

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ

На правах рукопису

**КОРОГОД ГАННА ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК [536.521.082.52: 666.11/.28](043)

**МЕТОДИ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ЗАСОБИ  
ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ  
РОЗПЛАВІВ СКЛОМАС  
З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАТИВНОЇ НАДЛИШКОВОСТІ**

Спеціальність 05.11.13 – прилади і методи контролю та  
визначення складу речовин

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник  
Кондратов Владислав Тимофійович,  
д.т.н., професор

Київ – 2016

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ РОЗПЛАВУ СКЛОМАСИ.....	16
1.1 Розплав скломаси як об'єкт дослідження та контроль його температури.....	17
1.2 Класифікація оптико-електронних методів вимірювання температури.....	21
1.3 Оптико-електронні засоби вимірювання температури (пірометри) та їх технічні характеристики .....	32
1.4 Проблеми вимірювального контролю температури нагрітих тіл з використанням безконтактних методів .....	40
1.5 Узагальнені математичні моделі методів надлишкових вимірювань фізичних величин.....	44
1.6 Постановка задач досліджень.....	47
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ МЕТОДІВ НАДЛИШКОВИХ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ .....	50
2.1 Дослідження процесу вимірювання температури скломаси як об'єкту контролю .....	50
2.2 Методи отримання інформативної надлишковості при вимірювальному контролі температури .....	54
2.3 Методи вимірювального контролю температури при лінійній функції перетворення вимірювального каналу.....	55
2.4 Методи вимірювального контролю температури при логарифмічній функції перетворення вимірювального каналу.....	61
2.5 Аналіз основних і додаткових похибок вимірювального контролю температури об'єкта дослідження опосередкованими методами і методами надлишкових вимірювань.....	68

2.5.1 Порівняльний аналіз похибок при вимірювальному контролі температури методами надлишкових і опосередкованих вимірювань при лінійній функції перетворення вимірювального каналу.....	69
2.5.2 Порівняльний аналіз похибок при вимірювальному контролі температури методами надлишкових і опосередкованих вимірювань при логарифмічній функції перетворення вимірювального каналу.....	76
Висновки до розділу 2.....	82
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ</b>	
<b>ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ TEMПЕРАТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ</b>	
<b>ІНФОРМАТИВНОЇ НАДЛИШКОВОСТІ.....</b>	<b>85</b>
3.1 Розробка технічних рішень цифрових пірометрів при лінійній і нелінійних функціях перетворення вимірювального каналу.....	85
3.1.1 Розробка технічного рішення цифрового пірометра з вимірювальним каналом, що описується лінійною функцією перетворення .....	86
3.1.2 Розробка технічного рішення широкодіапазонного цифрового пірометра (при логарифмічній функції перетворення вимірювального каналу).....	93
3.2 Вплив інструментальних похибок на результат вимірювання температури методами надлишкових вимірювань .....	106
3.3 Тенденції розвитку технічних засобів безконтактного вимірювання температури нагрітих об'єктів.....	108
Висновки до розділу 3.....	109
<b>РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК</b>	
<b>ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ TEMПЕРАТУРИ З</b>	
<b>ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАТИВНОЇ НАДЛИШКОВОСТІ.....</b>	<b>111</b>
4.1 Особливості методів надлишкових вимірювань II-го і III-го роду.....	111
4.2 Результати напівнатурного експерименту щодо надлишкових вимірювань температури .....	116
4.2.1 Дослідження відомих методів при лінійній функції перетворення вимірювального каналу.....	122

4.2.2 Дослідження методів надлишкових вимірювань II-го роду при лінійній функції перетворення вимірювального каналу.....	125
4.3 Оцінювання похибки адекватності моделі .....	132
4.5 Оцінювання достовірності контролю температури та результати експериментальних досліджень .....	134
Висновки до розділу 4.....	142
ВИСНОВКИ.....	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	147
ДОДАТКИ	
Додаток А Вимоги до оптичних і електронних елементів та блоків пірометрів.....	161
Додаток Б Виведення та розв'язання рівнянь надлишкових вимірювань при використанні різних рядів вхідних фізичних величин.....	169
Додаток В Рівняння перетворення в методі надлишкових вимірювань при логарифмічній функції перетворення.....	179
Додаток Г Рівняння перетворення в методі надлишкових вимірювань при нелінійній функції, яка має й лінійну складову.....	184
Додаток Д Рівняння перетворення в методі надлишкових вимірювань при квадратичній функції перетворення.....	186
Додаток Е Рівняння перетворення в методі надлишкових вимірювань при функції перетворення, що описується поліномом третього ступеня.....	189
Додаток Ж Оцінювання граничних значень похибок методів опосередкованих і надлишкових вимірювань при лінійній функції перетворення вимірювального каналу.....	193
Додаток И Порівняльний аналіз результатів дослідження надлишкових і опосередкованих методів вимірювань.....	205
Додаток К Оцінювання граничних значень похибок методів опосередкованих і надлишкових вимірювань при квадратичній функції перетворення вимірювального каналу.....	207

Додаток Л Оцінювання граничних значень похибок методів опосередкованих і надлишкових вимірювань при функції перетворення, що описується поліномом третього ступеня.....	215
Додаток М Оцінювання граничних значень похибок методів опосередкованих і надлишкових вимірювань при логарифмічній функції перетворення вимірювального каналу.....	224
Додаток Н Порівняльний аналіз похибок вимірювання температури методами надлишкових і опосередкованих вимірювань при квадратичній функції перетворення вимірювального каналу.....	240
Додаток П Порівняльний аналіз похибок вимірювання температури методами надлишкових і опосередкованих вимірювань при функції перетворення, що описується поліномом третього ступеня.....	243
Додаток Р Блок-схема алгоритму вимірювального контролю температури скломаси.....	245
Додаток С Цифровий пірометр з вимірювальним каналом, що описується кубічною функцією перетворення.....	251
Додаток Т Пірометр відношення з вимірювальним каналом, що описується кубічною функцією перетворення .....	262
Додаток У Результати розрахунків напівнатурного експерименту по надлишковим вимірюванням температури при першому підході .....	271
Додаток Ф Результати розрахунків напівнатурного експерименту по надлишковим вимірюванням температури при другому підході .....	281
Додаток Х Акти впровадження результатів дисертаційної роботи .....	291

## ВСТУП

У сучасних умовах конкурентоспроможності продукції вітчизняна скловарна промисловість постійно потребує підвищення якості товарів при одночасному зниженні витрат на виробництво. Це стимулює впровадження нових технологій та методів, які б дозволили з високою достовірністю контролювати технологічний процес в цілому і його параметри зокрема. Одним з визначальних параметрів технологічних процесів скловаріння є температура, яка є не тільки одним з найважливіших параметрів технологічних процесів, а водночас і один з найскладніших. Безпосередньо не можливо вимірювати температуру, оскільки вона характеризує не тільки кількісну, але й якісну властивість досліджуваного об'єкта. У зв'язку з цим необхідний постійний вимірювальний контроль температури під час виробничого процесу з високою достовірністю.

