗНОВИДИ ФІЗИЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ СУТНОСТЯМИ</b>	75
<b>2.4. УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТИ ПОВЕРХНІ ТОРКАННЯ</b>	79
<b>2.5. ТЕОРЕМА ПРО РОЗТАШУВАННЯ ПОВЕРХНІ ТОРКАННЯ</b>	81
<b>2.6. УМОВИ РЕЄСТРАЦІЇ ТОРКАННЯ</b>	84
<b>2.7. ВЕКТОРНА МОДЕЛЬ КООРДИНАТНИХ ПОХИБОК ВЕРСТАТА</b>	99
2.7.1. НОВА ТЕОРЕТИЧНА СИСТЕМА КООРДИНАТИ ОБЛАДНАННЯ	101
2.7.2. ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ УТВОРЕННЯ ПОХИБОК ПОЗИЦІЮВАННЯ	103
<b>РОЗДІЛ 3 КІНЕМАТИКА ТОНТОР</b>	106
<b>3.1. ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КРАПКИ У НАДТОЧНИХ СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАННЯ</b>	107

3.1.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ КРАПКИ ЯК ГЕОМЕТРИЧНОГО ОБ'ЄКТУ ВІДЛІКУ У ПРОСТОРИ	108	4.2.3.4. ЧЕТВЕРТА СИТУАЦІЯ ПРИ ТОРКАННІ ІНСТРУМЕНТА ДО ДЕТАЛІ	209
3.1.2. ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ КРАПКИ У РІЗНИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ	110	4.3. ШУМОВЕ ЕЛЕКТРОМАГНЕТНЕ ТІЛО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	210
3.2. МЕЖІ ЗАСТОСУВАННЯ РИСКИ ЯК ОБ'ЄКТУ НАЛАГОДЖЕННЯ ПРИЛАДУ	113	4.4. СКІН-ЕФЕКТ В ІНСТРУМЕНТАХ ТА ДЕТАЛЯХ ПРИ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ	217
3.2.1. ВЕЛИЧИНА РИСКИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ СТАРТОВІЙ ШВИДКОСТІ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА	114	4.5. УНШОЛЯРНА ІНДУКЦІЯ В ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ	225
3.2.2. ВЕЛИЧИНА РИСКИ ПРИ ПОЧАТКОВІЙ НУЛЬОВІЙ ШВИДКОСТІ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА	120	4.6. КІНЕМАТИКА РУХУ ЕЛЕКТРОНА У ДЕТАЛІ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ	229
3.3. ЗАСАДИ РУЙНІВНОГО ТА НЕРУЙНІВНОГО ТОРКАННЯ СУТНОСТЕЙ	128	4.7. ПОВЕРХНЕВІ ЕРС ТА СТРУМИ ПРИ КРУТНИХ КОЛИВАННЯХ ДЕТАЛІ ТА ІНСТРУМЕНТА	238
3.4. КЛАСИЧНІ СПОСОБИ ТОРКАННЯ ОБ'ЄКТУ ВИМІРЮВАННЯ ТА ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА	130	4.8. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗОНА ПРИСУТНОСТІ ДЕТАЛІ	245
3.5. МЕЖОВЕ КОЛО ТОРКАННЯ	139	4.8.1. МАГНЕТНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕТАЛІ, ІНСТРУМЕНТА І ОБЛАДНАННЯ	250
3.6. КРОК – ТОРКАННЯ	142	4.9. ФОРМУВАННЯ ПАНДАННОЇ ЗОНИ МАГНЕТНОГО ПОЛЯ ТА ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ЇЇ ПОТУЖНІСТЬ	256
3.7. БАГАТОРАЗОВЕ МОНОТОЧКОВЕ ТОРКАННЯ	143	<b>РОЗДІЛ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАСАД ТЕХНОЛОГІЇ ТОНТОР У МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ</b>	286
3.8. ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ ТОРКАННЯ	157	5.1. МЕТОДИКИ ВІДНОВЛЕННЯ РЕСУРСУ ТА КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ РОБОТИ ВЕРСТАТІВ З ЧПК	286
3.9. РУХ ІНСТРУМЕНТА В УМОВАХ «ПРИСУТНОСТІ» КОЛО ДЕТАЛІ	159	5.2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ	288
3.10. БАГАТОТОЧКОВЕ ТОРКАННЯ	176	5.2.1. ТОЧНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ВЕРСТАТІВ	289
3.11. ЗАГАЛЬНА ЗАЛЕЖНІСТЬ КІНЕМАТИЧНОГО РУХУ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА У ТОРКАННІ З ОБ'ЄКТОМ ВИМІРЮВАННЯ	180	5.2.2. ТОЧНІСТЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ. ПОМИЛКИ ІНТЕРПОЛЯТОРА І РЕЖИМУ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ	290
<b>РОЗДІЛ 4. ЧИННИКИ ВИНИКНЕННЯ ЗМІННОЇ ЕЛЕКТРОРУШІЙНОЇ СИЛИ У СИСТЕМІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	189	5.2.3. СТАЛІ ПОХИБКИ, ЯКІ СТВОРЕНІ НАЛАГОДЖЕННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	291
4.1. ПІДГРУНТЯ УТВОРЕННЯ ЗМІННОЇ ЕРС ТА МЕЖІ МОЖЛИВОСТЕЙ ЇЇ РЕЄСТРАЦІЇ	190	5.2.4. ПЛИННІ ПОХИБКИ ВИРОБНИЦТВА, ЩО ЗАЛЕЖНІ ВІД ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ	292
4.2. КОНТУРНІ СТРУМИ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ	193	5.3. АНАЛІЗ ПРИЛАДІВ КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ ВИКОНАННЯ ДЕТАЛЕЙ У МЕТАЛООБРОБЦІ	293
4.2.1. ЕЛЕКТРОФІЗИЧНА МОДЕЛЬ АБСТРАКТНОГО ВЕРСТАТА	193	5.4. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПРИЛАДІВ КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ РОБОТИ ВЕРСТАТІВ З ЧПК	296
4.2.2. ПРАКТИЧНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ЕКВІВАЛЕНТНІ СХЕМИ СИСТЕМ ТОРКАННЯ ДЛЯ МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ	200	5.5. ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ В АВТОМАТИЧНОМУ РЕЖИМІ	301
4.2.3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ТОКАРНОГО ОБЛАДНАННЯ	201	5.6. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ЗАСОБАМИ СКТ	313
4.2.3.1. ПЕРША СИТУАЦІЯ ПРИ ТОРКАННІ ІНСТРУМЕНТА ДО ДЕТАЛІ	201		
4.2.3.2. ДРУГА СИТУАЦІЯ ПРИ ТОРКАННІ ІНСТРУМЕНТА ДО ДЕТАЛІ	203		
4.2.3.3. ТРЕТЯ СИТУАЦІЯ ПРИ ТОРКАННІ ІНСТРУМЕНТА ДО ДЕТАЛІ	204		

