

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

кіберфізичних та інформаційно-

вимірювальних систем

(повна назва)

Ткачов В.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню \_\_\_\_\_ бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Васильській Ользі Олексіївні академічної групи 152-17-1

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

за освітньо-професійною програмою «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»  
на тему Дослідження показників якості вугілля

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2021р. № \_\_\_\_\_

| Розділ  | Зміст   | Термін виконання              |
|---|---|-------------------------------|
| Стан питання та постановка завдання.<br>Опис технологічного процесу і вибір контрольованих параметрів | Опис технологічного процесу видобутку вугілля. Опис параметрів, що впливають на якість вугілля. Вибір контрольованих параметрів, що впливають на якість вугілля. Опис існуючих методів контролю якості вугілля та вибір оптимального. | 05.05.2021<br>–<br>10.05.2021 |
| Обґрунтування вибору засобів вимірювальної техніки. Складання вимірювальної схеми                     | Вибір засобів вимірювальної техніки, що використовується для контролю обраних параметрів. Складання вимірювальної схеми.  | 08.05.2021<br>–<br>13.05.2021 |
| Вимірювальні перетворювачі  | Розробка віртуального приладу у середовищі Labview для дослідження статичної характеристики вимірювального перетворювача. Розрахунок нев'язок.  | 13.05.2021<br>–<br>20.05.2021 |
| Метрологічне забезпечення   | Розробка віртуального приладу у середовищі Labview для оцінювання невизначеності вимірювання вологості вугілля.   | 20.05.2021<br>–<br>30.05.2021 |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях   |   | 30.05.2021<br>–<br>06.06.2021 |
| Економічна частина  |   | 30.05.2021<br>–<br>06.06.2021 |

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_

Гальченко Ю.М.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 05.05.2021

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_

Васильєва О.О.

(прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка дипломної роботи складається з:

### **Актуальність теми.**

Тема дуже актуальна в наш час, тому що вугілля використовується в різних галузях. З вугілля видобувають паливо; перетворюють його в бензол, який застосовується для виготовлення лаків, фарб, гуми; використовують у фільтрах для стічних і питних вод; в електроенергетиці. У кожній промисловості потрібно гарна якість.

### **Мета роботи.**

Забезпечення якості контролю системи датчиків вологи у вугіллі.

### **Методологія і методи дослідження.**

Дослідження робляться завдяки положенням стандартизації, метрології, автоматизації в процесі видобутку вугілля. Також використовується система LabView.

### **Предмет дослідження.**

Стан вологості у вугіллі.

### **Об'єкт дослідження.**

Датчик вологості вугілля.

### **Галузь використання.**

Технологічна, енергетична, газифікація, утилізація золи, розвиток методів переробки вугілля.

## Вступ

На даний момент особливе значення для країни є вуглевидобувна галузь. Тому що вугілля -це джерело головного паливного ресурсу та основного енергоносія. Дніпровський буровугільний басейн, Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн та Донецький- найбільші вугільні регіони України. Площа яких становить 3% від загальної площі країни. Щорічно в процесі видобутку вугілля на поверхню підіймається приблизно 400 млн.м<sup>3</sup> вугільної породи.

Вугільна промисловість об'єднує гірничобудівні і переробні підприємства- резерви і шахти, ремонтні заводи, збагачувальні фабрики, а також підприємства промислового транспорту.

Масштабне використання ресурсоємних технологій- виснажливе природокористування призвело до значного техногенного навантаження на усі природні екосистеми країни та забруднення довкілля.

У цій роботі визначається відсоток вологості вугілля за допомогою програми LabView. Вміст вологи пов'язаний як з генетичними чинниками вуглеутворення, так і зі способами їх видобутку, зберігання і переробки. Вся волога, що знаходиться в природних умовах заляганнях, називається природною ( $W_{пр}$ ). Вологу, що міститься у видобутому вугіллі, названо загальною вологою ( $W_t$ ).

Метою кваліфікаційної роботи є опис приладів, їх характеристик та параметрів, що вимірюють вологість вугілля. Та вибір оптимального з наведених.

# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1.Опис технологічного процесу видобутку вугілля

Видобуток вугілля виробляється з надр Землі. У промислі виділяють такі способи: відкритий та шахтний

Процес видобутку вугілля *відкритим способом* ділять на кілька видів: поверхнева, нагірна, глибинна і нагірно-глибинна. Від рельєфу і положення покладів корисних копалин залежить і вибір певного виду.