**Актуальність теми.** Особливістю температурного контролю процесу скловаріння є те, що для отримання скломаси постійного складу необхідно контролювати в'язкість скла, яка жорстко пов'язана з температурою. Навіть незначна зміна температури скла, наприклад, на 1% при 1000 °C приводить до зміни в'язкості майже на 10 % [1], що значно знижує якість скловиробу. Таким чином, в процесі скловаріння необхідно точно виміряти значення температури. Для досягнення цієї мети найбільш перспективним є використання безконтактних оптико-електронних методів вимірювання температури.

При вимірювальному контролі температури розплаву скла перевагу віддають безконтактним оптико-електронним методам перед контактними, оскільки безконтактні методи вирізняються швидкодією, дешевизною, довготривалим терміном дії засобів вимірювання та відсутністю їх впливу на досліджуваний об'єкт тощо.

На вдосконалення і розвиток безконтактних методів вимірювання температури спрямовані роботи багатьох вчених і науковців: Геращенко О.А.,

Криксунова Л.З., Назаренка Л.А., Бондаренка О.В., Гордова А.Н., Поскачєя А.А., Креопалової Г.В., Харазова В.Г. та багато інших.

Так, наприклад, суттєвий вклад в систематизацією методів і пристроїв вимірювання температури нагрітих тіл з різною випромінюючою здатністю внесли Поскачєя А.А. та Чубарєв Е.П [1].

Робота Харазова В.Г. присвячена методам контролю технологічних параметрів високотемпературних процесів за допомогою безконтактних перетворювачів, а також системам автоматичного керування [2].

Оптичні пірометричні перетворювачі досліджувались в працях іноземних вчених Kimura M., Sun X.B.. В праці [3] голландських дослідників вирішувалася задача підвищення точності вимірювань за рахунок розробки більш точних методів визначення спектрального коефіцієнта поглинання скла.

Наукові роботи [4] – [7] були направлені на підвищення точності вимірювання температури безконтактним методом шляхом створення різних способів корекції похибок та статистичній обробці результатів багатократних вимірювань. Це призводить до покращення метрологічних характеристик засобів вимірювання температури. Але вимоги практики та наукових досліджень потребують ще більшої точності вимірювань та достовірності контролю. Оскільки закони розподілення контрольованого параметру і похибок вимірювань не завжди відомі (наприклад, коли однозначно не встановлені причини випадкових відхилень параметру від заданого значення чи причини, що викликають випадкові похибки вимірювання), то у більшості випадків результат отримують не тільки точним і достовірним, але і точним і недостовірним. Зазначимо, що питаннями достовірності займалися такі науковці як Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Стенцель Й.І., Пістун Є.П., Сучков Г.М., Тимчик Г.С. та інші.

З наведеного вище огляду видно, що багато наукових робіт направлено на підвищення точності безконтактного вимірювання температури та достовірності її контролю. В той же час невирішеними залишаються наступні задачі: по-перше, існуючі оптико-електронні методи та пірометри не

забезпечують безпосереднє виключення систематичних складових похибки, які обумовлені нестабільністю параметрів функції перетворення вимірювального каналу під дією дестабілізуючих факторів; по-друге, отримання в реальному масштабі часу лінійної залежності результату вимірювання від інформативного потоку оптичного випромінювання (оскільки параметри функції перетворення з часом змінюються, а обробка результатів продовжується за заданою програмою); по-третє, розширення діапазону вимірювання температури за рахунок підвищення точності вимірювання (згідно з ДСТУ 2681-94 діапазоном вимірювання називається інтервал значень, в межах якого прономовані похибки засобу вимірювання). Усе це знижує точність безконтактних методів вимірювання температури технологічних процесів.

Крім того, суттєвим недоліком існуючих методів є те, що вони не забезпечують визначення параметрів функції перетворення вимірювального каналу, оскільки за визначенням такої задачі немає.

Крім того, більшість робіт не торкаються такої проблеми як забезпечення єдності вимірювання температури оптико-електронними методами. Згідно з ДСТУ 2681-94 під єдністю вимірювань розуміють стан вимірювання, за якого їх результати виражаються в узаконених одиницях, а характеристики похибок відомі із заданою ймовірністю та не виходять за встановлені границі. Аналіз відомих підходів показує, що похибки результатів вимірювання значною мірою залежать від засобу вимірювання, зовнішніх чинників тощо, і для забезпечення заданих метрологічних характеристик та одних і тих же шкал вимірювання (тобто засоби вимірювання повинні бути вчасно відремонтовані, проградуйовані у прийнятих одиницях і повірені) вони потребують значних витрат часу. Тому вирішення проблеми єдності вимірювань потребує створення нових високоефективних методів і засобів безконтактного вимірювання температури.

Таким чином, актуальною задачею є розробка та дослідження нових методів та технічних рішень пірометрів, що направлені на підвищення точності вимірювання та достовірності контролю температури.