<b>РОЗДІЛ 6. ВВЕДЕННЯ У РАХМАН-ТЕХНОЛОГІЮ</b>	<b>324</b>
<b>6.1. ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЗИТИВНО-НЕГАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b>	<b>325</b>
<b>6.2. ОБРОБЛЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ НА ЗАСАДАХ ПОЗИТИВНО-НЕГАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b>	<b>327</b>
<b>6.2.1. РУЙНІВНІ АБО НЕГАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ</b>	<b>330</b>
<b>6.2.2. ПОЗИТИВНІ АБО ПОБУДОВЧІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ</b>	<b>335</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>342</b>
<b>ПЕРЕЛІК АБРЕВІАТУР ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b>	<b>350</b>

## ПЕРЕДМОВА

Результати роботи авторів, наведені у цій книзі, є продовженням теоретичних досліджень засад технології ТОНТОР, викладених у попередніх монографіях «Технологія ТОНТОР» (1993 р.) та «Теоретичні засади технології ТОНТОР» (2006 р.). Проте з погляду створених у цих роботах окремих цілком самостійних відгалужень, наприклад напрямку технологічного фантома, можна створювати та моделювати високоточні процеси контролю геометричних параметрів виробів у процесі обробки.

Автори мають на меті удосконалення існуючих та створення нової абстрактної технології виробництва, що допомогла б вирішити більш складні технологічні процеси на засадах нової рахман-технології, яка є абстрактним математичним критерієм якості будь-якого технологічного процесу.