В даному способі знімають верхній шар ґрунту і використовують вугільні розрізи. Для яких необхідно оборуdivаніе- ескватор, а в подальшому кар'єрні самоскиди.

Процес видобутку вугілля:

Робота починається з того, що гірники видаляють пусту породу. Демонтаж проводять вибухами або механічним подрібненням (за допомогою ковша екскаватора). Процес проводять в чіткій послідовності, до нижнього шару можна приступати через певний час після виїмки верхнього шару. Витягнутий вугілля відправляється на склад або на гірничо-збагачувальний комбінат. А збільшений розріз, засипають родючим шаром ґрунту.

Види палива, які знаходяться глибоко під землею, мають інший спосіб видобування -шахтний (закритий).

Видобуток вугілля *закритим способом* проводиться в спеціальних обладнаних шахтах. Викопне знаходиться на відстані більш 100-500 метрів, тому необхідно облаштування штольні, тунель. Використовують вертикальні і горизонтальні тунелі, в залежності від пластів викопного вугілля. Ширина пластів може бути як і кілька метрів, так і десятки кілометрів.

Для того, щоб добути вугілля, виробляються такі технологічні процеси:

- Розтин шахтного поля
- Підготовка шахтного поля до очисної виїмки
- Очисна виїмка
  
- Розтин шахтного поля

Шахтне поле - це частина родовища вугілля, яка відводиться для будівництва шахти.

Розробку родовища вугілля, роблять чином розкриття (роблять доступним з земної поверхні), і для цього використовують вертикальні стволи, похилі стволи, штольні, шурфи і свердловини великого діаметру.

Розріз шахтних полів вертикальними стволами є найбільш універсальним і поширеним.

Похилі стовбури забезпечують економічні та технічні вигоди, в порівнянні з вертикальними стволами. Похилий стовбур використовують для видачі вугілля на поверхню, вертикальний - для спуску і підйому людей, вантажів та іншого.

При складному рельєфі, способом розкриття родовища є проведення штолень.

- Підготовка шахтного поля до очисної виїмки

Після того як родовище розкрито, воно готується до очисної виїмки. Для цього за допомогою різних підготовчих виробок воно розділяється на окремі виемочні поля. Такі вироблення і такі роботи зветься підготовчими.

Основні вироблення при підготовці шахтного поля на вугільних родовищах - головні і поверхові штреки, капітальні та панельні бремсберги і ухили з ходками.

Якщо обирати з найбільш раціонального способу підготовки, то вибірка проводиться з умов забезпечення: безпеки робіт, економічності, інтенсивності розробки родовища. У випадках, коли можна застосувати кілька способів підготовки шахтного поля, найбільш раціональний встановлюють на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

- Очисна виїмка

Після розтину і підготовки шахтного поля робиться очисна виїмка.

Є кілька способів очисних робіт: гідравлічним, вручну, за допомогою буропідривних робіт, комбайнами і механізованими комплексами.

Після вилучення корисної копалини утворюються порожнечі - вироблений простір, в результаті чого виробляються роботи по кріпленню і управління покрівлею. Застосовується безліч способів кріплення і керування покрівлею. Тобто видобуток корисних копалин зводиться до виконання певних технологічних процесів.

Відкритий спосіб вважається кращім:

Він є дешевше, якщо його порівнювати з підземним.

До того ж, безпечніший, оскільки шахти нерідко обвалюються. Високий відсоток викопного. В 1,5-3 рази більше, ніж з шахт.

Завдяки відкритому простору, є можливість скористатися важкою технікою і ввести вибухові роботи[1-2]

## 1.2.Опис параметрів, що впливають на якість вугілля

Якість вугілля формується фізичними і хімічними властивостями, летючими речовинами, теплотою згоряння, зольністю, вологістю і вмістом сірки.

Фізичні властивості вугілля:

- Блиск (скляний, смолистий, шовковистий )
- Колір (від бурого і темно-сірого до чорного)
- Щільність (залежить від складу вугілля, від ступеня їх зневуглецювання, від мінеральних домішок, від вологи і від природи вугілля)
  - Злам ( землистий, раковистий, волокнистий, заїдливий, струменистий, зернистий і нерівний )
  - Твердість (підвищується зі ступенем вуглефікації за шкалою Мооса 1-3)
  - Крихкість (визначається за ступенем їх опору стирання, розчавлювання і удару)
  - Окремість (пластинчата, призматична, кубічна, грибінчата і пірамідальна)

Хімічні властивості:

- Вуглець (C) 75 - 92%
- Водень (H) 2,5 - 5,7%
- Кисень (O) 1,5 - 15%
- Азот (N) до 2,7%
- Сірка (S) 0 - 4%

Летючі речовини:

Летючі речовини важливі, тому що вони визначають поведінку і особливості вугілля, в процесі використання.

