

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін**

**ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ  
ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ  
НАФТОПРОДУКТІВ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2014

УДК: 621.382

ББК 32.854.2

О-72

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 31.10.2013 р.)

Рецензенти:

**О. М. Шинкарук**, доктор технічних наук, професор

**В. Ю. Кучерук**, доктор технічних наук, професор

**Осадчук, В. С.**

О-72 Частотні перетворювачі для контролю вологості нафтопродуктів : монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 152 с.

ISBN 978-966-641-565-6

В монографії проаналізовано сучасний стан частотних перетворювачів для контролю вологості нафтопродуктів, подано основи побудови мікроелектронних перетворювачів вологості з частотним виходом на основі реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором. Розглянуто принципи побудови, електричні схеми і експериментальні дослідження основних параметрів частотних перетворювачів вологості. Монографія розрахована на наукових та інженерно-технічних працівників, які займаються проектуванням і розробкою мікроелектронних перетворювачів вологості, а також на аспірантів та студентів вищих технічних навчальних закладів.

УДК 621.382; 621.317

ББК 32.854.2

ISBN 978-966-641-565-6

© В. Осадчук, О. Осадчук, О. Звягін 2014

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП .....	6
1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВОЛОГОСІ.....	9
1.1 Особливості об'єкта вимірювання.....	9
1.2 Сучасні засоби і пристрої для вимірювання та контролю вологості .....	12
1.3 Засоби і пристрої для вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів та їх класифікація .....	18
2 ПЕРВИННІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ КОНДЕНСАТОРНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ СТРУКТУР.....	29
2.1 Модель вологочутливої конденсаторної циліндричної структури з сіткоподібними електродами.....	29
2.2 Модель вологочутливої конденсаторної циліндричної структури з циліндричними електродами.....	39
3 АВТОГЕНЕРАТОРНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ.....	45
3.1 Дослідження та вибір автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів .....	45
3.2 Дослідження характеристик автогенераторного засобу контролю вологості нафтопродуктів на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів .....	52
3.3 Дослідження характеристик автогенераторного засобу контролю вологості нафтопродуктів на основі структури п-р-п біполярного і двозатворного польового транзисторів .....	69
3.4 Дослідження характеристик автогенераторного засобу контролю вологості нафтопродуктів на основі структури біполярного і польового транзисторів.....	83

3.5 Дослідження характеристик автогенераторного засобу контролю вологості нафтопродуктів на основі структури з двох польових транзисторів .....	96
3.6 Порівняння розроблених автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів .....	110
<b>4 ЗАСТОСУВАННЯ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ В НАФТОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ .....</b>	<b>112</b>
4.1 Система вимірювання та контролю кількості і показників якості сирової нафти.....	112
4.2 Розробка мікропроцесорної системи контролю вологості нафтопродуктів .....	117
4.3 Розрахунок похибок автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів .....	127
4.4 Оцінювання вірогідності контролю вологості нафтопродуктів .....	135
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>139</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВН – автогенераторний засіб контролю вологості нафтопродуктів;  
АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;  
БВЛ – блок вимірювальних ліній;  
БВЯ – блок вимірювання показників якості;  
БЕ – блок електронний;  
БЕЗ – блок еталонних засобів;  
БФ – блок фільтрів;  
ЕОМ – електронна обчислювальна машина;  
КЦС – конденсаторна циліндрична структура;  
НВЧ – надвисокочастотний;  
ПВП – пробовідбірний пристрій;  
ПК – персональний комп'ютер;  
ПП – первинний перетворювач;  
СВКНС – система вимірювання кількості та параметрів якості сировини нафти;  
СОІ – система обробки інформації;  
ТПУ – трубопоршнева установка;  
ЧГВО – частотний генератор на основі від'ємного опору.

## ВСТУП

Паливно-енергетичний комплекс нашої країни не обходиться без таких речовин, як нафта та газ. При переробці нафти отримують бензини, мазут, масла та інші нафтопродукти, які при транспортуванні трубопроводом можуть спотворювати покази витратомірів при наявності в них навіть малих домішок води. Контроль вологості нафти та нафтопродуктів дозволяє забезпечити їхню якість.

Одне з провідних місць у вимірювальній техніці займають прилади для вимірювання та контролю вологості. Розробка та вдосконалення цього класу вимірювальних приладів зумовлені підвищенням вимог точності до них при одночасному поліпшенні експлуатаційних умов.

На сьогоднішній день відомо чимало різноманітних приладів для вимірювання та контролю вологості [1–39]. Розробками теорії та практичного застосування сенсорів в Україні займаються такі наукові заклади, як НТУУ «Київський політехнічний інститут» (м. Київ), Інститут Кібернетики НАН України (м. Київ), Інститут теплофізики НАН України (м. Київ), Київський національний університет імені Тараса Шевченка (м. Київ), Інститут фізики напівпровідників НАН України (м. Київ), Інститут метрології (м. Харків), Національний технічний університет «Львівська політехніка» (м. Львів), Харківський національний технічний університет (м. Харків), ВАТ «Український науково-дослідний інститут аналітичного приладобудування» України (м. Київ), Вінницький національний технічний університет (м. Вінниця).

Подальші наукові дослідження цього напрямку розвинуті в науковій школі Вінницького національного технічного університету, а саме: дослідження теоретичних основ реактивних властивостей і від'ємного опору у напівпровідникових приладах подано у монографіях професора В. С. Осадчука [9, 10, 40, 41], розвиток теорії від'ємного опору і оцінки ефективності пристроїв з його використанням розглянуто в працях професора М. А. Філінюка [42–44], розробка теорії мікроелектронних частотних приладів на основі транзисторних структур з від'ємним опором і її використання подано у працях професора О. В. Осадчука [9, 10, 16, 45].

Визначення вологості у нафті та нафтопродуктах, а саме в маслах завжди було однією з головних проблем для фахівців. Вода, яка присутня в гідравлічних і мастильних рідинах, навіть в дуже малих кількостях може викликати значні пошкодження технологічних вузлів, які потребують змащування деталей. Волога, присутня в мастильних матеріалах, зменшує міцність плівки, що спричиняє зменшення міцності при стиранні і збільшенні корозії. Вода здатна вступати в реакцію з іншими домішками, присутніми в нафті та нафтопродуктах, і при цьому отримані продукти реакції можуть бути небезпечні для деяких металів. Також вода, наявна в нафтопродуктах, збільшує всмоктування повітря та ймовірність кавітації, а в ізоляційних маслах волога в кількості, що перевищує допустиму норму, може призвести до передчасного зносу масла та електричного пробою. Вода, наявна у нафті, сприяє корозії, при її транспортуванні може спотворювати покази витратомірів, а також призводить до передчасного зношення обладнання та виникнення аварійних ситуацій. Без відповідних пристроїв та засобів контролю залишені без уваги перераховані негативні ефекти можуть швидко призвести до серйозних аварій. Точність і надійність систем управління і регулювання технологічними процесами та безпека роботи промислових установок в нафтовій промисловості визначається за допомогою приладів для вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів. Неперервний контроль вологості нафти та нафтопродуктів необхідний для прийняття правильного рішення для забезпечення якості нафтопродуктів і підтримки вологості в допустимих межах.

У нафтовій промисловості вологоміри використовуються: під час індивідуальних вимірювань у свердловинах, групових виробничих вимірюваннях, а також під час контролю зневоднювання сирової нафти в нафтосховищах, і мають відповідати низці вимог, а саме: бути економічними, мати малу вагу, габарити та енергоспоживання, бути сумісними з сучасними ЕОМ. Також одним з важливих факторів є те, що при віддаленості (іноді на великі відстані) об'єкта контролю від системи контролю вологоміри мають забезпечувати передачу сигналу на відстань. Але найголовніше – вони мають забезпечувати високу точність та чутливість вимірювання. Тому виникає задача підвищення чутливості визначення вмісту вологості нафтопродуктів. Значного підвищення чутливості можна досягнути через перетворення інформа-

тивного сигналу в частотний. В частотних приладах для вимірювання вологості забезпечується можливість досягнення значно більших точностей вимірювання, ніж при використанні амплітудних сенсорів. Так, зразкові міри частоти можна виконати зі значно більшою стабільністю, ніж зразкові міри електричної напруги або струму. Перевага використання частотної форми вихідного інформативного сигналу пояснюється його простотою та точністю перетворення в цифровий код, можливістю бездротової передачі на відстань, зручністю при комутації в багатоканальних інформаційно-вимірювальних системах, а головне – завадостійкістю.

Виходячи з вищесказаного, перспективним науковим напрямком є розробка та створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів, в яких у якості первинного датчика використовується ємнісний датчик. В залежності від чутливості ємнісного датчика та коефіцієнта перетворення автогенератора, до якого він підключається, залежить вірогідність контролю. Для цього підходять конденсаторні циліндричні структури, чутливість і точність яких залежить від конструкції, а застосування автогенераторів з від'ємним опором дозволяє компенсувати активні втрати, тобто підвищити коефіцієнт передачі. Тому стає очевидною необхідність розробки принципів роботи і теоретичних засад створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур з частотним виходом, а також необхідність розробки схем, конструкцій, експериментального дослідження параметрів, оцінювання їх метрологічних характеристик, розробки мікропроцесорної системи для контролю вологості нафтопродуктів в промисловості та впровадження їх у виробничий процес.