Розгляд фізичних засад технології ТОНТОР обґрунтовує явища, що виникають у процесі механічної обробки металів у технологічному обладнанні, заготовках та інших об'єктах технологічного процесу. Наразі це стосується електрофізики металообробки, кінематичного руху інструмента відносно деталі, що складає підґрунтя роботи чутників системи торкання об'єктів. В основі проблем у механообробці є два важливих чинника, які впливають на кінцеву якість продукції, тобто її точність. Як виявилось, на заводі досягнення високих показників точності є, по-перше, проблема незамкненого механічного кола (інструмент - деталь) і, по-друге, необхідність побудови високоякісних чутників, що не тільки чутливі до процесу торкання, а й до відстані між інструментом та деталлю.

Розвиток цієї технології надає нових можливостей надточного підналагодження технологічного обладнання, корекції зносу різального інструмента, прогнозування стану інструмента аж до його повного руйнування, що обумовлює повне використання ресурсу.

Створені засади теорії градієнтометрії похибки, завдяки якій маємо можливість визначення оптимальної траєкторії руху інструмента під час роботи металообробного верстата. Особливого значення ці результати мають для умов автоматизованого виробництва.

Ці дослідження стосуються проблем обробки матеріалів, контролю точності виготовлення надточних деталей і можуть бути використані для підготовки фахівців з технічного контролю або підготовки висококваліфікованих фахівців інтегрованих професій з обробки матеріалів, ремонту та експлуатації виміральної техніки у приладобудуванні, машинобудуванні, металургійної промисловості та у інших галузях виробництва, оскільки вони вирішують основні проблеми новітніх технологій.