Теплота згоряння:

Теплота згоряння має й іншу назву - калорійність вугілля. Вона показує кількість тепла, отримане при згорянні одиниці палива (ккал / кг).

Зольність:

Зольність є одним з основних показників якості вугілля. зміст золи впливає на технологічні характеристики і на ступінь екологічного забруднення. Зольність може бути різною для різних марок вугілля.

Вологість:

Вологість ділиться на два види: внутрішня і поверхнева. Вона впливає на якість палива.

Вміст сірки:

У металургії при використанні вугілля сірка переходить в метал. Цей процес погіршує якість угля. Процент вмісту сірки в вугіллі - 0,2-10%. [3-4]

### **1.3. Вибір контрольованих параметрів, що впливають на якість вугілля**

Контрольований параметр якості вугілля - це вологість.

Спосіб поліпшити цінність вкопного, є процес зміни кількості надлишкової вологи в твердому паливі.

Один тип палива може містити різний показник вологості, так як це залежить від умов заощадження вугілля, від наявності підземних вод, складок місцевості та іншого.

Підвищений вміст вологи у вугіллі - знижує теплоту згоряння палива, вугілля замерзає в вагонах і на складах, виникають складнощі при навантаженні, розвантаженні, сортування і транспортування.

І навпаки знижений вміст вологи в вкопному (сухе вугілля) - дає пил, що призводить до зниження продукції і забруднення навколишнього середовища.

Розрізняють такі види вологи: робоча волога, волога повітряно-сухого палива та аналітична вологість.

- Робоча волога ( $W /$ ) - кількість всієї вологи в паливі. Буре вугілля від 20 до 40%, кам'яне вугілля від 6 до 18%, антрацити- 2-5%.

- Волога повітряно-сухого палива ( $W_j$ ) - кількість води у вугіллі, вихлопу на повітрі. На це впливає зрілість вугілля і навколишнє повітря.
- Аналітична вологість ( $W_a$ ) необхідна тільки для підрахунків при проведенні випробувань.

Отже параметр вологості вугілля є важливим критерієм якості. Оскільки даний показник впливає не тільки на зручність транспортування і продуктивність, а і на формування контрактної ціни.

#### **1.4.Опис існуючих методів контролю якості вугілля та вибір оптимального**

Сучасні методи якості вугілля повинні мати можливість використання на різних етапах експлуатації.

- Метод прямого вагового визначення води в аналітичній пробі. Вологість аналітичної проби залежить від вологості атмосфери. Запроваджений від 30.03.92. Даний метод використовують для кам'яного і бурого вугілля. Суть методу:

Відбувається нагрів вугілля в струмі сухого азоту, без кисню, при температурі 105-110С. Виділилася вода збирається в поглинаючій трубці, в якій міститься осушувач. Завдяки збільшенню маси трубки, визначається вологість у вугіллі.

Реактиви:

Поглиначем може бути магній хлорнокислий. Необхідно в осушувальній колонці використовувати один і той же поглинач, тому що газ і азот повинні бути висушені до однакової мірою. Азот допускається використовувати по ГОСТ 9293. Вміст кисню не більше 0,5%

Апаратура:

Ваги з ГОСТ 24104, не нижче другого класу, з точністю до 0.1мг. Електропечь, терморегулююча в межах 105-110С.

Осушная колонка з поглинаючою трубкою, та з самим поглиначем.

Доповнення: контрольна скляна трубка з ГОСТ 25336 типу ТХ-У-2-100 або ТХ-У-2-150.

Витратомір, використовується для вимірювання швидкості потоку газу. Допускається у використанні скляний реометр по ГОСТ 9932.

Витрата азоту -100-250см<sup>3</sup>/хв

Скляні ретортні трубки, які вміщують в себе приблизно 1г проби.

Човники по ГОСТ 9147, що не окислюються.