# 1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВОЛОГОСІ

На сьогодні існує чимало різноманітних приладів для вимірювання фізичних величин [1, 36, 46, 47], але одне із провідних місць у цьому довгому списку займають прилади для вимірювання вологості [9, 35, 48]. Необхідність створення такого класу приладів виникає, насамперед, через залежність багатьох технологічних процесів від вологості, в таких галузях промислової індустрії, як металургія, енергетика, авіаційна та космічна техніка, хімічна та нафтогазова промисловість [37]. Оскільки сучасний стан науки та техніки висуває підвищені вимоги до засобів вимірювання та контролю вологості, тому проблема розробки та дослідження різноманітних приладів вологості, принцип дії яких базується на зміні електрофізичних параметрів [9], є актуальною на сьогоднішній день.

Останнім часом спостерігається високий рівень розвитку сучасних контрольно-вимірювальних приладів і систем для вимірювання вологості, що включають в себе засоби обчислювальної техніки з використанням мікропроцесорних засобів вимірювань з вбудованими цифровими блоками опрацювання і керування. Такі досягнення стали можливими через інтенсивний розвиток за останні десятиріччя технологій мікроелектроніки для виробництва сенсорів.

Перспективним напрямом в розробці приладів для визначення вологості є створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур. При цьому існує перевага використання в якості інформативного сигналу приладу частоти над його аналоговою формою, у вигляді напруги або струму, що обумовлена простотою та точністю перетворення частоти в цифровий код, його високою завадостійкістю при передачі та ефективністю комутації в багатоканальних вимірювальних системах [10]. Саме проблематика цих питань розглядається в цьому розділі.

## 1.1 Особливості об'єкта вимірювання

Вода є складовою частиною багатьох органічних та неорганічних матеріалів. Присутність води в матеріалах навіть в невеликій кількості суттєво впливає на фізико-хімічні та електричні властивості. Для вимірювання вологи важливо знати, в якому виді зв'язку перебуває вода з матеріалом. В залежності від форми енергії зв'язку і виду матеріалу волога може бути у вигляді вільної води, капілярно зв'язаної (фізико-механічний зв'язок), адсорбційно зв'язаної (фізико-хімічний зв'язок) та хімічно зв'язаної [37].

Найбільш міцно утримується хімічно зв'язана вода. Її молекули входять до складу матеріалу і відділяються лише за допомогою хімічних реакцій. Адсорбційно зв'язана вода утворюється в результаті впливу молекулярного силового поля. На початковому етапі сорбції на поверхні матеріалу утворюється мономолекулярний шар, що найбільш міцно зв'язаний з поверхнею адсорбенту. Цей шар сорбує наступні шари, які є менш зв'язаними. Капілярно зв'язана вода утворюється в мікрокапілярах поглинанням води з вологого повітря або безпосередньо взаємодією речовини з водою. Причиною виникнення такої форми зв'язку є капілярний тиск, обумовлений кривизною поверхні рідини в капілярах. Така вода отримала назву гігроскопічної. В низці процесів одна форма зв'язку поступово може переходити в іншу.

Існують різноманітні одиниці вимірювання для визначення вмісту вологи в газоподібних, рідких та твердих середовищах. Так, в парогазовій суміші вміст вологи вимірюють в одиницях абсолютної вологості, парціального тиску пари води, об'ємного вологовмісту, відносної вологості, температури точки роси, масовому вологовмісту та молярної частки водяного пару [9, 35, 37, 46].

Абсолютна вологість  $W_A$  показує, яка маса водяного пару міститься в  $1 \text{ м}^3$  газу, вимірюється зазвичай в  $\text{г/м}^3$  [9]:

$$W_A = \frac{m_{H_2O}}{V_G}, \quad (1.1)$$

де  $m_{H_2O}$  – маса водяного пару;  $V_G$  – об'єм газу.

Парціальний тиск водяного пару  $p_U$  вимірюється в гектопаскалях ( $1 \text{ ГПа} = 100 \text{ Па}$ ) – це тиск, який міг би мати водяний пар, що входить до складу газової суміші, якщо б він один займав весь об'єм суміші.

Об'ємний вологовміст  $x$  (або об'ємна концентрація парів води) визначається як відношення об'єму водяного пару до об'єму газу.

Під масовим вологовмістом  $r$  розуміють відношення маси водяного пару до маси сухого газу [9]:

$$r = \frac{m_{H_2O}}{m_G}, \quad (1.2)$$

де  $m_G$  – маса сухого газу.

Об'ємний та масовий вологовмісти вимірюються в ppm, використовуються для дуже малих концентрацій вологи ( $1 \text{ ppm} = 10^{-4} \%$ ).

Відносна вологість  $U$  – це відношення парціального тиску водяного пару  $p_U$  при температурі  $T$  до тиску насиченого пару  $p_S$  при цій же температурі [35]:

$$U = \frac{p_U}{p_S} \cdot 100\% . \quad (1.3)$$

Молярна частка водяного пару  $S$  дорівнює відношенню числа молей водяного пару до загального числа молей вологого газу [37].

Під температурою точки роси  $T_p$  розуміють таку температуру, при ізобарному охолодженні з якої починається конденсація пари води, що міститься в газі [9].

Для визначення вмісту вологи в рідких та твердих матеріалах використовують такі величини, як вологість та вологовміст. Існує масовий та об'ємний вологовміст, а також масова та об'ємна вологість.

Під масовим вологовмістом  $u$  розуміють відношення маси вологи  $M$ , що міститься в матеріалі до маси абсолютно сухого матеріалу  $M_0$  [37]:

$$u = \frac{M}{M_0} . \quad (1.4)$$

Під масовою вологістю  $W$  розуміють відношення маси вологи  $M$ , що міститься в матеріалі, до маси вологого матеріалу  $M_1$  [37]:

$$W = \frac{M}{M_1} = \frac{M}{M_0 + M} . \quad (1.5)$$

Перехід від масового вологовмісту до масової вологості може бути здійснений за виразом [37]

$$W = \frac{u}{1 + u} . \quad (1.6)$$

В деяких випадках користуються величинами, що характеризують вміст вологи в одиниці об'єму матеріалу.

Так, об'ємна вологість визначається за виразом [37]

$$W_{об} = \frac{M}{V} = \frac{V_B}{V} \rho_B = W \rho , \quad (1.7)$$

а об'ємний вологовміст – за виразом [37]

$$u_{об} = \frac{M}{V_0} = \frac{V_B}{V_0} \rho_B = u \rho_0, \quad (1.8)$$

де  $V, V_0, V_B$  – об'єм вологого, абсолютно сухого матеріалу та води, відповідно;  $\rho, \rho_0, \rho_B$  – густина вологого, абсолютно сухого матеріалу та води, відповідно.

Далі в роботі при проведенні вимірювань буде використовуватись така одиниця вимірювання, як масова вологість.

## 1.2 Сучасні засоби і пристрої для вимірювання та контролю вологості

Всі існуючі засоби для вимірювання вологості можна поділити на три великих групи, в залежності від того, в яких речовинах має вимірюватись вологість: твердих, рідких чи газоподібних. Кількісне визначення та контроль вологості твердих матеріалів, рідин та газів є необхідним майже у всіх галузях промисловості.

Важливе практичне значення має вимірювання вологості повітря, газів та газових сумішей. Вологість повітря є одним із основних технологічних параметрів у засобах для кондиціонування повітря та вентиляції. Контроль вологості повітря необхідний для створення штучного клімату на робочих місцях та в побуті.

В роботах [2–6, 49–62] наведені різноманітні засоби для вимірювання і контролю вологості повітря. Так, в роботі [49] описано резистивний сенсор вологості, оснований на нанокристалах  $BaNbO_3$ . Сенсор має добру чутливість до вологості. Опір зменшується від 932,4 МОм до 2,2 МОм при збільшенні відносної вологості від 10 % до 80 %. Час реакції і час відновлення сенсора складають 12 с та 32 с при зміні відносної вологості від 20 % до 60 %, відповідно. Дослідження нанокристалів  $BaNbO_3$  показали, що вони є чудовим матеріалом для застосування у високоточних засобах для вимірювання вологості. В роботі [50] показано розробку і виробництво керамічного товстоплівкового сенсора вологості, що оснований на  $MnZn$  фериті, сенсор на основі плівок нанопористого оксиду алюмінію описаний в роботі [51].

У емнісних сенсорах вологості вологочутливим шаром, в основному, є органічні полімери, що змінюють свої фізико-хімічні властивості при сорбції вологи. Органічна полімерна плівка в таких сенсорах може служити або самостійним вологочутливим шаром, або з добавками неорганічних вологочутливих сполук (звичайно солей хлористо-

го літію чи хлористого кальцію) чи негігроскопічних провідних частинок (дрібнодисперсного вуглецю, золота, срібла, паладію та інших).

На рис. 1.1 зображено конструкцію ємнісного сенсора вологості [2], який складається з діелектричної підкладки, на якій розташовані електроди з шаром вологочутливого матеріалу між ними, причому верхній електрод виготовлений з вологочутливого матеріалу та електропровідних мікрочастинок.