Окрім того, при більш детальному розгляді ці теоретичні засади можуть бути застосовані до опису фізичних процесів у будь-якій сфері природних явищ на рівні взаємодії польових структур об'єктів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Скицюк В.І., Скицюк М.В. Технологічний фантом // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2002. - № 24. – С.149 - 155.
2. М.Льонци. История физики. –М.: Мир, 1970. – 368 с.
3. Скицюк В.І., Махмудов К.Г., Ключко Т.Р. Технологія ТОНТОР. - К.: Техніка, 1993. – 80 с.
4. Бронштейн И.Н. Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука 1967. – 608 с.
5. Кузмичев В.Е. Законы и формулы физики. – К.: Наук. думка, 1989. – 864 с.
6. Скицюк В.І., Ключко Т.Р. Нові науково-технічні поняття та терміни на їх позначення. Проблеми української термінології: 36. наук. праць – Львів: Національний університет «Львівська політехніка». - 2006. – С. 128-131.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
8. Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Вайнтрауб М.А., Ключко Т.Р. Чутники електромагнітного випромінювання для біотехнічних досліджень. -К.: “МП Леся”, 2004. – 64 с., іл.
9. Белокур И.П., Коваленко В.А. Дефектоскопия материалов и изделий. -К.: Техника, 1989. – 192 с.
10. Костин П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов: Учеб. пособие для профессионально-технических училищ. - М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
11. Точность производства в машиностроении и приборостроении / Под ред. А.Н. Гаврилова. – М.: Машиностроение, 1973. -567 с.
12. Павловський М.А. Теоретична механіка. Підручник. –К.: Техніка, 2002. -512 с., іл.
13. Скицюк В.І., Сілін Р.С. Технологія торкання технологічних об'єктів. Основні засади. Ч. 1 // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. - №1. - С.27-30.
14. Скицюк В.І., Тимчик Г.С.. Фізичні основи ближньої електромагнітної взаємодії інструменту та деталі при токарній металообробці // Наукові вісті НТУУ «КПІ». - 2002. - № 5. – С.131 - 134.
15. Скицюк В.І., Тимчик Г.С., Ключко М.М. Застосування сигналу електромагнітного поля деталі та інструмента у процесі контролю металообробки // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2003. – №4 (21). – С.30-37.
16. Контроль и диагностика в ГПС. Под ред. Б.И. Черпакова. Кн.7. - М.: Высшая школа, 1989. - С. 30 - 80.
17. Гибкое автоматическое производство / Под ред. С.А.Майорова и Г.В. Орловского. Л.: Машиностроение, 1983
18. Глоба Л.С., Скицюк В.І., Плотников О.О. Дуальність координати технологічних об'єктів у системі координат металообробляючого обладнання // Техніка і технологія друкарства. – 2004. – №1(3). – С. 67-73.
19. А.с. 1740983 СССР, МКИ G01N 3/51. Датчик касания. В.А. Остафьев, В.И. Скицюк, И.В. Масол, Я.О. Кушнир – №4796371. Заяв. 28.02.90. Оpub. 15.02.90. Бюл.№6. – 5 с.
20. Адаптивное управление станками / Под ред. Б.С. Балакшина. М.: Машиностроение, 1973, 688 с
21. Активный контроль размеров /С.С.Волосов, М.Л.Шлейфер, В.Я.Рюмки и др.; Под ред. С.С.Волосова. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
22. Глоба Л.С., Скицюк В.І., Плотников О.О. Математична модель втрати точності обладнання з ЧПК у вигляді векторної польової структури та методика визначення її параметрів для конкретного верстата / СИЭТ-2004. Труды 5 международной научно-практической конференции Современные информационные и электронные технологии. Одесса, 2004. – с. 287
23. Скицюк В.І., Сілін Р.С. Технологія торкання технологічних об'єктів. Основні способи торкання. Ч. 2 // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. - №2. – С.34 – 39.
24. Скицюк В.І., Сілін Р.С. Технологія торкання технологічних об'єктів. Загальна класифікація способів торкання та дуальність поверхні. Ч. 4 //Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002. - № 4. - С.159-162.
25. Скицюк В.І., Сілін Р.С. Технологія торкання технологічних об'єктів. Багаторазове торкання технологічних об'єктів. Ч. 3 // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. - № 3. - С.143-150.
26. Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Ключко Т.Р. Теоретичні засади технології ТОНТОР. Монографія. -К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 234 с., іл.
27. ГОСТ 27843-88. Станки металлорежущие. Методы проверки точности позиционирования. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 19 с.
28. Глоба Л.С., Скицюк В.І., Плотников О.О. Эффект дуальности поверхности торкання та його вплив на точність визначення координати поверхні // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: КДТУ. – 2003. – Вип. 13. – С. 174-180.
29. А.с. 793721 СССР. Способ контроля процесса резания при токарной обработке / В.С. Антонюк, И.В. Максимчук, В.А. Остафьев. Оpubл. 07.01.81. Бюл. № 1.
30. А.с. 956162 СССР. Способ контроля износа инструмента при токарной обработке / В. А. Остафьев, В. С. Антонюк, И. В. Максимчук, С. П. Выслоух. Бюл. № 33. Оpubл. 07.09.82
31. Способ испытания материалов на обрабатываемость точением / И. В. Максимчук. № 1422114, Бюл. №33, 07.09.88.
32. Новый словарь украинської мови. Т. 2 / Яремченко В., Сліпущко О. – К: АКОНІТ, 1999. – с.911.