**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукова робота дисертації виконувалася згідно з планом науково-дослідних робіт Київського національного університету технологій та дизайну на тему: “Оптико-електронні методи вимірювання параметрів речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів та об’єктів навколишнього середовища різної фізичної природи” у 2003-2005 рр. (розділ 2-04/4.6/04 тематичного плану).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення точності вимірювання та достовірності контролю температури розплаву скломаси на основі методів надлишкових вимірювань.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати такі наукові задачі:

1) проаналізувати оптико-електронні методи вимірювання температури та встановити їх недоліки, що впливають на точність вимірювань і достовірність контролю;

2) обґрунтувати доцільність розробки методів надлишкових вимірювань та сформулювати оптимальну (необхідну і достатню) кількість потоків оптичного випромінювання, які підлягають вимірювальному перетворенню, а їх значення пов’язані між собою за законом арифметичної прогресії;

3) розробити методи надлишкових вимірювань та відповідні їм математичні моделі, які описують стан вимірювального каналу в часі, отримати рівняння надлишкових вимірювань при лінійній і нелінійній функціях перетворення, що обумовлені типом фотоприймача;

4) показати переваги методів надлишкових вимірювань відносно опосередкованих методів щодо виключення систематичних складових похибки, які обумовлені нестабільністю параметрів функції перетворення під дією дестабілізуючих факторів, а також щодо можливості визначення значень параметрів функції перетворення вимірювального каналу;

5) провести порівняльний аналіз похибок відомого та запропонованих методів вимірювального контролю температури при різних видах функції перетворення;

б) розробити технічні рішення цифрових пірометрів на рівні функціональних схем та блок-схем алгоритмів їх роботи;

7) провести напівнатурні експериментальні дослідження запропонованих методів надлишкових вимірювань температури та визначити їх ефективність.

*Об'єкт дослідження* — процес вимірювального контролю температури розплаву скломаси з використанням оптико-електронних методів вимірювань.

*Предмет дослідження* — методи та оптико-електронні засоби вимірювального контролю температури з використанням інформативної надлишковості.

**Методи дослідження.** В дисертаційній роботі використовувалися теорія та методи надлишкових вимірювань фізичних величин для коректного використання методології надлишкових вимірювань при температурному контролі, теорія похибок для визначення і оцінки похибок, аналітичні методи аналізу процесів перетворення сигналів, методи математичного моделювання та чисельні методи для розв'язання нелінійних рівнянь величин та систем лінійних і нелінійних рівнянь величин, методи аналізу випадкових процесів для обробки результатів напівнатурного експерименту.

Достовірність теоретичних досліджень підтверджена результатами експериментів та математичним моделюванням в середовищі Mathcad.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У роботі отримані такі наукові результати:

1. Вперше запропоновані математичні моделі методів надлишкових вимірювань температури, які, на відміну від моделей опосередкованих методів, складають систему моделей: а) систему з  $3 \div 8$  однойменних фізичних величин — потоків оптичного випромінювання відомого та невідомого значень; б) систему нелінійних рівнянь величин, що описує стан і роботу вимірювального каналу в дискретні моменти часу; в) рівняння надлишкових вимірювань інформативного потоку випромінювання від об'єкта дослідження; г) рівняння надлишкових вимірювань параметрів функції перетворення вимірювального каналу в поточні моменти часу. Обробка результатів за рівнянням надлишкових вимірювань

інформативного потоку оптичного випромінення забезпечує незалежність результату вимірювань від абсолютних значень параметрів функції перетворення та їх відхилень від номінальних значень, що дозволило зменшити відносну похибку з 0,45% до 0,09% та підвищити достовірність контролю температури до 0,97.

2. Отримали подальший розвиток методи безконтактного вимірювання температури та розроблені засоби для їх здійснення, які, на відміну від існуючих, шляхом обробки результатів вимірювального перетворення потоків випромінювання за рівняннями надлишкових вимірювань дозволяють визначити поточні значення параметрів як лінійної, так і нелінійної функції перетворення, що дозволяє контролювати стан вимірювального каналу й тим підвищують точність вимірювання.

3. Отримали подальший розвиток методи надлишкових вимірювань температури, які, на відміну від методів опосередкованих вимірювань, шляхом обробки результатів вимірювального перетворення потоків випромінювання за рівняннями надлишкових вимірювань дозволяють отримати значення потоку випромінювання від об'єкту дослідження, яке приведене до входу вимірювального каналу, та забезпечити лінійну залежність результату вимірювання від шуканої величини.

4. Отримали подальший розвиток методи надлишкових вимірювань температури, які, на відміну від існуючих, мають інший порядок обробки результатів багаторазових вимірювань та використовують рівняння числових значень, які містять операції віднімання та ділення. Такий підхід забезпечує підвищення точності вимірювання та достовірності контролю температури.

Отже, розвинені оптико-електронні методи надлишкових вимірювань температури та технічні рішення пірометрів. На відміну від відомих методів та засобів вимірювання вони базуються на формуванні надлишковості, при якій: а) вибір кількості потоків оптичного випромінення залежить від кількості невідомих параметрів функції перетворення; б) значення потоків випромінення складають між собою арифметичну прогресію. Розв'язанні систем рівнянь величин у

вигляді рівнянь надлишкових вимірювань дозволяють забезпечити підвищення точності вимірювань і достовірності контролю температури.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в наступному:

– запропоновані технічні рішення цифрових пірометрів забезпечують незалежність результатів надлишкових вимірювань від абсолютних значень параметрів функції перетворення вимірювального каналу та їх відхилень від номінальних значень. Завдяки цьому зазначені засоби вимірювань можуть бути побудовані на дешевій елементній базі (при невисоких вимогах до стабільності блоків і елементів та при умові, що зміна їх параметрів є повільною в часі);

– запропоновані технічні рішення пірометрів забезпечують додаткове визначення значень усіх параметрів функції перетворення вимірювального каналу в будь-який момент часу експлуатації, і, тим самим, при необхідності, можуть забезпечити визначення їх метрологічної надійності;

– запропоновані технічні рішення пірометрів не потребують спеціальних схемотехнічних заходів щодо отримання лінійної залежності результату вимірювання від потоку оптичного випромінення, при цьому функція перетворення вимірювального каналу може бути і нелінійною, але мати відомий математичний опис її виду;

– проведено напівнатурний експеримент на розробленій установці, у якій для порівняльного аналізу з відомим методом використано один і той же вимірювальний канал, що дало можливість реалізувати метод надлишкових вимірювань і коректно порівняти результати його застосування з відомим методом. В умовах напівнатурного експерименту досягнуто підвищення точності вимірювання до 0,09% та достовірності контролю температури до 0,97;

– експериментально підтверджено, що в розроблених методах надлишкових вимірювань, на відміну від відомих, обробка результатів проміжних вимірювань виконується за рівнянням надлишкових вимірювань дає можливість здійснювати, за необхідністю, заміну фотоприймачів на однотипні без додаткового налагодження вимірювального каналу, що стало можливим завдяки

виключенню впливу на результат надлишкових вимірювань зміни параметрів функції перетворення фотоприймача;

– розроблено блок-схеми алгоритмів роботи цифрових пірометрів при лінійній і логарифмічній функції перетворення вимірювального каналу, які наглядно демонструють роботу пірометрів при здійсненні вимірювального контролю температури.