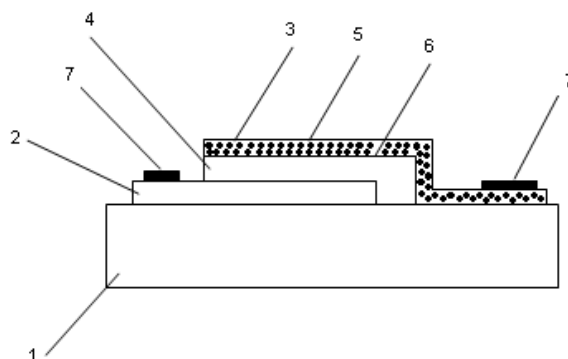


Рисунок 1.1 – Сенсор вологості [2]: 1 – діелектрична підкладка; 2 – електрод; 3 – верхній електрод; 4 – шар вологочутливого матеріалу; 5 – вологочутливий матеріал; 6 – електропровідні мікрочастинки; 7 – виводи

При відсутності вологи в середовищі стан сенсора вологості залишається незмінним, оскільки відстань між електропровідними частинками 6 така, що робить неможливим їх безпосередній контакт. При наявності в середовищі вологи молекули води спершу абсорбуються вологочутливим матеріалом 5 верхнього електрода 3, внаслідок чого стає можливим електричний контакт між електропровідними мікрочастинками 6, введеними в об'єм вологочутливого матеріалу 5. Залежно від кількості абсорбованої вологи, яка пропорційна вологості середовища, змінюється кількість електропровідних мікрочастинок 6, які контактують між собою. На початку процесу вимірювання переважатиме зміна кількості таких електропровідних мікрочастинок 6 по площі поверхні верхнього електрода 3. Це еквівалентно зміні площі верхнього електрода 3 конденсатора, утвореного електродом 2 та верхнім електродом 3, і діелектричними шарами вологочутливого матеріалу 4 і вологочутливого матеріалу 5 верхнього електрода 3. Зміна площі електрода конденсатора приводить до зміни його ємності, величина якої показує вологість середовища. Після того, як волога буде абсорбована всією поверхнею вологочутливого матеріалу 5 верхнього електрода 3, переважатиме об'ємна абсорбція вологи, при якій буде відбуватися

електричний контакт електропровідних мікрочастинок 6 в об'ємі вологочутливого матеріалу 5. В цьому випадку ємність утвореного конденсатора змінюватиметься за рахунок зміни товщини діелектричного шару конденсатора утвореного шаром вологочутливого матеріалу 4 і тією частиною вологочутливого матеріалу 5, до якого волога ще не проникла. При достатньому рівні вологості середовища волога абсорбується вологочутливим матеріалом 5 і проникатиме в шар вологочутливого матеріалу 4. В цьому випадку ємність утвореного конденсатора змінюється за рахунок зміни діелектричних властивостей шару вологочутливого матеріалу 4, які змінюються внаслідок абсорбції ним вологи [2].

Для вимірювання та контролю вологості газів використовують засоби [11, 12, 15, 28, 29, 47, 63–71]. На рис. 1.2 [65] зображена конструкція гігрометра.

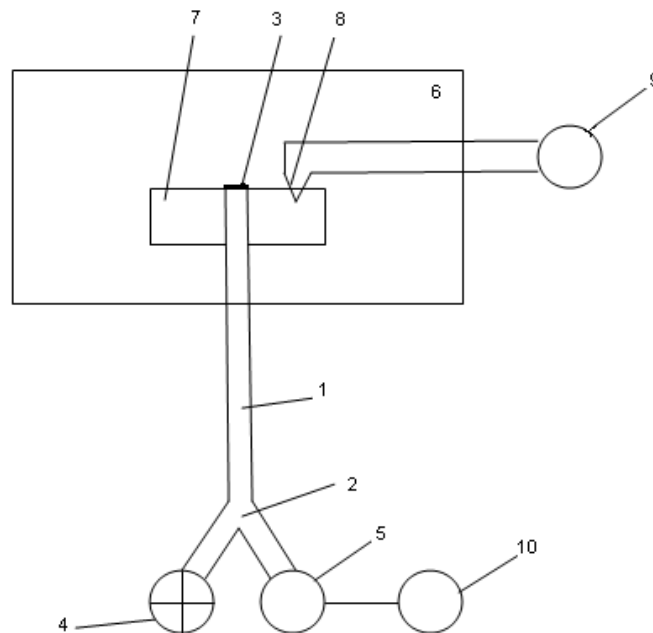


Рисунок 1.2 – Гігрометр [65]: 1 – світловод; 2 – відгалужувач; 3 – торець; 4 – джерело світла; 5 – фотоелемент; 6 – обмежений об'єм контрольованого газу; 7 – охолоджувач; 8 – термопара; 9 – гальванометр; 10 – амперметр

Гігрометр працює таким чином. Світло по світловоду 1 від джерела світла 4 через спрямований відгалужувач 2 направляють до торця світловода 3. При цьому сам світловод поміщають в обмежений об'єм контрольованого газу так, щоб його торець перебував у тепловому контакті з охолоджувачем 7. Якщо поверхня торця чиста, то світло виходить у навколишній простір і розсіюється. Якщо ж на поверхню

торця в результаті його охолодження осяде роса, то частина світла з оптичного волокна розсіється у зворотному напрямку й по світловоду частково потрапить через зворотне плече спрямованого відгалужувача на фотоелемент 5, струм у ланцюзі фотоелемента зростає, що зафіксує амперметр 10. У цей момент одночасно за допомогою термопари 8 і гальванометра 9 вимірюють температуру пари охолоджувач–торець оптичного волокна в області їхнього теплового контакту – це й буде температура точки роси контрольованого газу. Далі за величиною температури точки роси газу та наявними табличними даними визначають вологість газу.

Вимірювання вологості широко використовується і в сільському господарстві. Контроль вологості ґрунтів потрібний для правильного визначення термінів оранки та внесення добрив, а також тривалості поливу [31, 72]. Контроль вологості зерна [18, 25–27, 38, 73–76] та інших сільськогосподарських культур дає змогу правильно організувати технологічний процес зберігання і переробки та запобігти збиткам.

На рис. 1.3 [25] наведено структурну схему перетворювача вологості зерна, яка передбачає визначення параметрів досліджуваного матеріалу на двох частотах  $f_1$  і  $f_2$ . Досліджуваний матеріал розміщують в ємнісний перетворювач, який в свою чергу під'єднують до первинного перетворювача (ПП), що дозволяє неелектричний параметр – вологість – перетворити в електричний сигнал (напругу або струм).

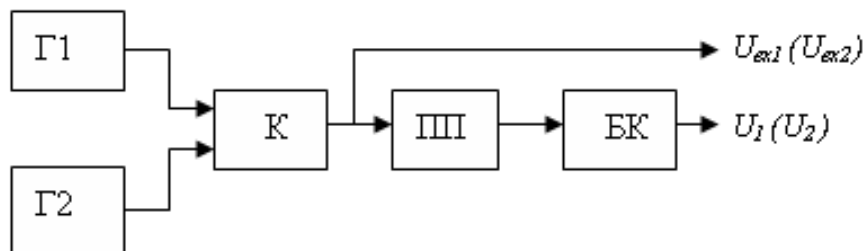


Рисунок 1.3 – Структурна схема вимірювального перетворювача вологості [25]

Отримані значення електричних величин дозволяють визначити вологість досліджуваного матеріалу за виразом [25]

$$W = a + b \cdot \left( \frac{U_1}{U_{вх1}} - \frac{U_2}{U_{вх2}} \right),$$

де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти, що визначаються шляхом багатofакторного експерименту і для різних матеріалів різні;  $U_{ex1}$  і  $U_{ex2}$  – значення напруги на вході ПП на частотах  $f_1$  і  $f_2$ , відповідно;  $U_1$  і  $U_2$  – значення напруги на виході ПП на частотах  $f_1$  і  $f_2$ , відповідно.

Гармонічні сигнали  $f_1$  і  $f_2$  однакової амплітуди від генераторів  $\Gamma_1$  і  $\Gamma_2$  за допомогою комутатора  $K$  по чергово подаються на первинний перетворювач ПП. З виходу ПП через буферний каскад (БК) знімається вихідна напруга  $U_1$  або  $U_2$  (в залежності від того, який із генераторів живить первинний перетворювач).

В будівництві від контролю вологості залежать основні властивості будівельних матеріалів, теплофізичні, теплозахисні характеристики, а, відповідно, і довговічність, міцність та надійність будівель та конструкцій [7].

У промисловості вологість сировини і напівфабрикатів дуже впливає на якість продукції і продуктивність устаткування. У низці галузей промисловості (текстильній, легкій, харчовій, хімічній та інших) основні технологічні процеси тісно зв'язані зі змінами вологості оброблених матеріалів.

На рис. 1.4 [77] показано засіб для вимірювання вологості матеріалів хімічної промисловості.