33. Новий словник української мови. Т. 4 / Яремченко В., Сліпушко О. – К.: АКОНІТ, 1999. – С.9
34. Скицюк В.І. Поняття технологічної крапки (точки) у надточних системах вимірювання // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2007. – № 33. – С. 164 – 170.
35. Скицюк В.І., Вайнтрауб М.А. Межі застосування ризику як об'єкту налагодження приладу (Частина І). // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2008. – № 35. – С. 166 – 172.
36. В.Смайт. Электростатика и электродинамика. Пер. со 2-го амер. изд. А.В.Гапонова, М.А.Миллера. - М.: Изд. Иностран. литературы, 1954. – 804 с.
37. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. - М.: Машиностроение. 1982. – С. 305.
38. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
39. Коробов Ю. М., Прейс Г. А. Электрический износ при трении и резании металлов. – К.: Техника, 1976. – 200 с..
40. Васильев С.В. Использование электрических явлений при резании для коррекции режимов обработки. Метод. рекоменд. - М.: ЭНИМС, 1981. – 76 с.
41. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. – М.: Энергия, 1966. – 424 с.
42. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. – М.: Гос. научно-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1955. – 296 с.
43. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. Учебник для электротехн., энерг., приборостр. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1986. – 263 с.
44. Скицюк В.І., Ключко 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
45. 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.
46. Диагностика процесса металлообработки / В.А.Остафьев, В.С.Антонюк, Г.С. Тимчик. – К.:Техника, 1991. – С.70 - 90.
47. Электромагнитные датчики механических величин /Н.Е.Конюхов, Ф.М.Медников, М.Л.Нечаевский. - М.: Машиностроение, 1987. – 256 с.
48. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин: методы измерений: Учеб. пособие для вузов. -Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1987. – 320 с.
49. Скицюк В.І., Ключко М.М., Цірук В.Г. Енергетичні процеси металообробки при виготовленні деталей надточних приладів // 36.тез доп. наук.-техн. конференції ПРИЛАДОБУДУВАННЯ 2006: стан і перспективи, 25- 26 квітня 2006 р. – К.: НТУУ «КПІ»– 2006.
50. Скицюк В.І., Ключко М.М., Цірук В.Г. Модель енергетики процесу металообробки // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2006. - № 31. –С. 98-107
51. 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.
52. Ремизов Л.Т. Естественные радиопомехи. – М.: Наука, 1985. – 200с.
53. А.Мак-Доналд. Сверхвысокочастотный пробой в газах. -М.: Мир, 1976. – 212 с.
54. Волин М.Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1981. – 296 с.
55. Носсель Ю.Я. Электрические поля постоянных токов. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 160 с.
56. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания /Г.С.Векслер, В.С.Недочетов, В.В.Пилинский и др. – К.: Техника. – 1990. – 167с. – С.22-30
57. Войтик М.С. Помехи в источниках питания с бестрансформаторным входом // Полупроводниковая электроника в технике связи. – 1983. – Вып. 23. – С.174-177.
58. Костиков В.Г., Никитин И.Е. Источники электропитания высокого напряжения РЭА. - М.: Радио и связь, 1986. – 200 с.
59. So-Young Lee, Eui-sik Chang. Monitoring of Chatter Vibration by Laser Displacement Signal // Journal of the Korean Society of Precision Engineering. 1995. №1. P.16-20.
60. А. Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. Пер. с франц. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1965. - 780 с. с илл.
61. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособие. В 10т. Т.II. Теория поля. – 7-е изд. исп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 512 с.
62. Э.Парселл. Электричество и магнетизм. Пер. с англ. / Под ред. А.И.Шальникова и А.О.Вайсенберга, изд. 2-е, исправл. –М.: Наука. Гл. ред. физ.-матем. лит., 1975. – 440 с.
63. Калашников С.Г. Электричество. Уч. пособие. – 5-е изд., исправл. и доп. – М.: Наука. Главная ред.физ.-мат. литер., 1985. – Общий курс физики. - 576 с.. ил.
64. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов. – М.: Наука, Глав. мат.-физ. лит., 1971. – 416 с.
65. С. Барнетт. Гиромагнитные эффекты и эффекты инерции электронов // Успехи современной физики. – 1937. – С. 393 – 453.
66. Э.Бауман. Измерение сил электрическими методами. Пер. с нем. – М.: Мир, 1978. – 431 с.