Результати наукових досліджень впроваджені в навчальний процес кафедри автоматизації та комп'ютерних систем і використовуються при викладанні курсу «Технологічне вимірювання та прилади» для бакалаврів напрямку 6.050202 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що підтверджується відповідним актом від 7.09.2015 р.

Результати напівнатурного експерименту, методика й алгоритми запропонованих методів надлишкових вимірювань температури та відповідні технічні рішення цифрових пірометрів рекомендовані й передані на використання підприємствам. Зазначене підтверджується відповідними актами: ТОВ «Шрамківський цегельний завод», смт Шрамківка, Драбівський р-н Черкаської області, Україна, акт від 21.09.2015 та НДЦ «Прикладної інформатики», м.Київ, Україна, акт від 14.12.2015.

**Особистий внесок здобувача.** Основні прикладні результати, наведені в дисертації, отримані самостійно, а окремі теоретично-практичні результати досягнуті у співавторстві з науковим керівником. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить таке: [11] – аналіз недоліків та переваг існуючих оптико-електронних методів, розробка стратегії методів надлишкових вимірювань; [16], [17] – аналіз проблем, що виникають при вимірюванні температури оптико-електронними методами, та шляхи їх подолання; [12] – [15], [18] – [30] – математичний апарат методу надлишкових вимірювань при різних видах функції перетворення вимірювального каналу, опис методів та схемотехнічне рішення окремих функціональних блоків; [31] – порівняльний аналіз та дослідження можливості розширення робочих піддіапазонів; [32] – проведення розрахунків і порівняльний аналіз результатів; [33] – математичний

апарат методу. У роботі [34], опублікованій одноосібно, – виведення рівняння надлишкових вимірювань, проведення експериментальних вимірювань, обробка отриманих результатів та розрахунки достовірності контролю.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати наукових досліджень доповідались і були оприлюднені на 5-ти наукових конференціях і семінарах: IV Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених «Політ» (м. Київ, 2004 р.); науково-технічні семінари кафедри автоматизації і комп'ютерних систем КНУТД (м. Київ, 2004 р. та 2006 р.); I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» (м. Житомир, 2015 р.); V Міжнародна наукова конференція студентів і молодих вчених «Сучасні інформаційні технології 2015» (м. Одеса, 2015 р.); XV Міжнародна науково-технічна конференція «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (Одеса, 2015 р.); IX Міжнародна конференція «Проблеми промислової теплотехніки» (м. Київ, 2015 р.).

За наукову роботу «Оптико-електронні методи надлишкових вимірювань температури» здобувач була нагороджена грамотою президії Національної академії наук України у 2005 році, що підтверджується відповідним документом.

**Публікації.** За результатами дисертації підготовлено 24 наукові праці, з яких 9 статей у фахових журналах і 4 тези конференцій, отримано 6 патентів України на винаходи та 5 деклараційних патентів України. Патенти розміщені на сайті Європейського патентного офісу, 2 роботи проіндексовано в міжнародній базі Scopus.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поскачей А.А. Пирометры излучения в установках нагрева / А.А. Поскачей, А.Д. Свенчанский. – М.: Энергия, 1978. – 95 с.
2. Спектр оптического излучения. Режим доступа: <http://www.jext.org/osveshchenie/ponyatiya-i-velichiny-osveshcheniya/spektr-opticheskogo-izlucheniya>.
3. Nijnatten P.A., Broekhuijse I.T. // 5<sup>th</sup> ESG Conf. «Glass Science and Technology for the 21<sup>st</sup> Century», Prague, 1999.
4. Гоц Н.Є. Підвищення точності вимірювання температури за випроміненням поверхні обертових об'єктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.04 «Прилади та методи вимірювання теплових величин» / Н.Є.Гоц. – Львів, 2003. – 21 с.
5. Возможности бесконтактного определения теплотерь от внешних поверхностей теплотехнического оборудования [Электронный ресурс] / В.А. Виноградов-Салтыков, О.Л. Декуша, В.П. Марценко, В.Г. Федоров, О.И. Кепка// Электронный архив Национального университета пищевых технологий – 2011. – Режим доступа: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/2914>.
6. Gardner J.L., Jones T.R., Davies M.R. A six-wavelength radiation pyrometer // High Temperatures-High Pressure. – 1980. – № 12. – P. 103 – 109.
7. Назарено Л.А. Еталонний оптичний пірометр ЕОП-93/ Л.А. Назарено, И.С. Ромоданов, О.М. Кисіль, П.П.Сергиенко // Український метрологічний журнал. – 1996. – Вып.2-3. – С.46 – 48.
8. Кондратов В.Т. Основи теорії автоматичної корекції систематичних похибок вимірювання фізичних величин при нестабільній і нелінійній функції перетворення датчика: дис. д-ра техн. наук: 05.11.15 і 05.11.01/ Кондратов Владислав Тимофійович. – К., 2001. – Т.1 – 501 с.
9. Кондратов В.Т. Основи теорії автоматичної корекції систематичних похибок вимірювання фізичних величин при нестабільній і нелінійній функції

перетворення датчика: дис. д-ра техн. наук: 05.11.15 і 05.11.01/ Кондратов Владислав Тимофійович. – К., 2001. – Додаток. Т. 2 – 791 с.

