

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

**Г. Тимчик, В. Скицюк, Т. Клочко**

**ОПТИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ  
У МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ**

*Монографія*

Київ  
НТУУ «КПІ»

2009

УДК 621.9008:620.179:615.47

ББК

Т

*Рекомендовано вченою радою Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” (протокол № 6 від 22 червня 2009 р.)*

*Рецензенти:*

*Олексенко П.Ф.*, д-р техн. наук, проф.; чл.-кор. НАН України,  
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України

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

**Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Клочко Т.Р.**

Т Оптичні вимірювання у механічній обробці деталей [Текст]: Монографія.  
– К.: НТУУ «КПІ», 2009. - 332 с., іл.

**ISBN**

Розглянуто теоретичні засади застосування оптичного випромінювання при виготовленні надточних деталей механічною обробкою. Розглянуто проблеми створення та основні схеми контрольно-вимірювальних оптичних та електронних модулів у технології механічної обробки матеріалів. Наведено авторські дослідження з питань створення нових лазерних гібридних приладів і систем контролю та діагностики плинного стану технологічного процесу механічної обробки матеріалів.

Розраховано на зацікавленість наукових та інженерно-технічних працівників, студентів старших курсів вищих навчальних закладів відповідно технічного, технологічного напрямку. Може бути застосовано як навчальний посібник для студентів з фаху «Технологія приладобудування», «Оптичні приладиста системи».

УДК 621.9008:620.179:615.47

ББК

ISBN

© **Тимчик Г.С., Скицюк В.І.,  
Клочко Т.Р., 2009**

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАСАДИ ОПТИЧНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАНЬ</b>	<b>7</b>
§ 1.1. Основні проблеми виготовлення надточних деталей приладів у промисловому виробництві	7
§ 1.2. Контроль параметрів якості надточних деталей	12
§ 1.2.1. Фізична модель поверхні після технологічної обробки	13
§ 1.2.1.1. Модель поверхні деталі після токарної обробки	18
§ 1.2.1.2. Моделювання параметрів поверхні після шліфувальних операцій	24
§ 1.3. Класифікація і призначення оптичних контрольно-вимірювальних приладів	26
§ 1.4. Засади оптичних вимірювань механічних величин у точному приладобудуванні	27
§ 1.4.1. Дифракційні явища в оптичних контрольно-вимірювальних приладах	34
§ 1.4.1.1. Засади контролю розмірів елементів структур за тестовими дифракційними ґратками	45
<i>Перелік посилань до розділу 1</i>	<b>58</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ОПТИКО-МЕХАНІЧНІ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ</b>	<b>60</b>
§ 2.1. Окулярний мікрометр	60
§ 2.2. Оптикатори	62
§ 2.3. Оптиметри	64
§ 2.3.1. Вертикальний окулярний оптиметр	65
§ 2.3.2. Вертикальний екранний оптиметр	70
§ 2.3.3. Горизонтальний окулярний оптиметр	72
§ 2.4. Інтерферометри	77
§ 2.4.1. Інтерферометри для контролю площини	77
§ 2.4.2. Інтерферометри для контролю сфер	79
§ 2.4.3. Інтерферометри для контролю асферичних поверхонь	83
§ 2.4.4. Інтерферометри для виміру висоти мікронерівностей або слідів обробки	85
§ 2.4.5. Багатопроменеві мікроінтерферометри	88
§ 2.5. Оптичні прилади вимірювання довжини	91
§ 2.5.1. Вертикальні довжиноміри	91
§ 2.5.2. Горизонтальні довжиноміри	92
§ 2.5.3. Оптико-механічні машини для вимірювання лінійних розмірів	96
§ 2.6. Інструментальні та універсальні мікроскопи	99

§ 2.6.1. Методи вимірювання розмірів деталі на мікроскопах	108
§ 2.7. Проектори	111
<i>Перелік посилань до розділу 2</i>	118

### **РОЗДІЛ 3. ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ**

§ 3.1. Оптико-електронні прилади для вимірювання лінійних величин	119
§ 3.1.1. Фотоелектричні мікроскопи	119
§ 3.1.2. Телевізійні мікроскопи	125
§ 3.2. Прилади контролю розмірів	129
§ 3.2.1. Лазерні прилади контролю розмірів	132
§ 3.2.2. Лазерні дифракційні вимірювачі розмірів	142
§ 3.3. Контроль параметрів різьби	151
§ 3.4. Основні засади дії оптико-електронних приладів контролю шорсткості поверхні та структури деталі	158
§ 3.5. Оптичний контроль якості пластин	170
§ 3.5.1. Контроль товщини пластини	170
§ 3.5.2. Контроль дефектів пластин	174
§ 3.5.3. Контроль неплоскостності і прогину пластин	181
<i>Перелік посилань до розділу 3</i>	186

### **РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ У НАДТОЧНОМУ КОНТРОЛІ РОЗМІРІВ**

§ 4.1. Основні засади автоматизації оптичних вимірювань	188
§ 4.1.1. Використання ПЗЗ-приймачів зображення для автоматизації оптичних вимірювань	194
§ 4.1.1.1. Вимоги до інформаційних сигналів	204
§ 4.1.2. Автоматизовані лазерні скануючі пристрої	206
§ 4.2. Система контролю позиціонування та зносу різального інструмента на металообробних верстатах	216
§ 4.3. Автоматизований контроль періодичних просторових структур	218
§ 4.4. Система автоматизованого вимірювання діаметру і еліптичності тонких дротів	232
§ 4.5. Автоматизована система вимірювання параметрів шорсткості поверхні деталей	246
<i>Перелік посилань до розділу 4</i>	255

### **РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ**

§ 5.1. Визначення зношування різального інструмента за допомогою	258
--	-----

оптико-електронних пристроїв	258
§ 5.2. Визначення стану виготовлення надточних деталей на засадах поверхневих акустооптичних взаємодій	263
§ 5.2.1. Визначення взаємодії та стану об'єктів технологічного процесу на великих відстанях	263
§ 5.2.2. Дифракція світла при відбитті від акустичних ефектів та неоднорідностей поверхні на ближніх відстанях	265
§ 5.3. Основні схеми побудови лазерних систем аналізу динамічних сигналів при механічній обробці матеріалів	269
§ 5.3.1. Аналітична модель операційних перетворень	272
§ 5.3.2. Пристрої аналізу спектрально-кореляційних характеристик електричних сигналів	287
§ 5.3.3. Лазерні пристрої параметричного контролю динамічних сигналів технологічного процесу різання	292
§ 5.3.4. Інтерферометричні аналізатори динаміки різання	295
§ 5.4. Інтегровані аналізатори віброакустичних і електромагнітних сигналів різання	301
§ 5.5. Автоматизація контролю стану об'єктів технологічного процесу	314
<i>Перелік посилань до розділу 5</i>	327
<b>ПІДСУМКИ</b>	331