Поглиначаючі скляні трубки по ГОСТ 25336, за вагою не більше 190 г

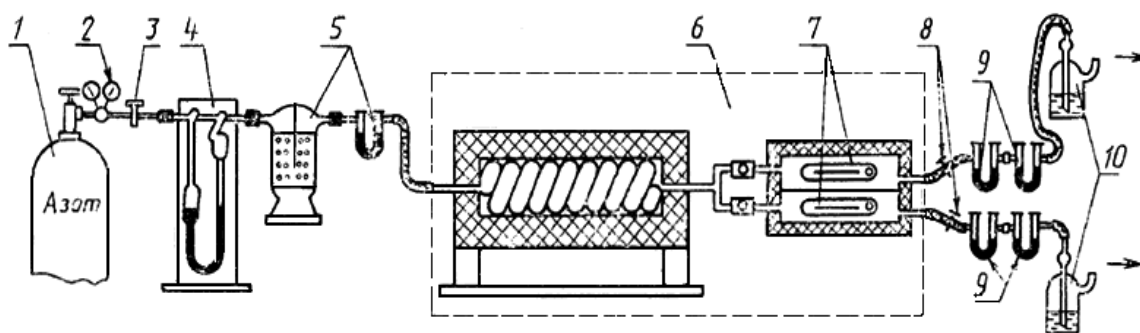
Проба речовини:

Аналітичну пробу роблять по ГОСТ 10742. Вугілля подрібнюють до 0,212мм.

Випробування:



Рисунок 1.1



1. балон
2. редукційний вентиль
3. вентиль з угольчатим затвором, для тонкої прохідності азоту в систему
4. реометр
5. система очищення азоту (осушительная колонка + трубка)
6. електропіч
7. човник
8. гвинтовий затиск
9. поглинювальні трубки
10. лічильник бульбашок з сірчаною кислотою (концентрованою)

В піч, з температурою 105-110С, вставляють реторну трубку і пропускають азот, протягом 15 хвилин. Поглинальну трубку закривають і від'єднують на 20 хвилин. Після відкривають на мить, врівноважують тиск і зважують (з точністю до 0,2 мг). В якості протизваги аналогічна трубка. Реторну трубку витягують з печі і олоджають струмом сухого азоту, після зважують з точністю до 0,1 мг близько 1г вугілля і розподіляють по довжині човника.

Знову під'єднують поглинальну трубку, після зважування, перевіряють на герметичність і проводять процедуру, описану вище, повторно.

Повторюють процедуру кожні 30 хвилин, поки зміна в масі буде не більше 0,2 мг.

- Кондуктометричний метод контролю вологості.

Метод заснований на вимірюванні електричного опору матеріалу, змінюваного в залежності від вологості. Пробу речовини поміщають між плоскими електродами первинного перетворювача і обчислюють вологість викопного.

Кондуктометричний метод кращий, оскільки він

- Дешевший
- Зручніший, оскільки потрібно менше приладдя.

- Швидший, оскільки ваговий метод проводять в продовж трьох годин, а кондуктометричний впродовж декілька хвилин.

## **1.5.Вибір засобів вимірювальної техніки, що використовується для контролю обраних параметрів. Складання вимірювальної схеми.**

### **1.5.1.Вологомір для ґрунту і сипучих матеріалів MS-350A**

Рисунок 1.2



Вологомір MS-350A оснащений щупом на дроті, що надає гнучкість в вимірах. Підходить для піску, ґрунту, цементу, гіпсу, сухих і в'язких будівельних сумішей і сипучих матеріалів, вугілля, хімічних порошків. Технічні характеристики даного приладу описані в таблиці № 2.1

- Широкий діапазон вологості: 0-60%.
- 20 калібровок.
- Циліндричний голчастий сенсор довжиною 30 см на кабелі.
- Автоматичний контроль діапазону.
- Обнуління показників.
- Запам'ятовування поточного / максимального значення
- Брезентовий чохол з блискавкою-застібкою і ручками для перенесення.