10. Кондратов В.Т. Автоматична корекція похибок вимірювання яскравості при нелінійної функції перетворення фотоелектричного перетворювача: ч.2. Технічне рішення цифрового вимірювача яскравості з автоматичною корекцією систематичних похибок/ В.Т. Кондратов // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. Серія: Енергоефективність. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України – 1999. – С. 119 – 133. – ISSN 0204-3599.

11. Кондратов В.Т. Оптико-електронные методы избыточных измерений температуры / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина, Н.М. Сердюк // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація: – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – №58. – С. 66 – 74. – ISBN 996-7559-85-8.

12. Декларац. пат. 66299 А Україна. МПК G01J5/00, G01J5/10. Оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури/ В.Т.Кондратов, Г.О.Зарніцина, О.П.Рябов (Україна). – №2003109797; Заявлено 31.10.2003, Опубл. 15.04.2004. Бюл. №4. – 16 с.

13. Декларац. пат. 56614 А Україна. МПК G01R7/02. Спосіб визначення дійсного значення температури/ В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина, Н.М. Сердюк (Україна). – №2002076364; Заявлено 30.07.2002, Опубл. 15.05.2003. Бюл. №5. – 24 с.

14. Декларац. пат. 66084 А Україна. МПК G01J5/20. Радіаційний пірометр/ В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина, Н.М. Сердюк (Україна). – №2003076909; Заявлено 22.07.2003, Опубл. 15.04.2004. Бюл. №4. – 14 с.

15. Декларац. пат. 55947 А Україна. МПК G01J5/08. Оптичний пірометр/ В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина (Україна). – №2002076365; Заявлено 30.07.2002, Опубл. 15.04.2003. Бюл.№4. – 12 с.

16. Кондратов В.Т. Проблемы измерения температуры объектов экосистемы / В.Т. Кондратов, А.А. Зарницына // Экологические проблемы промышленных мегаполисов: материалы междунар. науч.-практ. конф.,



Донецк – Авдеевка, 01-04 июня 2004 года. – Донецк: ДонНТУ Министерства образования и науки Украины, 2004. – С. 499 – 505.

17. Кондратов В.Т. Проблемы измерения температуры опико-электронными методами / В.Т. Кондратов, А.А. Зарницына // ПОЛІТ 2004: матеріали IV міжнародної конференції студентів та молодих учених, м. Київ, 15-16 квітня 2004 р. – К.: НАУ, 2004. – С. 25. – ISBN 966-598-165-X.

18. Пат. 73426 А Україна. МПК G01J5/08. Пірометр спектрального відношення / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина, О.П. Рябов (Україна). – №20031212097; Заявлено 23.12.2003, Опубл. 15.07.2005. Бюл. №7. – 14 с.

19. Декларац. пат. 68026 А Україна. МПК G01J1/20, G01R7/02. Спосіб надлишкових вимірювань температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина, Н.М. Сердюк (Україна). – №2003088013; Заявлено 27.08.2003, Опубл. 15.07.2004. Бюл. №7. – 12 с.

20. Кондратов В.Т. О создании пирометров отношения с автоматической коррекцией погрешности / В.Т. Кондратов, А.А. Зарницына // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2005. – №1 (10). – С. 122–126. – ISSN 1998-7927.

21. Кондратов В.Т. Избыточная пирометрия: базовые структуры средств избыточных измерений температуры при разных видах функции преобразования измерительного канала / В.Т. Кондратов, Г.О. Корогод // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – №2 (223) – С. 235 – 248. – ISSN 2307-5732.

22. Кондратов В.Т. Избыточная пирометрия: избыточные измерения радиационной температуры при функции преобразовании измерительного канала, описываемой полиномом 3-го порядка / В.Т. Кондратов, Г.О. Корогод // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №4. – С. 7 – 12. – ISSN 2219-9365.

23. Пат. 77840. Україна. МПК G01J5/08, G01K7/00. Цифровий пірометр відношення / В.Т.Кондратов, Г.О. Зарніцина. –№ а200501402; Заявл.15.02.2005; Опубл.15.01.2007; Бюл.– №1. – 11 с.

24. Пат. 78064. Україна. МПК G01J5/00, G01J5/10. Спосіб надлишкових вимірювань дійсного значення температури / В.Т.Кондратов, Г.О. Зарніцина. – №а200500301; Заявл.13.01.2005; Опубл.15.02.2007; Бюл. – №2. – 10 с.

25. Пат. 78428 С2. Україна. МПК G01J5/08. Оптичний пірометр / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина. – № а200507705; Заявл.02.08.2005; Опубл.15.03.2007; Бюл. – №3. – 6 с.

26. Пат. 79162. Україна. МПК G01J5/10, G01J5/00, G01K7/00. Оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури нагрітого об'єкту за спектральним відношенням / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина. – № а200504466; Заявл.13.05.2005; Опубл.25.05.2007; Бюл. – №7. – 8 с.

27. Пат. 79192. Україна. МПК G01J5/00, G01J5/10, G01K7/00. Оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарніцина. – № а200507703; Заявл.02.08.2005; Опубл.25.05.2007; Бюл. – №7. – 10 с.

28. Кондратов В.Т. Радиационный пирометр с цифровой обработкой результатов промежуточных измерений / В.Т. Кондратов, А.А. Зарницына, Н.М. Сердюк // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – К.: Ін-т кібернетики НАНУ, 2003. – №2. – С. 47 – 55. – ISSN 1817-9908.

29. Кондратов В.Т. Избыточная пирометрия: избыточные измерения радиационной температуры при логарифмической функции преобразования измерительного канала / В.Т. Кондратов, Г.О. Корогод // Вісник Хмельницького національного університету. — 2015. – №1 (221). – С. 193 – 206. – ISSN 2307-5732.

30. Кондратов В.Т. Цифровой оптический пирометр с автоматической коррекцией систематических погрешностей / В.Т. Кондратов, А.А. Зарницына, Н.М. Сердюк // Проблемы управления и информатики. – 2003. – №5. – С. 112 – 121. – ISSN 057-2691.

31. Кондратов В.Т. Аппроксимация функции преобразования фотодиода для задач избыточных измерений физических величин / В.Т. Кондратов, А.А.