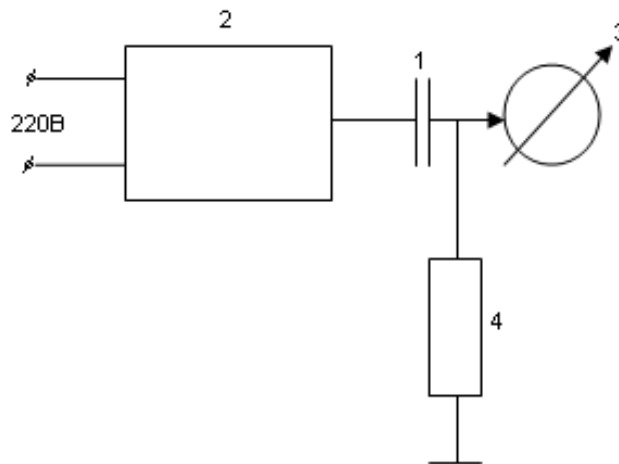


Рисунок 1.4 – Засіб для вимірювання вологості матеріалів хімічної промисловості [95]: 1 – ємнісна комірка; 2 – джерело живлення; 3 – вольтметр; 4 – вхідний опір вольтметра

В основі вимірювання вологості таким засобом лежить ємнісний метод. Ємнісна комірка являє собою кварцову ампулу, поміщену між щільно прилягаючими електродами конденсатора.



В роботах [78–80] наведені конструкції пристроїв вологості, що використовуються для текстильної галузі промисловості.

В харчовій промисловості використовують вологоміри, описані в роботах [48, 81]. На рис. 1.5 [48] зображено двохвилевий вологомір для сипучих матеріалів, який складається з первинного вимірювального тракту та вторинного засобу вимірювання.

На модуляторі 4, який приводиться в рух синхронним двигуном 3, встановлено два світлофільтри. Довжини хвиль опорного та вимірювального каналів складають 1,9 мкм (вимірювальна) та 1,7 мкм (опорна). При обертанні модулятора світловий промінь від джерела випромінювання 7 (лампи розжарення), з частотою 100 Гц переривається і на дзеркало 2 по чергово попадають потоки випромінювання, які пройшли через перший та другий світлофільтри, відповідно, на опорній та вимірювальній довжині хвилі. Поворотне дзеркало направляє потоки, що чергуються в часі, на контрольований об'єкт 8. Відбиті від обох потоків частки випромінювання збираються ввігнутих дзеркалом 5 і фокусуються на світлочутливу поверхню фотоприймача 7. Сигнал з виходу фотоприймача подається на попередній підсилювач 6. Наявність попереднього підсилювача у первинному вимірювальному тракті дозволяє отримати сигнал, достатній для передачі по кабелю на відстань до 100 м [48].

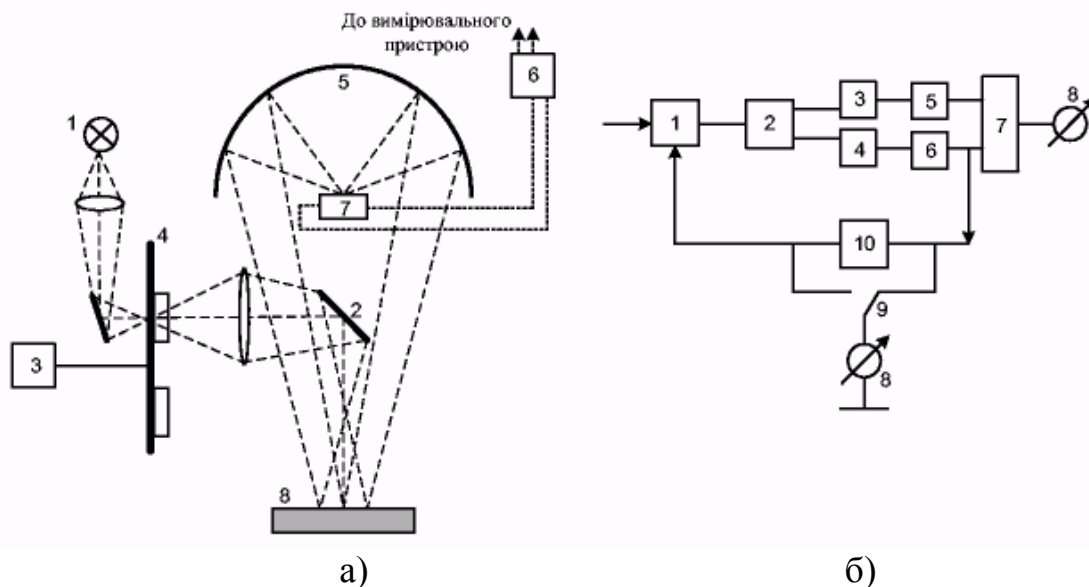


Рисунок 1.5 – Схема вологоміра [48]: а) з первинним вимірювальним трактом, б) з вторинним засобом вимірювання

Вторинний тракт вимірювання складається з підсилювача 7, електронного перемикача 2 для розподілу сигналів від опорного і вимірювального потоків, підсилювачів з регульованим коефіцієнтом пі-

дсилення 3 і 4, випрямлячів 5, 6, кінцевого підсилювача 7, реєструвальних приладів 8, перемикача виду робіт 9 і блока автоматичного регулювання 10. Сигнал від потоків опорного і вимірювального каналів з виходу первинного вимірювального тракту надходить на вхід вимірювального пристрою. Сигнал вимірювального каналу менший. Сигнал підсилювачем 7 доводиться до значення, зручного для обробки, і електронним перемикачем 2 розділяється в часі на опорний та вимірювальний сигнали, які після детектування подаються на диференціальний підсилювач 7. Далі сигнал подається на реєструвальний прилад 8. Перемикач роду робіт 9 дозволяє вести контроль за роботою пристрою. Вихідний струм вимірювального пристрою знаходиться в межах від 0 до 20 мА, вихідна напруга – від 0 до 1 В для навантаження більшого 50 кОм.

Перевагами описаного вологоміра є проста структура та принципи роботи. До недоліків можна віднести низьку точність через залежність опорного потоку випромінювання від вологості, низьку чутливість приладу, зумовлену використанням ввігнутих дзеркал, а отже, втраченою частиною відбитого випромінювання [48].

При дослідженні матеріалів органічного походження (деревина й інші рослинні матеріали, тваринна сировина) контроль вологості необхідний майже на всіх етапах технологічного процесу: при збереженні, прийомі, транспортуванні сировини та готової продукції [37].

Найважливіше практичне значення має визначення вологості неводних рідин – вуглеводнів, рослинних і мінеральних масел, нафти і нафтопродуктів, авіаційних і ракетних палив. Контроль вологості нафти необхідний у процесах її видобутку, зберігання, транспортування і переробки. Інформація про вміст пластової води в сирій нафті потрібна для керування процесами її відкачки. У паливах для реактивних двигунів вміст вологи не повинний перевищувати тисячних часток відсотка, щоб уникнути небезпек, зв'язаних з утворенням льоду в комунікаціях двигуна [37]. Необхідність контролю вологості рідких палив для ракет, що містять сильні окислювачі, викликана небезпекою корозії деталей, що контактують з паливом.

### **1.3 Засоби і пристрої для вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів та їх класифікація**

Підвищення якості продукції, більш повне та раціональне використання сировини відносяться до найбільш актуальних завдань, які стоять перед нафтогазовою промисловістю України. Нафта у чистому вигляді як паливо майже не використовуються, тому що економічно більш вигідно отримувати з нафти бензин, керосин, мазут, масла та інші нафтопродукти. При цьому необхідно контролювати цілу низку

параметрів, потрібних для раціонального використання сировини. Так, наприклад, основними параметрами, що характеризують якість масел, є: в'язкість, кислотне число, температура замерзання та загорання, вміст механічних домішок, здатність протидіяти корозії, стабільність до окислення, густина та вміст вологи [82–85]. Саме наявність вологи в маслах викликає зміну фізико-хімічних параметрів масел і тим самим зменшує строк їхньої служби. На сьогодні існує велика кількість різноманітних засобів для вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів [19–22, 32–34, 39, 86–97], деякі з них вражають своєю високою собівартістю, інші застарілістю технологій вимірювання. Так, наприклад, в умовах багатьох виробництв вологість в маслах визначають у лабораторіях термогравіметричним та дистиляційним методами, що вимагає значних затрат часу, а отже, робить неможливим автоматизацію технологічного процесу.

Методи визначення вологості бувають прямі та непрямі [48, 98]. В прямих методах відбувається безпосереднє розділення досліджуваного матеріалу на суху речовину та вологу. В непрямих методах відбувається вимірювання величини, що функціонально зв'язана з вологістю [36, 46].

Серед засобів для вимірювання вологості нафтопродуктів, основаних на прямих методах, можна виділити [1]: термогравіметричні, екстракційні, дистиляційні та хімічні. Найбільш поширеними є термогравіметричні, що базуються на висушуванні зразка в повітряному середовищі до повного видалення вологи. В дистиляційних засобах відбувається підігрів певної кількості досліджуваного зразка в посудині з наступною конденсацією парів вологи та підрахунку її кількості. Екстракційні – засновані на використанні реагентів, які взаємодіють з вологою, що міститься в матеріалі. Хімічні – базуються на обробці нафтопродукту реагентом, який вступає в хімічну реакцію лише з водою та забезпечує зневоднення нафтопродукту за рахунок руйнування емульсії, яка утворена водою та нафтопродуктом [98].