67. Скицюк В.І., Клочко М.М. Новый метод прогнозирования состояния автоматизированной обработки металлов // Вісник Інж. академії України. – 2006. – Бюл. 2 - 3. – С. 114 - 121.
68. Г.В.Сафронкин. Датчик контроля деталей и инструмента // Приборы и системы управления. - 1991 - № 9 - С. 36.
69. Зелик В.П. и др. Многоканальное устройство для виброакустической диагностики металлорежущих станков // Металлорежущие станки. - К. - 1990. - 18. - С.50-54.
70. Епифанов В.В. Физика твёрдого тела. -М.: Высшая школа, 1965. – 276 с.
71. Вірченко Н.О., Ляшко І.І., Швецов К.І. Графіки функцій. Довідник. -К. Наук. думка, 1977. - 320 с.
72. Справочник по магнито-импульсной обработке металлов / Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168с.
73. Вонсовский С.В. Магнетизм. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-матем. литературы, 1984. – (Проблемы науки и технического прогресса). – 208 с.
74. Астахов Д.А., Широков Ю.М. Курс физики. Т.2. Электромагнитное поле. Гл. ред. физ.-матем. литературы, 1980. – 360 с.
75. Абрамзон Г.В., Обоишев Ю.П. Индукционные измерительные преобразователи переменных магнитных полей. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд., 1984. – 120 с.
76. Аркадьев В.К. Магнитные коэффициенты формы, вещества и тела. – Труды АН СССР, 1961. – 271 с.
77. Говорков А.Г., Купалин С.Д. Теория электромагнитного поля в упражнениях и задачах. – М.: Высшая школа, 1963. – 372 с.
78. Мизюк Л.Я. Входные преобразователи для измерения напряженности низкочастотных магнитных полей - К.: Наукова думка, 1964. – 168 с.
79. Скицюк В.І., Діордіца І.М., Науменко В.І. Вимірювання форми деталі у статичному стані та лінійному детермінованому русі різального інструмента // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія приладобудування. – 2005. – Вип.29. – С.68-74.
80. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. – М., Машиностроение, 1966. – 556 с.
81. Тепинкичиев В.К., Красниченко Л.В., Тихонов А.А., Колев Н.С. – Металлорежущие станки. – М., Машиностроение, 1970. 464с.
82. Бочков В. М., Сілін Р. І. Обладнення автоматизованного виробництва. – Львів: Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2000. – 380 с.
83. Основы технологической подготовки производства приборов / Под общ. В.А.Остафьева. – К.: Вища школа, 1977. - с.
84. Ковшов А.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1987. – 320с.: ил.
85. Лещенко В.А., Богданов Н.А. и др.. Станки с числовым программным управлением. - М.: Машиностроение, 1988. - 568 с.
86. Кузнецов Ю. Н. Станки с ЧПУ. - К.: Вища школа, 1991. – 287 с.
87. Справочник по промышленной робототехнике: в 2-х кн. Кн.1 /под ред. Ш. Нофа; пер. с англ. Д.Ф. Миронова и др. – М. «Машиностроение». – 1989. – 480с.: ил.
88. Алексеев А.Н. Ремонт станков. Теория и реализация САПР. – Киев ИСМО. – 1998. – 280с.
89. ДСТУ 2926-94 „Системи якості. Комплекси керування якістю системні технологічні. Основні положення.”
90. ДСТУ 2927-94 „Системи якості. Комплекси керування якістю системні технологічні. Загальні вимоги до інформаційно-технологічних моделей керування якістю.”
91. Феофанов А.Н., Музафаров Т.И., Ривкин В.А. Исследование координато-силовых столов автоматических линий и агрегатных станков // Станки и инструменты. – 1989. - №6. – С.15-18.
92. Точность производства в машиностроении и приборостроении / Под ред. Гаврилова В.М. - М.: Машиностроение, 1973. - 567 с.
93. Медвідь М.В., Шабайкович В.А. Теоретичні основи технології машинобудування. – Львів: Видавниче об'єднання “ВИЩА ШКОЛА”, 1976.
94. Мясников В.А., Игнатъев М.Б., Покровский А.М. – Програмное управление оборудованием. - Л.: Машиностроение (Ленинград. отд-ние), 1974.
95. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.; ил.
96. Армарего И.Дж.А., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. Пер. с англ. В.А. Пастунова. -М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
97. Булло С.И., Маркович Л.Ц., Радомысльский С.И. Проверка точности консольно-фрезерных станков по изготовленному образцу // Станки и инструмент. – 1972. - №9.
98. Гавриш А.П., Ефремов А.И. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства. – К.: Техника, 1982. - 215 с.
99. Меламед Г., Счастливленко Ф. Надежность и долговечность станочных систем. – Минск: Беларусь, 1967. – 224 с.
100. Управление качеством продукции / Справочник - М.: Издательство стандартов, 1985. - 464 с.
101. Инструкция по программированию ЛР.395ПМФ4. Руководство по программированию. Завод им. Я.М. Свердлова, 1985.
102. Глоба Л.С., Сілін Р.С. Інтелектуальні методи розрахунку та оптимізації режимів різання // Вісник Технологічного університету «Поділля». - 2000. - №1. - С. 92 – 96.
103. Скицюк В.І. Технологія торкання у металообробці та нова класифікація приладів торкання // Високі технології в машинобудуванні. Зб.наук.праць ХДПУ. – Харків, 2000. – Вип. 1(3). – С.231-241.