Зарниціна // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну: зб. наук. праць. – К.: КНУТД, 2004. – №6. – С. 29 – 36. – ISSN 1813-6796.

32. Кондратов В.Т. Порівняльний аналіз похибок надлишкових і прямих методів вимірювань температури при лінійній функції перетворення вимірювального каналу / В.Т. Кондратов, Г.О. Корогод // Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення 2015: тези I Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Житомир, 17-18 квітня 2015 р. – Житомир: ЖДТУ, 2015. – С. 69 – 70. – ISBN 978-966-683-434-1.

33. Кондратов В.Т. Зменшення випадкової складової похибки вимірювання температури методами надлишкових вимірювань II-го і III-го роду / В.Т. Кондратов, Г.О. Корогод // Сучасні інформаційні технології 2015: матеріали П'ятої міжнародної наукової конференції студентів і молодих вчених, м. Одеса, 21-22 квітня 2015 р. – Одеса: ВМВ, 2015. – С. 133 – 134. – ISBN 978-966-413-533-4.

34. Корогод Г.О. Підвищення вірогідності вимірювального контролю температури розплаву скла / Г.О. Корогод // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТТП\_15\_2015): матеріали XV Міжнародна науково-технічна конференції, Одеса (Затока), 10-14 вересня 2015 р. – Одеса–Хмельницький: ХНУ, 2015. – С. 41 – 42. – ISBN 978-966-330-228-7.

35. Пат. 2069643 Российская Федерация, МПК C03B5/24. Способ управления тепловым режимом процесса стекловарения в ванной печи/ Н.И. Вайлер, В.И. Гусев; В.К. Иванец, Б.Н.Курепин, А.С. Сергеев, С.М.Щербаков. – № 94042511/03; Заявл. 30.11.1994; Опубл. 27.11.1996.

36. Гуцин С.Н. Измерение температуры поверхности стекломассы в ваннных печах / С.Н. Гуцин // Стекло и керамика. – 1985. – № 11, С.15 – 17.

37. Пирометр AR922 – высокоточный инфракрасный термометр со штативом, RS232 (80:1). Режим доступа: [http://ecounit.com.ua/goods\\_1484\\_1536.htm](http://ecounit.com.ua/goods_1484_1536.htm).

38. Харазов В.Г. Автоматизация высокотемпературных процессов / В.Г. Харазов. – Л. : Издательство «Энергия», 1974. – 112с.

39. Структура. Свойства и технология стекла. Вязкость. Режим доступа: <http://lenaborodulina.livejournal.com/13759.html>.

40. Воробьев Х.С. Технологические процессы и аппараты силикатных производств / Х.С. Воробьев, Д.Я. Мазуров, А.А. Соколов. — М.: Изд-во "Высшая школа", 1965. — 774 с.

41. Optical components. Режим доступа: [http://www.schott.com/advanced\\_optics/english/products/optical\\_components/index.html](http://www.schott.com/advanced_optics/english/products/optical_components/index.html)

42. Коэффициент излучения – ЗАО «Евромикс». Режим доступа: [zaoeuromix.ru/koefficient-izlucheniya.html](http://zaoeuromix.ru/koefficient-izlucheniya.html).

43. Иванов Г.А. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон: учеб. пособие / Г.А. Иванов, В.П. Первадчук. — Пермь: Изд-во Перм. Нац.исслед.политехн.ун-та, 2011. — 171 с.

44. Измерение температуры стекломассы. Режим доступа: <http://www.thermo-ac.ru/metodika/steklomass.html>.

45. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники / Орнатский П.П. — К. : Издательское объединение «Вища школа», 1976. — 432 с.

46. Кондратов В.Т. Оптико-электронные методы измерения температуры: основные понятия, определения, классификация / Кондратов В.Т. — Киев, 2001. — 58 с. — (Препр. / НАН Украины, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 2001 – 4).

47. Криксунов Л.З. Тепловизоры: Справочник / Л.З. Криксунов, Г.А. Подалко. — Киев: Техника, 1987. — 166 с.

48. Поскачей А.А. Оптико-электронные системы измерения температуры 2-е изд., перераб. и доп. / А.А. Поскачей, Е.П. Чубарев. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 248 с.

49. Карташова А.Н. Технологические приборы и измерения в текстильной и легкой промышленности: Учебник для вузов / А.Н. Карташова, И.В. Дунин - Браковский. — Г.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 312 с.

50. Щепина Н.С. Основы светотехники: Учебник для техникумов / Н.С. Щепина. — М. : Энергоатомиздат, 1985. — 344 с.

51. Кондратов В.Т. Проблемы фундаментальной метрологии XXI-го века и пути их решения / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – №4. – С. 59 – 70. – ISSN 2307-5732.

52. Соболева Н. А. Фотоэлектронные приборы. Учеб. Пособие для студентов специальности «Электронные приборы» вузов / Н. А. Соболева, А. Е. Меламид. – М.: «Высшая школа», 1974. – 376 с.

53. Гордов А.Н. Основы пирометрии, 2 изд. / А.Н. Гордов. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.

54. Канарчук В.Е. Термометрическая диагностика машин / В.Е. Канарчук, О.Б. Деркач, А.Д.Чигринец. – К. : Главное издательское объединение «Вища школа», 1985. – 168 с.

55. Геращенко О. А. Температурные измерения: справочник / О. А. Геращенко, А. Н. Гордов, А. К. Еремина. – Киев : Наук. думка, 1989. – 704 с.

56. Фукс-Рабинович Л.И. Оптико-электронные приборы: Учебное пособие для оптико-механических и приборостроительных техникумов / Л.И. Фукс-Рабинович, М.В.Епифанов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 362 с.

57. Асиломар Исследования при высоких температурах/ Асиломар (США. 1963); [пер. с англ.] // Материалы 2 - го Междунар. симпозиума по высокотемпературным исследованиям. – М.: Наука, 1967. – С. 484.

56. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: учебник [для специальности “Автоматизация теплоэнергетических процессов”] / В.П. Преображенский. – М.: Энергия, 1978. – 704 с.