Так, в роботі [86] розглянуто спосіб кількісного визначення масової та об'ємної часток води за допомогою дистиляційного методу, але нагрів проби в цьому випадку відбувається не зовнішнім нагрівальним пристроєм, як це описано в роботі [99], а за рахунок енергії поглинання інфрачервоних променів водою на довжині хвилі, рівній 2,76 мкм. При цьому волога, що випарувалась, виноситься за допомогою продувки. Масову або об'ємну частку вологи у нафтопродукті в цьому випадку розраховують за формулами [86]

$$X = \frac{V_0}{m} \cdot 100 \%, \quad (1.9)$$

$$X_1 = \frac{V_0}{V} \cdot 100 \%, \quad (1.10)$$

де  $X$  – масова частка води у відсотках;  $X_1$  – об’ємна частка води у відсотках;  $V_0$  – об’єм води виділений із проби;  $V$  – об’єм проби;  $m$  – маса проби.

На відміну від дистиляційного методу зневоднення нафтопродуктів термохімічний метод [87, 88], окрім процесу нагрівання проби, включає в себе також і процес введення в нафтопродукт деемульгаторів, які забезпечують зневоднення нафтопродукту за рахунок руйнування емульсії, яка утворена водою та нафтопродуктом.

Загальними недоліками засобів для вимірювання вологості, що основані на прямих методах вимірювання, є необхідність відбору та спеціальної підготовки проб матеріалу, періодичність і значна тривалість процесу контролю, тому вони використовуються, головним чином, у лабораторних дослідженнях.

Засоби для вимірювання вологості на основі непрямих методів вимірювання потребують значно менших затрат часу при визначенні вологості проби на відміну від прямих методів вимірювання вологості, тому їм віддають перевагу, оскільки з їх допомогою можна автоматизувати контроль вологості. На основі непрямих методів вимірювання вологості нафтопродуктів побудовані прилади, що описані в роботах [19–24, 32–34, 89–97]. В цьому класі приладів можна виділити такі види, як механічні, оптичні, радіаційні, частотні, діелькометричні і кондуктометричні.

Так, наприклад, механічні прилади для вимірювання вологості засновані на вимірюванні механічних характеристик матеріалів, що змінюються зі зміною його вологості.

Перспективним напрямком на цей час у визначенні вологості нафтопродуктів є оптична вологометрія, основою якої є здатність вологи поглинати інфрачервоне випромінювання певної довжини хвилі [89, 90, 98]. Найчастіше оптичні прилади для вимірювання та контролю вологи створюються за двоххвильовою схемою, тобто сигнал, що вимірюється, фіксує різницю інтенсивності випромінювання двох хвиль: еталонної та досліджуваної [31].

Принцип дії оптичних вологомірів базується на виборчому поглинанні вологою інфрачервоного випромінювання певної довжини хвилі, відбитого від поверхні досліджуваної речовини або випромінювання, яке пройшло через досліджуваний зразок (речовину) [100]. Перевагою таких приладів є висока чутливість до вимірювального параме-

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мікроелектронні сенсори фізичних величин : науково-навчальне видання / [В. Вуйцік, З. Ю. Готра, В. В. Григор'єв та ін.] ; під ред. З. Ю. Готри. – [том 1]. – Львів : Ліга-Прес, 2002. – 475 с. – ISBN 966-7483-78-9.
2. Пат. 34264 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Сенсор вологості / З. Ю. Готра, О. З. Готра, К. Камуда, І. Є. Дубницька ; заявник та патентовласник держ. ун-т «Львівська політехніка». – № 99063429; заявл. 18.06.1999; опубл. 15.02.2001; Бюл. № 1.
3. Пат. 37047 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Сенсор вологості / З. Ю. Готра, О. М. Мельник ; заявник та патентовласник держ. ун-т «Львівська політехніка». – № 2000031459; заявл. 14.03.2000; опубл. 16.04.2001; Бюл. № 3.
4. Пат. 34240 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Сенсор вологості / З. Ю. Готра, О. З. Готра, К. Камуда, І. Є. Дубницька ; заявник та патентовласник держ. ун-т «Львівська політехніка». – № 99063374; заявл. 17.06.1999; опубл. 15.02.2001; Бюл. № 1.
5. Пат. 70166 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Термопарний вологомір / Ю. О. Скрипник, В. Р. Курко, М. О. Суглоба ; заявник та патентовласник Київський нац. ун-т технологій та дизайну. – № 20031212734; заявл. 29.12.2003; опубл. 15.09.2004; Бюл. № 9.
6. Пат. 47924 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Термоелектричний спосіб контролю вологості газових середовищ / Ю. О. Скрипник, В. Р. Курко ; заявник та патентовласник Київський нац. ун-т технологій та дизайну. – № 2001117580; заявл. 06.11.2001; опубл. 15.07.2002; Бюл. № 7.
7. Пат. 17937А УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/04. Спосіб дистанційного вимірювання вологості твердих матеріалів та пристрій для його здійснення / Ю. О. Скрипник, А. О. Потапов, І. С. П'ятін ; заявник та патентовласник Держ. акад. легкої пром-ті України. – № 94020511; заявл. 14.05.1993; опубл. 31.10.1997; Бюл. № 5.
8. Пат. 38067 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/04. Мікрохвильовий вимірювач вологості / Ю. О. Скрипник, І. М. Марченко ; заявник та патентовласник Київ. нац. ун-т технологій та дизайну – № 2000052974; заявл. 24.05.2000; опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4.
9. Осадчук В. С. Сенсори вологості : навч. посіб. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 208 с. – ISBN 966-641-055-9
10. Осадчук В. С. Напівпровідникові перетворювачі інформації : навч. Посіб. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 208 с.

11. Пат. 46385 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Вимірювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № 2001074689; заявл. 05.07.2001; опубл. 15.05.2002; Бюл. № 5.

12. Пат. 46483 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Напівпровідниковий пристрій для виміру вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. – № 2001075284; заявл. 24.07.2001; опубл. 15.05.2002; Бюл. № 5.

13. Пат. 33118 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 5/00. Напівпровідниковий датчик вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Е. В. Осадчук. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. – № 98126388; заявл. 03.12.1998; опубл. 15.02.2001; Бюл. № 1.

14. Пат. 46381 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Мікроелектронний давач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №2001074675; заявл. 05.07.2001; опубл. 15.05.2002; Бюл. № 5.

15. Пат. 33120 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 5/00. Пристрій для вимірювання вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Е. В. Осадчук ; заявник та патентовласник Вінн. держ. техн. ун-т. – № 98126390; заявл. 03.12.1998; опубл. 15.02.2001; Бюл. № 1.

16. Осадчук О. В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором / О. В. Осадчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 303 с.

17. Пат. 43044 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 5/00. Мікроелектронний пристрій для виміру вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. – № 2001010072; заявл. 03.01.2001; опубл. 15.11.2001; Бюл. № 10.

18. Пат. 49542 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний датчик вологості сипких матеріалів / О. В. Заболотний, В. А. Заболотний, М. Д. Кошовий ; заявник та патентовласник Харківський авіаційний ін-т. – № 2001128984; заявл. 25.12.2001; опубл. 16.09.2002; Бюл. № 9.

19. Пат. 48596 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний вимірювальний перетворювач / О. В. Заболотний, В. А. Заболотний, М. Д. Кошовий. ; заявник та патентовласник Харківський авіац. ін-т. – № 2001107200; заявл. 23.10.2001; опубл. 16.08.2004; Бюл. № 8.

20. Пат. 51222 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний датчик вологості / О. В. Заболотний, В. А. Заболотний, М. Д. Кошовий ; заявник та патентовласник Харківський авіац. ін-т. – № 2002020867; заявл. 04.02.2002; опубл. 15.10.2004; Бюл. № 10.

21. Пат. 62125 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний датчик вологості / О. В. Заболотний, М. Д. Кошовий, В. А. Заболотний ; заявник

та патентовласник Харківський авіац. ін-т. – № 2002120070; заявл. 13.12.2002; опубл. 15.12.2003; Бюл. № 12.

22. Пат. 53186 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний вимірювач вологості матеріалів / О. В. Заболотний, М. Д. Кошовий, В. А. Заболотний ; заявник та патентовласник Харківський авіац. ін-т. – № 2002042547; заявл. 01.04.2002; опубл. 15.01.2003; Бюл. № 1.

23. Пат. 69824 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Датчик вологості нафтопродуктів / О. В. Заболотний, М. Д. Кошовий, Р. А. Казимов ; заявник та патентовласник Харків. авіац. ін-т. – № 20031211248; заявл. 09.12.2003; опубл. 15.09.2004; Бюл. № 9.

24. Пат. 33704 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Первинний вимірювальний перетворювач вологості нафтопродуктів / О. В. Заболотний ; заявник та патентовласник Харків. авіац. ін-т. – № u200802016; заявл. 18.02.2008; опубл. 10.07.2008; Бюл. № 13.

25. Куцевол О. М. Радіочастотні методи вимірювання вологості зерна / О. М. Куцевол, В. О. Поджаренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 3. – С. 5–7. – ISSN 1997-9266.

26. Пат. 75443 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Спосіб вимірювання вологості капілярно-пористих матеріалів / В. О. Поджаренко, М. О. Куцевол, О. М. Куцевол ; заявник та патентовласник Вінницький держ. техн. ун-т. – № 2004031485; заявл. 01.03.2004; опубл. 17.04.2006; Бюл. № 4.

27. Куцевол О. М. Мікропроцесорний вологомір зерна / В. О. Поджаренко, М. О. Куцевол, О. М. Куцевол // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 4. – С. 16–18. – ISSN 1997-9266.