104. Скицюк В.І., Р.С. Сілін. Адаптивний спосіб реєстрації присутності та торкання різального інструменту до деталі. Патент 52357А Україна, МКИ В23Q17/00, G05B19/18. №2002043045. – Заявл. 15.04.2002. Пріоритет 16.12.2002. Опубл. 16.12.2002., Бюл. №12.
105. Николаенко В.М., Панов В.Г., Гросман М.И. Электрическая измерительная система для анализа распределения потенциалов и профилей поверхностей // Станки и инструменты. – 1979. – №11.
106. Федотов А.В., Компанейц А.Н. Применение измерительных головок на обрабатывающих центрах // Станки и инструменты. – 1989. – № 4. – С.24 - 25.
107. Кужидем Зб. Методы управления точностью токарной обработки на станках с ЧПУ типа CNC. 05.08.01 Автореф. диссерт. на соискание уч. степ. канд. техн. наук. - К. КПИ. – 1987. – 20 с.
108. Pat. 2172224 USA МКИ В23Q 17/22. Machine tool contact detector. Daisowa Seiki Co Ltd (Japan) - №8522624. Заявл. 12.9.1985. Опубл. 15.03.1985.
109. Патент 30120 Україна, МКИ 6 В 23 Q 17/22. Спосіб реєстрації присутності та торкання різального інструмента / В.І.Скицюк, М.В.Скицюк. - № 97126364. -Заявл. 29.12.97; Опубл. 12.11.2000. - Бюл. № 15. –7 с..
110. DAISHOWA SEIKI CO., LTD. FA Dept. CATALOG №52,53,51,63,68. 1998.
111. 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.
112. А.с. 653088 СССР, МКИ В23Q 15/00. Система автоматического регулирования геометрических параметров обрабатываемой детали на станке / В.Л.Заковоротный, А.Н.Зацепилин, В.Н.Поплавский, С.А.Раков. №2052905/25-08. Заявл. 13.08.74. Опубл. 25.03.79. Бюл.№11.
113. Махмудов К.Г. Контроль, диагностика и прогнозирование обработки металлов резанием по переходным процессам. 05.03.01 Автореф. Диссерт. на соискание ученой степени доктора технических наук. - К. КПИ. - 1994. – 24 с.
114. Пат. 4,786,220 USA МКИ В23С 7/00. Cutting tool wear monitor. John M. Fildes. – 53,643. Заявл. 26.05.1987. Опубл. 10.22.1988.
115. H.S. Chang, V.I. Skitsiouk, H.S. Kim, H. Ono, K.H. Cha, N.I. Cho. In-process Monitoring of Machine Tool Statement using Magnetic Sensor // Proceeding of the 6th Advanced Manufacturing System. Workshop. Seul. –1998. – №6.
116. Заявка №57-39863 Япония, МКИ В23 Q 17/00, В23 В 49/00. Устройство для аварийных ситуаций металлорежущих станков с ЧПУ при повреждении режущего инструмента. – №49-139154; Заявлено 12.02.74; Опубл. 24.08.82.
117. Заявка №59-53145 Япония, МКИ В23 Q 17/00. Устройство определения повреждения инструмента. – №57-163205; Заявл. 21.09.82; Опубл. 27.03.84.
118. Автоматизированные методы определения обрабатываемости металлов / К.Г. Махмудов, В.А. Остафьев, А.А. Мирзаев. – К.: Випол. – 1995. – 91 с.

119. Антонюк В.С., Александров О.І. Основні фактори, що визначають оброблюваність матеріалів лезовим інструментом. – К.: Товариство «Знання» УРСР, 1979. – 20 с.
120. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов: Учебное пособие. - М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986. – 560 с.
121. Материаловедение. Учебник для втуз / Б.Н.Арзамасов, И.И.Сидорин, Г.Ф.Косолапов и др. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.

Наукове видання

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

**Фізичні засади технології  
ТОНТОР**

**Монографія**

*В авторській редакції  
Надруковано з оригінал-макета замовника*

*Дизайн обкладинки М. М. Клочко  
Ілюстрації М. В. Скицюк*

Темплан 2010 р., поз. 3-1-002

Підп. до друку 18.03.2010. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офс. Гарнітура Times.  
Спосіб друку – ризографія. Ум. друк. арк. 20,46. Обл.-вид. арк. 32,02 Наклад 300 пр. Зам. № 10-67.

НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка»  
03056, Київ, вул. Політехнічна, 14, корп. 15  
тел./факс (044) 406-81-78