59. Кондратов В.Т. Классификация функционально-алгоритмических методов линеаризации функции преобразования средств измерений с нелинейными датчиками / В.Т. Кондратов // Перспективні засоби обчислювальної техніки та інформатики.– К.: ІК НАН України, 1999. – С. 57 – 63.

60. Пирометрия – настольное пособие. Часть 2. Понятие "пирометр" и принцип выбора эмиссивитета и спектрального диапазона.docx. Режим

доступу: <http://kontech-system.com.ua/articles/pirometry-chast-2-ponjatie-i-printsip-vybora-emissiviteta-i-spektralnogo-diapazonadocx/>

61. Кондратов В.Т. Новые разработки компонентов измерительных систем / В.Т. Кондратов // Метрологическое обеспечение измерительных систем: сборник докладов международной научно-технической конференции, г. Пенза, 3 – 7 октября 2005 г. – г. Пенза: Федеральное Агентство по техническому регулированию и метрологии ФГУП ”ВНИИМС” ФГУ ”Пензенский ЦСМ”, 2005. – С. 191 – 209.

62. Кондратов В.Т. Определения и базовая классификация измерительных систем. / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах . – 2014. – № 3. – С. 85 – 100.

63. Понятие открытой системы. Режим доступа: [http://www. bookasutp.ru/Chapter1\\_3.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter1_3.aspx).

64. Кондратов В.Т. Математические модели избыточных измерений I-го, II-го и III-го родов / В.Т.Кондратов // Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики: научные труды X-й Юбилейной Междунар. науч.-техн. конф.– М.: МГУ ПИ, 2007. – С. 134 – 143.

65. Автоматизація процесів виробництва легкої промисловості : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напрямків підготовки фахівців з вищою освітою (бакалаврів) 6.0918, 6.0922, 6.0916, 6.0902 / упор. М.А. Скирута, Д.М. Ахонченко. – К. КНУТД, 2000. – 151 с.

66. Прокофьев А.В. Метрология оптико-электронного приборостроения. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология оптико-электронного приборостроения». / А.В. Прокофьев. — Санкт-Петербург, 2015. – С.23 – 30.

67. Програми для метрологічної обробки результатів вимірювань: [навчальний посібник з дисципліни «Метрологія і основи вимірювань»] / Д.Б. Головкин, К.Г. Рого, Ю.О. Скрипник. – К.: ДАЛПУ, 1998. – 32 с.

68. Мілованов В.І. Метрологія і стандартизація: навчальний посібник / В.І. Мілованов, В.О. Буданов. – Одеса: Одеська державна академія харчових технологій, 2013. – 271 с.

69. Мокров Ю. Метрологія, стандартизація, сертифікація. Режим доступу: [http://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Science/mokr/04.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/mokr/04.php)

70. Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка: [навчальний посібник] / В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, В.П. Долгополов, Л.В. Грумінська. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004. – 252с.

71. Анализ достоверности при контроле. Методические указания для слушателей факультета повышения квалификации и специального факультета / [сост.: М.Ф. Пономаренко]. – К.: КПИ, 1983. – 123с.

72. Методические указания по изучению дисциплин «Основы теории контроля и идентификации» и «Спецвопросы измерений». Раздел «Влияние погрешности измерений на достоверность контроля» для студентов специальности «Информационно-измерительная техника» / [сост.: М.Ф. Пономаренко]. – К.: КПИ, 1985. – 64 с.

73 Теория теплообмена. Терминология: сборник рекомендуемых терминов / [ред. Б. С. Петухов]. – М. : Наука, 1971. – 81 с.

74. Блох А.Г. Теплообмен излучением: справочник / А.Г. Блох, Н.А. Журавльов, Л. Н. Рыжков. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.

75. Кизель В.А. Отражение света / В.А.Кизель. – М.: Наука, 1973. – 135 с.

76. Хрусталева Б. А. Методы исследования радиационных свойств поверхностей твердых тел / Б. А. Хрусталева.– Калининград: изд-во КГУ, 1974. – 112 с.

77. Блох А.Г. Тепловое излучение в котельных установках / А.Г. Блох. – Л.: Энергия, 1967. – 326 с.

78. Блох А.Г. Теплообмен в топках паровых котлов / А. Г. Блох. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 239 с.

79. Рыжков Т.П. Приложение теории дифракции к переносу теплового излучения/ Т.П. Рыжков, Л.Н. Рыжков // Промышленная теплотехника. – 1983. – Т.5. – № 4. – С. 26 – 45.

80. Суринов Ю.А. Методы определения и числового расчета локальных характеристик поля излучения / Ю.А. Суринов. – М. : Энергетика и транспорт, 1965. – № 5. – С. 131–142.

81. Измерение в промышленности: справочник : [изд. в 3-х кн.]. – М.: Металлургия, 1990 – . – ( Книга 2 : Способы измерения и аппаратура [Пер. с немецкого] / [ Под редакцией Профоса П.]. – 1990. – 384 с.

82. Чортовий А.Г. Международная система единиц измерений / А.Г. Чортовий. – М.: Рос-вузиздат, 1963. – 168 с.

83. Олейникова Л.Д. Единицы физических величин в энергетике (Точность воспроизведения и передачи): справочное пособие / Л. Д. Олейникова. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 232 с.

84. Физический энциклопедический словарь / [Гл. ред. Прохоров А.М.]. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 928 с.

85. Полянин О.В. Оптико-электронные приборы / О.В. Полянин, Е.В. Ушаков. – М.: Энергия, 1969. – 72 с.

86. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы / П.П. Орнатский. – Киев: Высшая школа, 1973. – 552 с.

87. Кондратов В.Т. Избыточность: основные понятия и классификация / В.Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький: Технологічний університет Поділля. – 1997. – №1 – С. 18–22.

88. Кучерук І.М. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика / І.М. Кучерук, В.П. Дущенко. – К., Высшая школа, 1991. – 463 с.

89. Коновалов В.М. Курс теоретичної фізики. Термодинамика: підручник / В.М. Коновалов. – К., Радянська школа, 1962 . – 295с .

90. Теплофизические свойства веществ: справочник / [Под ред. Н.Б. Варгафтика]. – Л. : Госэнергоиздат, 1956. – 367 с.