28. Пат. 68386 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/66. Спосіб визначення точки роси природного газу по волозі та пристрій для його здійснення / І. О. Дубчак, А. І. Лур'є, М. Ф. Ткаченко, О. Л. Швейкін, В. П. Плехоткін, О. В. Хвостова ; заявник та патентовласник Український наук.-досл. ін-т природних газів. – № 2001021175; заявл. 19.02.2001; опубл. 16.08.2004; Бюл. № 8.

29. Пат. 80214 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/66. Пристрій для визначення температури точки роси природного газу / А. І. Лур'є, В. П. Плехоткін, О. В. Хвостова, М. Ф. Ткаченко, О. О. Острожинський ; заявник та патентовласник дочірнє підприємство «Наук.-досл. ін-т нафтогаз. пром-ті». – № a200602141; заявл. 27.02.2006; опубл. 27.08.2007; Бюл. № 13.

30. Лур'є А. Й. Система контролю за вологістю природного газу. Організація та основні напрями діяльності / А. І. Лур'є, О. В. Хвостова // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 2. – С. 60–62.

31. Грушка І. Г. Методи і засоби вимірювання вологості матеріалів та середовищ / І. Г. Грушка // Наук.праці УкрНДГМІ. – 2005. – № 254. – С. 169–187.
32. Пат. 84682 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/00, G 01 N 27/02, G 01 N 27/12, G 01 N 27/22. Волоконно-оптичний вологомір / І. Г. Грушка, Я. І. Грушка ; заявник та патентовласник І. Г. Грушка, Я. І. Грушка. – № а200500714; заявл. 26.01.2005; опубл. 25.11.2008; Бюл. № 22.
33. Пат. 3044 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Чутливий конденсаторний елемент пристрою безперервного контролю вологості нафтопродуктів / А. П. Козлов, Є. І. Малаховський, Е. Е. Ефендієв ; заявник та патентовласник Центр дослід. і впрров. наук.-тех. розробок. – № 2003109717; заявл. 29.10.2003; опубл. 15.10.2004; Бюл. № 10.
34. Пат. 50133 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Пристрій для безперервного контролю вологості нафтопродуктів, які транспортуються трубопроводом / А. Ш. Башхалієв, Є. І. Малаховський, А. П. Козлов, М. С. Якіменко, Г. П. Хотульов, О. Т. Богорош ; заявник та патентовласник Держ. наук.-виробниче під-во «Прилади, автоматика, системи». – № 2001106942; заявл. 12.10.2001; опубл. 15.10.2002; Бюл. № 10.
35. Датчики измерительных систем. / [Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон и др.] ; пер. с фран. А. С. Обухов. – Книга 2. – М. : Мир, 1992. – 424 с. – ISBN 5-03-001642-2.
36. Виглеб Г. Датчики / Г. Виглеб ; пер. с нем. М. А. Хацериова. – М. : Мир, 1989. – 196 с. – ISBN 5-03-000634-6.
37. Берлинер М. А. Измерения влажности / М. А. Берлинер. – М. : Энергия, 1973. – 400 с.
38. Пат. 2130606 Российская Федерация, МКІ G 01 N 27/22. Устройство для измерения влажности сыпучих веществ / В. Ф. Калугин ; заявитель и патентообладатель Калугин В. Ф. – № 98105331/25; заявл. 23.03.1998; опубл. 20.05.1999; Бюл. № 14.
39. Пат. 2135984 Российская Федерация, МКІ G 01 N 22/04. Способ определения влагосодержания потока нефти одного месторождения / Г. Н. Ахобадзе ; заявитель и патентообладатель Ин-т проблем управления РАН. – № 98110768/09; заявл. 04.06.1998; опубл. 27.08.1999; Бюл. № 24.
40. Осадчук В. С. Температурні та оптичні мікроелектронні частотні перетворювачі: навч. посіб. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, В. Г. Вербицький. – Вінниця : ВНТУ, 2001. – 195 с.
41. Осадчук В. С. Напівпровідникові прилади з відємним опором : навч. посіб. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 162 с.
42. Негатроника / [С. А. Гаряинов, А. Н. Серьезнов, Л. Н. Степанова, Н. А. Филинук.] – Новосибирск : Наука, 1995. – 320 с.



43. Філінюк М. А. Аналіз впливу зворотного зв'язку на параметри динамічного негatrona на польовому транзисторі / М. А. Філінюк, О. О. Лазарєв // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – №6. – С. 94–97. – ISSN 1997-9266.
44. Філінюк М. А. Дослідження енергетичних властивостей нелінійної ємності / М. А. Філінюк, О. О. Лазарєв // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – №4. – С. 92–95. – ISSN 1997-9266.
45. Осадчук В. С. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом : навч. посіб. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Н. С. Кравчук. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 163 с. – ISBN 978-966-641-214-3.
46. Фрайден Дж. Современные датчики : справочник / Дж. Фрайден. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с. – ISBN 5-94836-050-4.
47. Джексон Р. Г. Новейшие датчики. / Р. Г. Джексон ; пер. с англ. В. В. Лучинина. – М. : Техносфера, 2007. – 384 с.
48. Богачук В. В. Методи та засоби вимірювального контролю вологості порошкоподібних матеріалів : моногр. / В. В. Богачук, Б. І. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 141 с.
49. A rapid-response humidity sensor based on BaNbO<sub>3</sub> nanocrystals / [M. Zhang, C. Hu, H. Liu at all] // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2009. – № 136. – P. 128–132.
50. Arshaka K. A ceramic thick film humidity sensor based on mzn ferrite / K. Arshaka, K. Twomey, D. Egan // Sensors. – 2002. – № 2. – P. 50–61.
51. Room temperature ammonia and humidity sensing using highly ordered nanoporous alumina films / [C. Dickey, K. Varghese, G. Ong at all] // Sensors. – 2002. – № 2. – P. 91–110.
52. Löfgren L. Low-power humidity sensor for RFID applications / L. Löfgren, B. Löfving // Cardiff University. Published by Whittles Publishing Ltd. – 2008.
53. Tao B. Capacitive humidity sensors based on Ni/SiNWs nanocomposites / [B. Tao, J. Zhang, F. Miao at all] // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2009. – № 136. – P. 144–150.
54. Pat. 0075445 USA, Int. Cl. G01R 27/26. Moisture sensor with capacitive measuring element and method of determining air humidity / Yves Luthi. – 22.04.2004.
55. Pat. 0055503 USA, Int. Cl. H01C 10/10. Capacitive humidity sensor / Katsunori Tanida. – 16.03.2006.
56. Pat. 0316673 USA, Int. Cl. G01N 27/22. Moisture sensor / R. Hoofman, J. Michelin. – 25.12.2008.
57. Duncan G. Measuring relative humidity in agricultural environments / G. Duncan, R. Gates, M. Montross // Biosystems and agricultural engineering, University of Kentucky. – 2005.

58. Pat. 0024110 USA, Int. Cl. G01N 27/12. Circuit configuration and method for measuring humidity / Gerhard Nikolaus. – 31.01.2008.

59. Pat. 0075318 USA, Int. Cl. G01R 27/26. Moisture sensor with capacitive measuring element / Yves Luthi. – 18.01.2004.

60. Pat. 2430752 GB, Int. Cl. G01D 5/24. Sensing system with output frequency dependent on sensor capacitance / Steven A Rosenau, Michael Louis Frank. – 04.04.2007.

61. Lee S. CMOS humidity sensor system using carbon nitride film as sensing materials / S. Lee, J. Lee, S. Chowdhury. // Sensors. – 2008. – № 8. – P. 2662–2672.

62. Пат. 20134 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Датчик відносної вологості повітря / Ю. Г. Завьялов, В. І. Мартиненко, А. О. Лунін, А. П. Нагайченко ; заявник та патентовласник Київський нац. ун-т технологій та дизайну. – № 95083677; заявл. 04.08.1995; опубл. 25.12.1997; Бюл. № 6.

63. Пат. 55142 Российская Федерация, МКИ G 01 N 25/56. Конденсационный гигрометр / Ю. Н. Головач, И. В. Скогоров. ; заявитель и патентообладатель ОАО «ВЭЛНИИ». – № 2006106361/22; заявл. 04.08.2005; опубл. 28.02.2006; Бюл. № 3.

64. Пат. 33323 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Спосіб вимірювання вологості газів / А. Н. Сухель, В. А. Михайлець, Ю. Д. Лукомський. ; заявник та патентовласник А. Н. Сухель, В. А. Михайлець, Ю. Д. Лукомський – № u200805819; заявл. 05.05.2008; опубл. 10.06.2008; Бюл. № 11.

65. Пат. 6459 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/66. Спосіб вимірювання вологості газу / Б. І. Педько, Г. Т. Кірін, В. Б. Коток, І. І. Волков, Ю. М. Кулик ; заявник та патентовласник дочірня компанія «Укртрансгаз». – № 20040806900; заявл. 17.08.2004; опубл. 16.05.2005; Бюл. № 5.

66. Пат. 19725 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 5/00. Конденсаційний гігрометр / Й. Й. Білинський, В. В. Онушко ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200608580; заявл. 31.07.2006; опубл. 15.12.2006; Бюл. № 12.

67. Пат. 37873 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/00. Датчик для вимірювання вологості газового середовища / Ю. М. Бугай ; заявник та патентовласник ТОВ «Українські технології». – № 2000042394; заявл. 26.04.2000; опубл. 15.10.2002; Бюл. № 10.

68. Пат. 18290 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Чутливий елемент датчика вологості / В. Л. Августімов, Д. І. Бідник, С. П. Костенко, О. В. Насипайко, А. І. Остапчук ; заявник та патентовласник акціонерне товариство «Родон». – № 94322144; заявл. 20.08.1990; опубл. 25.12.1997; бюл. № 6.

69. Визначення вольт-амперної характеристики частотного перетворювача вологості на основі двох КМДН-транзисторів з активним ін-

дуктивним елементом / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 1(13). – С. 53–58. – ISSN 1681-7893.

70. Ємнісний сенсор вологості / [В. С. Осадчук, Л. В. Крилик, М. В. Євсєєва, О. С. Звягін] // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 5. – С. 143–147.

71. Пат. 32338 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Пристрій для контролю відносної вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200800395; заявл. 11.01.2008; опубл. 12.05.2008; Бюл. № 9.

72. Пат. 40938 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/04. Пристрій для вимірювання об'ємного вологовмісту і нейроно-поглинальних параметрів геологічних середовищ / С. Т. За вольський, В. В. Кулик, В. С. Месропян, І. О. Майстренко ; заявник та патентовласник Ін-т геофізики НАН України. – № 2000116661; заявл. 24.11.2000; опубл. 15.05.2003; Бюл. № 5.

73. Пат. 54195 Российская Федерация, МКІ G 01 N 27/22. Влагомер сыпучих веществ / В. В. Шорохов, А. И. Макаров, И. В. Маркин ; заявитель и патентообладатель ООО «Лепта». – № 2006101098/22; заявл. 23.07.2005; опубл. 17.01.2006; Бюл. № 1.

74. Пат. 55453 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Спосіб вимірювання вологості та пристрій для його здійснення / Рудик А. В ; заявник та патентовласник Вінницький держ. техн. ун-т. – № 99116350; заявл. 23.11.1999; опубл. 15.04.2003; Бюл. № 4.

75. Пат. 75700 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Спосіб вимірювання вологості / О. М. Куцевол, М. О. Куцевол, В. О. Поджаренко ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № 2004032000; заявл. 18.03.2004; опубл. 15.05.2006; Бюл. № 5.

76. Пат. 79660 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56, G 01 N 25/60. Датчик вологості сипучих матеріалів у потоці / В. Ф. Клабуков, К. В. Соснін, А. В. Просяник ; заявник та патентовласник ТОВ наук.-вироб. під-во «Агропроматоматизація». – № a200506495; заявл. 01.07.2005; опубл. 10.07.2007; Бюл. № 10.

77. Пат. 77818 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56, G 01 N 27/22. Спосіб виміру вологості матеріалів, зокрема солей йодидів лужних металів / Б. В. Гриньов, О. Ю. Волошко, Б. Г. Заславський, О. М. Кісіль, О. В. Колесніков, В. Л. Самолов, Д. С. Сафронов, О. Г. Шишкін ; заявник та патентовласник Ін-т сцинтиляційних матеріалів НАН України. – № 20041210819; заявл. 27.12.2004; опубл. 15.01.2007; Бюл. № 1.

78. Пат. 61037 Российская Федерация, МКІ G 01 N 27/22. Устройство для измерения влажности кожевенного сырья / Д. С. Лычников, М. В. Антонова, Н. В. Берлова, И. М. Гордиенко, Л. К. Земцова, С. А. Крылова, Н. П. Кутепова, Г. В. Луковенко, А. И. Сапожникова ;

заявитель и патентообладатель Московская гос. акад. вет. медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина. – № 2006138176/22; заявл. 12.02.2006; опубл. 30.10.2006; Бюл. № 17.

79. Пат. 35081 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/04. Пристрій для контролю вологості тканини / А. П. Храпливий, О. М. Баржник, О. П. Єдинович, Ю. С. Решетняк. ; заявник та патентовласник Херсонський держ. тех. ун-т. – № 99084553; заявл. 10.08.1999; опубл. 15.03.2001; Бюл. № 2.

80. Пат. 9734 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/02. Пристрій для вимірювання вологості матеріалів з безперервним режимом роботи в часі / Ю. В. Шабатура, Ю. О. Дмитрієв, В. П. Бараболя, В. В. Богачук ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200502686; заявл. 24.03.2005; опубл. 17.10.2005; Бюл. № 10.

81. Пат. 54155 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Вологомір / Р. А. Провальний ; заявник та патентовласник Тернопільський держ. техн. ун-т. – № 2002054279; заявл. 24.05.2002; опубл. 17.02.2003; Бюл. № 2.

82. Нефтепродукты. Термины и определения : ГОСТ 26098-84. – [Действует от 1984-07-01]. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1984. – 11 с. – (Межгосударственный стандарт).

83. Масла трансформаторные. Технические условия : ГОСТ 982-80. – [Действует от 1982-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2001. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).

84. Масла индустриальные. Технические условия : ГОСТ 20799-88. – [Действует от 1990-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2006. – 5 с. – (Межгосударственный стандарт).

85. Масла авиационные. Технические условия : ГОСТ 21743-76. – [Действует от 1978-01-01]. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1987. – 4 с. – (Межгосударственный стандарт).

86. Пат. 29839 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 25/56. Спосіб кількісного визначення вмісту води в паливі та паливно-мастильних матеріалах / В. П. Кувачов, В. Ф. Мовчан, Д. А. Катюха ; заявник та патентовласник Таврійський держ. агротехн. ун-т. – № u200711612; заявл. 22.10.2007; опубл. 25.01.2008; Бюл. № 1.

87. Пат. 42355 УКРАЇНА, МКІ C 10 G 7/00. Спосіб підготовки та стабілізації нафти / П. В. Темченко, П. М. Демченко, Ю. О. Зарубін, В. І. Красько, П. П. Панченко, П. В. Тарабаринів, І. М. Купер, Б. М. Гринишин, П. Г. Курпіта, І. В. Копач, М. П. Гнип, В. П. Петриняк, І. Я. Бойчук, О. В. Васьків, Я. С. Тринів ; заявник та патентовласник ВАТ «Укрнафта» – № 2001010553; заявл. 25.01.2001; опубл. 15.10.2001; Бюл. № 9.

88. Пат. 40499 УКРАЇНА, МКІ C 10 G 7/04, C 10 G 33/00. Спосіб збезводнення та знесолення нафти / В. М. Пономарьов, М. В. Кошо-

вещь ; заявник та патентовласник ЗАТ «Северодонецкий оргхім» – № 2001032070; заявл. 29.03.2001; опубл. 16.07.2001; Бюл. № 6.

89. Пат. 60834 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 21/81. Волоконно-оптичний вологомір / Л. І. Козич, Н. П. Фролова ; заявник та патентовласник Ужгородський нац. ун-т. – № 2003031890; заявл. 03.03.2003; опубл. 15.10.2003; Бюл. № 10.

90. Пат. 57466 Российская Федерация, МКІ G 01 N 27/22. Полнодиапазонный поточный влагомер сырой нефти (варианты) / Полторацкий В. М ; заявитель и патентообладатель «Центр разраб. нефтедоб. оборуд.». – № 2006108871/22; заявл. 11.08.2005; опубл. 21.03.2006; Бюл. № 5.

91. Пат. 48806 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/00. Пристрій для вимірювання вологості нафтопродуктів / Г. Г. Башук, Л. М. Пелех ; заявник та патентовласник ВАТ «Рівнеазот» – № 2001128674; заявл. 17.12.2001; опубл. 15.08.2002; Бюл. № 8.

92. Пат. 2135985 Российская Федерация, МКІ G 01 N 22/04. Проточный измеритель влажности нефтепродуктов / В. В. Галицын ; заявитель и патентообладатель Б. Б. Булгаков, А. Б. Булгаков. – № 98102039/09; заявл. 05.02.1998; опубл. 27.08.1999; Бюл. № 24.

93. Пат. 54190 Российская Федерация, МКІ G 01 N 22/04. Устройство для измерения влагосодержания дизельного топлива / Д. А. Ломоносов, Ф. М. Мурманцев ; заявитель и патентообладатель Приморская гос. сельхоз. академия. – № 2006102694/22; заявл. 09.07.2005; опубл. 30.01.2006; Бюл. № 4.

94. Pat. 4240028 USA, Int. Cl. G01R 27/26. Means and method for determining water saturation of oil / Lorne A. Davis, Jr. – № 33937; filed 27.04.1979; print 16.12.1980.

95. Пат. 34555 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/00. Пристрій для вимірювання вологості / Л. В. Крилик, Ю. С. Кравченко, О. С. Звягін, О. М. Мельничук ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200804581; заявл. 10.04.2008; опубл. 11.08.2008; Бюл. № 15.

96. Пат. 39894 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний сенсор для вимірювання вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № 200814033; заявл. 05.12.2008; опубл. 10.03.2009; Бюл. № 5.

97. Пат. 40284 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Сенсор для вимірювання вологості / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, О.С. Звягін ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № 200814052; заявл. 05.12.2008; опубл. 25.03.2009; Бюл. № 6.