91. Кучерук В.Ю. Развитие математической модели измерительного преобразователя интенсивности светового потока / В.Ю. Кучерук, П.И. Кулаков, О.М. Возняк, Т.В. Гнесь, О.Г. Антипов, У.С. Мельничук // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2016. — №1. — С.31-36.
92. Щепина Н.С. Основы светотехники: [учебник для техникумов] / Н.С. Щепина. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 344 с.
93. Панкратов П.В. Алгоритм сглаживания результатов измерений / П.В. Панкратов // Измерительная техника. — 1987. — № 9. — С. 8–10.
94. Бржезинський В.А. Оптоелектроніка : [навчальний посібник] / В.А. Бржезинський, М.В. Шевченко. — К.: ІСДО, 1995. — 244 с.
95. Латыев С.М. Компенсация погрешностей в оптических приборах / С.М. Латыев. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. — 248 с.
96. Креопалова Г.В. Оптические измерения / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Д.Т. Пуряев. — М. : Машиностроение, 1987. — 264 с.
97. Павлов А.В. Оптико-электронные приборы (Основы теории и расчета) / Павлов А.В. — М.: «Энергия», 1974. — 360 с.
98. Себко В.В. Контроль температуры магнитного сырья в процессе тепловой обработки / В.В. Себко, В.Н. Бабенко, Т.С.Тихомирова, Е.О.Петухова, А.К.Минкова // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний університет». — 2015. — №30. — С.99-105.
99. Себко В.В. Автоматизація вимірювального контролю температури проби харчового барвника / В.В. Себко, Здоренко В.Г., Е.О.Петухова, А.К. Минкова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. — 2015. — №4(88). — С.49-57.
100. Ермолов И.Н. Методы и средства неразрушающего контроля качества / И.Н. Ермолов, Ю.Я. Останин. — М.: «Высшая школа», 1987. — 368 с.
101. Брханов В.А. Методы повышения точности измерений в промышленности / В.А. Брханов. — М. : Изд-во стандартов, 1991. — 108 с.

102. Полішко С.П. Точність засобів вимірювання: [навч. посібник для студентів вузів] / С.П. Полішко, О.Д. Трубенюк; пер. з рос. В.В. Клиненко. – К. : Вища школа, 1992. – 173 с.

103. Кондратов В.Т. Стратегічна теорія ХХІ століття / В.Т. Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2001.– №2. – С.11–16.

104. Бутслов М.М. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях / М.М. Бутслов, Б.М. Степанов, С.Д. Фанченко. – М. : Наука, 1978 . – 432 с.

105. Пирометры. Режим доступа : [http://www.himikatus.ru/art/tecnik\\_lab/0301.php](http://www.himikatus.ru/art/tecnik_lab/0301.php).

106. Кондратов В.Т. Эффективность автоматической коррекции погрешностей: основные понятия и определения / В.Т. Кондратов // Перспективні засоби обчислювальної техніки та інформатики. – К.: Ін-т кібернетики НАНУ, 2002. – Т.2. – С. 96 – 110.

107. Розрахунково-графічні роботи з дисципліни ”Метрологія і основи вимірювань” / [упор. Д.Б.Головко, К.Г.Рего, Ю.А.Скрипник]. – К. ДАЛПУ, 1998. – 40 с.

108. Пирометр. Режим доступу: <http://www.ru/wikipedia.org/wiki/Пирометр>.

109. Новая технология получения мелкодисперсной стекольной шихты и способ варки из нее стекла. Режим доступа: <http://www.steklosouz.ru/static/lib/article01.html>.

110. Оптические и оптико-электронные приборы и системы. Режим доступа: <http://pribor.info.ru/file/article/6028.pdf>.

111. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна / Арон Файбусович Зак. – М. : Ростехиздат, 1962. – 224 с.

112. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон. Режим доступа: [http://pstu.ru/files/file/Fpmm/of/technologiya\\_proizvodstva\\_opticheskikh\\_volokon.pdf](http://pstu.ru/files/file/Fpmm/of/technologiya_proizvodstva_opticheskikh_volokon.pdf)

113. Кондратов В.Т. Новая эра развития теории метрологической надежности – функция распределения Кондратова – Вейбулла, ее разновидности, свойства и функциональные возможности / В.Т.Кондратов // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – №2. – С. 21 – 22.

114. ДСТУ 3518-97 Термометрія. Терміни і визначення. – К.: Держстандарт України, 2001. – 99 с.

115. Волков В. Г. Тепловизионные приборы нового поколения / Волков В. Г., Ковалев А. В., Федчишин В. Г. // Специальная техника. – 2001. – №6 – С. 16 – 21.

116. Ильченко М.Ю Сучасні телекомунікаційні системи / М.Ю. Ильченко, С.О. Кравчук. – К.: Наук. думка, 2008. – 328 с.

117. Отаков М.А. Справочник технолога-оптика / М.А. Окатов, Э.А. Антонов, А. Байгожин. – Санкт-Петербург : Политехника, 2004. – 679 с.

118. Оптико-электронные узлы электронно-вычислительных средств, измерительных приборов и устройств автоматики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. П. Захаров, С. П. Тимошенко, Ю. А. Крупнов. – 2-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 335 с.

119. Павлов С. В. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи: монографія / С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук, П. Ф. Колісник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2007. – 254 с.

120. Метрология. Виды погрешностей. Режим доступа: <http://bourabai.kz/metrology/metrology14.htm>.

121. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: [навчальний посібник] / Є.Т. Володарський, В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г.Б. Сердюк. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219с.

122. Світловодні сенсори температури точки роси природного газу : монографія / Й. Й. Білинський, К. Ю. Іоніна.– Вінниця : ВНТУ, 2014. – 136 с. ISBN 978-966-641-589-2.

123. Туз Ю. М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. Издательское объединение «Вища школа», 1976. – 266 с.

124. Бесчастный М.А. // Методы повышения точности измерения высокотемператур // Радиотехника, электротехника и энергетика: тезисы докладов XVIII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, г. Москва, 1-2 марта 2012. – М. : Изд. Дом МЭИ. – 2012. –С. 214.