98. Стенцель Й. І. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості. Аналітичні прилади і методи контролю. Ч. 2. : на-

вч. посіб. / Й. І. Стенцель. – Луганськ : вид-во Східноукраїнського нац. ун-ту, 2000. – 263 с. – ISBN 966-590-229-6.

99. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды : ГОСТ 2477-65. – [Действует от 1966-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2002. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).

100. Крилик Л. В. Мікроелектронні частотні перетворювачі вологості на основі напівпровідникових структур з від'ємним опром : дис. кандидата тех. наук : 05.13.05 / Крилик Людмила Вікторівна. – Вінниця, 2005. – 221 с.

101. Нефть и нефтепродукты. Диэлькометрический метод определения влажности : ГОСТ 14203-69. – [Действует от 1970-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2006. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).

102. Осадчук В. С. Проблеми вимірювання вологості нафтопродуктів та метод підвищення його точності / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2010. – № 1(27). – С. 135–139. – ISSN 1810-3049.

103. Осадчук В. С. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 275 с. – ISBN 966-7199-67-3.

104. Осадчук О. В. Ємнісний сенсор для вимірювання вологості нафтопродуктів / О. В. Осадчук, О. С. Звягін, М. В. Євсєєва // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 2. – С. 40–43.

105. Осадчук О. В. Вологочутливий ємнісний сенсор для вимірювання вологості нафтопродуктів / О. В. Осадчук, О. С. Звягін, Л. В. Крилик // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Автоматика, вимірювання та керування. – 2010. – № 665. – С. 174–178. – ISSN 0321-0499.

106. Ємнісний сенсор вологості гребінцевої структури на основі полімерних матеріалів / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, М. В. Євсєєва] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 2(12). – С. 229–234. – ISSN 1681-7893.

107. Теория диэлектриков / [Н. П. Богородицкий, Ю. М. Волокобинский, А. А. Воробьев, Б. М. Таргев]. – М.-Л. : Энергия, 1965. – 344 с.

108. Мосин О. В. Всё о воде. Вязкость воды [Электронный ресурс] / О. В. Мосин. – Режим доступа к статье: <http://www.o8ode.ru/article/answer/pnanetwater/vyazkost.htm>.

109. Горошков Б. И. Элементы радиоэлектронных устройств : справочник / Б. И. Горошков. – М. : Радио и связь, 1988. – 176 с. – ISBN 5-256-00069-1.

110. Сисоєв В. М. Основи радіоелектроніки : підручник / В. М. Сисоєв. – К. : Вища школа, 2004. –279 с. – ISBN 966-642-018-X.
111. Осадчук В. С. Генератори електричних коливань на основі транзисторних структур з від’ємним опором : моногр. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, А. О. Семенов. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 184 с.
112. Пат. 44927 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Пристрій для визначення вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін, К. Ю. Іоніна ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200902969; заявл. 30.03.2009; опубл. 26.10.2009; Бюл. № 20.
113. Звягін О. С. Мікроелектронний частотний перетворювач для вимірювання вологості нафтопродуктів / О. С. Звягін, О. В. Осадчук // II-й Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю : міжнар. наук.-техн. конф., Вінниця 23–26 вер. 2009 р. : тези допов. – 2009. – С. 308–312. – ISBN 978-966-2190-11-3.
114. Звягін О. С. Частотний перетворювач вологості / О. С. Звягін, О. В. Осадчук // Сучасні проблеми радіоелектроніки та телекомунікацій «РТ-2011» : міжнар. молод. наук.-тех. конф., Севастополь 11–15 квітня 2011 р. : тези доповіді. – 2011. – С. 278.
115. Осадчук В. С. Математична модель мікроелектронного частотного перетворювача вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 3. – С. 113–117. – ISSN 1997-9266.
116. Электрические измерения. Средства и методы измерений : учеб. пособие для вузов / [К. П. Дьяченко, Д. И. Зорин, П. В. Новицкий и др.] ; под ред. Е. Г. Шрамкова. – М. : Высшая школа, 1972. – 520 с.
117. Пат. 50817 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Вимірювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200913291; заявл. 21.12.2009; опубл. 25.06.2010; Бюл. № 12.
118. Осадчук В. С. Математична модель частотного перетворювача вологості з конденсаторною циліндричною структурою / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 1. – С. 140–146. – ISSN 1997-9266.
119. Осадчук В. С. Математична модель частотного перетворювача вологості нафтопродуктів / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 4. – С. 89–94.
120. Пат. 88831 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/00. Перетворювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін ; заяв-

ник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № а200804584; заявл. 10.04.2008; опубл. 25.11.2009; Бюл. № 19.

121. Пат. 42213 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Вимірювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін, А. Ю. Савицький ; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200900894; заявл. 06.02.2009; опубл. 25.06.2009; Бюл. № 12.

122. Звягін О. С. Вимірювач вологості нафтопродуктів / О. С. Звягін, О. В. Осадчук, В. С. Осадчук // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : міжнар. наук.-тех. конф., Вінниця 8–9 жовтня 2009 р. : тези доповіді. – 2009. – С. 67.

123. Звягін О. С. Мікроелектронний частотний перетворювач вологості на основі від'ємного опору / О. С. Звягін, О. В. Осадчук // Радіоелектроніка і молодь у ХХІ столітті : міжнар. молод. форум, Харків 18–20 квітня 2011 р. : тези доповіді. – 2011. – С. 84.

124. Митин Д. К. Мониторинг присутствия воды в нефти и маслах - защита ваших инвестиций / Д. К. Митин, И. М. Озеричкий // Территория Нефтегаз. – 2006. – № 2. – С. 18–19. – ISSN 2072-2745.

125. Глушков Э. И. Новые решения в проектах систем измерения количества и показателей качества нефти, нефтепродуктов и газа ОАО «Нефтеавтоматика» / Э. И. Глушков, Р. В. Аскарров // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2009. – № 4. – С. 12–14.

126. Система измерения количества и показателей качества нефти (СИКН) [Электронный ресурс] / Режим доступа к статье : <http://elesy.ru/engineering/resheniya-po-napravlenijam/neftepererabotka/sikn.aspx>.

127. Система измерения количества и показателей качества нефти [Электронный ресурс] / Режим доступа к статье : [http://eng.ozna.ru/katalog/roizvodstvo\\_oborudovaniyaa/istemy\\_ucheta\\_i\\_izmereniya\\_parametrov\\_nefti\\_zhidkosti\\_i\\_gaza/istemy\\_izmerenij\\_kolichestva\\_i\\_pokazatelej\\_kachestva\\_nefti](http://eng.ozna.ru/katalog/roizvodstvo_oborudovaniyaa/istemy_ucheta_i_izmereniya_parametrov_nefti_zhidkosti_i_gaza/istemy_izmerenij_kolichestva_i_pokazatelej_kachestva_nefti).

128. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения количества извлекаемых из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования : ГОСТ Р 8.615-2005. – [Действует от 2006-03-01]. – М. : Стандартинформ, 2007. – 31 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).

129. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок / Л. А. Коледов. – М. : Радио и связь, 1989. – 400 с. - ISBN 2-256-00142-6.

130. Мирский Г. Я. Электронные измерения / Г. Я. Мирский. – М. : Радио и связь, 1986. – 440 с.



131. Яценков В. С. Микроконтроллеры Microchip с аппаратной поддержкой USB / Яценков В. С. – М. : Горячая линия–Телеком, 2008. – 400 с. – ISBN 978-5-9912-0030-1.

132. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин : підручник / [Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, Б. І. Стадник та ін.] ; під ред. Є. С. Поліщука. – Львів : Вид-во «Бескид Біт», 2008. – 618 с. – ISBN 966-8450-22-1.

133. Дорожовець М. М. Опрацювання результатів вимірювання : навч. посіб. / М. М. Дорожовець. – Львів : Вид-во нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. – 624 с. – ISBN 978-966-553-640-6.

134. Нефедов В. И. Метрология и радиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. пособие / В. И. Нефедов, В. И. Хахин ; под ред. В. И. Нефедова. – М. : Высшая школа, 2001. – 383 с.

135. Стабилизатор напряжения LM7805 документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье : <http://www.avtlab.com/node/29>.

136. Пождаренко В. О. Вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка / В. О. Пождаренко, В. В. Кухарчук. – К. : НМК ВО, 1991. – 240 с.

137. Райс В. Как работают аналогово-цифровые преобразователи и что можно узнать из спецификации на АЦП. [Электронный ресурс] / В. Райс // Компоненты и технологии. – 2005. – № 3. – Режим доступа к статье : <http://www.efo.ru/doc/Silabs/Silabs.pl?2089>.

138. Электрические измерения : учебник для вузов / [Л. И. Байда, Н. С. Добротворский, Е. М. Душин и др.] ; под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина – Л. : Энергия, 1980. – 392 с.

139. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: навч. посіб. / [Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк]. – Вінниця: ВДГУ, 2001. – 219 с.

**Осадчук Володимир Степанович,  
Осадчук Олександр Володимирович,  
Звягін Олександр Сергійович**

**ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ  
ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ**

Монографія

Редактор Н. Мазур

Оригінал–макет підготовлено О. В. Осадчуком, О. С. Звягіним

Підписано до друку 10.04.2014 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 8,78  
Наклад 300 (1-й запуск 1–75) прим. Зам № В2014-14

Вінницький національний технічний університет,  
КІВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.  
21021, м. Вінниця, вул. Порики, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.