Таблиця технічних характеристик вологоміру MS-350A(2.1)

|                                      |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| Модель                               | MS-350A            |
| Дисплей                              | LCD, підсвічування |
| Діапазон вимірювання вологості       | 0-80%              |
| Умови експлуатації (температура)     | 0-60 С             |
| Умови експлуатації (відн. вологість) | 5-90% RH           |
| Розширення                           | 0,1%               |

|                        |  |
|------------------------|--|
| Похибка                | 0,5% (1 + n)   |
| Живлення               | ААА 4 шт   |
| Вага                   | 200 г без щупа   |
| Розміри приладу        | 140 * 60 * 22 мм   |
| Гарантія               | 1 року   |
| Спеціальні функції     | Максимальне показання (max), фіксація показань на екрані (hold)  |
| Час вимірювання        | до 2 с   |
| Тип вологоміра         | Щуповий  |
| Щуп з дротом 1 м       | 30 см без урахування ручки   |
| Діаметр датчика (щупа) | 6 мм   |
| Комплектація           | Вологомір ґрунту та інших порошкоподібних сипких матеріалів MS350 + Щуп - датчик вологості на дроті + ковпачок+ пластиковий кейс+ Інструкція(англ. та Укр.)+ Технічний паспорт +комплект батарейок(4 батарейки 1,5 В )+ вимірювальний зонд+ Гарантійний талон + Брезентовий чохол. |
| Підсвічування екрану   | Так  |

Управління датчика відбувається за допомогою 5-ти кнопок. Окрім цього в даному приладі відображається інформація з точністю до десятих. Екран в вологомірі 4-х розрядний і має підсвічування, яке можна включати по потребі. Для коректного вимірювання вологості вугілля необхідно знати щільність досліджуваного зразка (місця занурення щупа).

Середня вартість приладу- 6700грн[5]

### 1.5.2.Вологомір сипучих матеріалів ТК-100

Технічні характеристики даного приладу описані в таблиці № 2.2

Рисунок 1.3



Таблиця технічних характеристик вологоміру **ТК-100** (2.2)

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Модель                           | ТК-100  |
| Дисплей                          | 4 цифровий РК з підсвічуванням                                  |
| Діапазон вимірювання вологості   | 0-80%   |
| Умови експлуатації (температура) | 0-60 С  |
| Глибина вимірювання вологості    | До 27 см  |
| Розширення                       | 0,1%  |
| Похибка                          | ±0,5%   |
| Живлення                         | ААА 4 шт  |
| Вага                             | 0.2   |
| Розміри приладу                  | 46 * 7,5 * 3,5 мм   |
| Гарантія                         | 1 рік   |
| Спеціальні функції               | Максимальне показання (max), фіксація показань на екрані (hold) |
| Час вимірювання                  | до 5 с  |
| Тип вологоміра                   | Вологомір з двома вимірювальними щупами                         |
| Комплектація                     | Прибор+<br>Інструкція+<br>Батарейки ААА 1.5 В - 4 шт            |
| Підсвічування                    | Так   |

Управління датчиком відбувається за допомогою трьох кнопок:

кнопка «FUN» - включення вологоміра

кнопка «ZERO» - виставлення "нульового" рівня

кнопка «HOLD»- включення режиму автоматичної фіксації максимального значення

Середня вартість приладу-3200грн[6]

### **1.5.3.Цифровий вологомір ММ400**

Технічні характеристики даного приладу описані в таблиці № 2.3

Рисунок 1.4



Вологомір ММ400 це універсальний вимірювальний прилад призначений для точного вимірювання вологості сипучих порошкоподібних речовин, ґрунту, вугілля і деяких зернових культур.

Таблиця технічних характеристик цифрового вологоміру **ММ400** (2.3)

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Модель                               | ММ400  |
| Діапазон вимірювання вологості       | 0-2%, 0-90%  |
| Умови експлуатації (температура)     | 0-60 С   |
| Умови експлуатації (відн. вологість) | 5-90% RH   |
| Розширення                           | 0.1 або 0.01   |
| Похибка                              | ± 0.5% або ± 0.05%   |
| Живлення                             | 9V Крона   |
| Вага                                 | 1. 210 г   |
| Розміри приладу                      | 172 * 66 * 28 мм   |
| Гарантія                             | 6 місяців  |
| Тип вологоміра                       | Контактний   |
| Щуп з дротом 1 м                     | 30 см без урахування ручки   |
| Довжина щупа                         | 300 мм   |
| Комплектація                         | Вологомір ґрунту та інших порошкоподібних сипких матеріалів ММ400 + пластиковий кейс + Інструкція + Технічний паспорт + крона + вимірювальний зонд + Гарантійний талон |
| Підсвічування екрану                 | Так  |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Час вимірювання | До 2с |
|-----------------|-------|

Середня вартість приладу- 7500грн[7]

## 1.6.Метод аналізу ієрархії

### Вибір датчика вологості вугілля

Мета: Датчик для вимірювання вологи у вугіллі

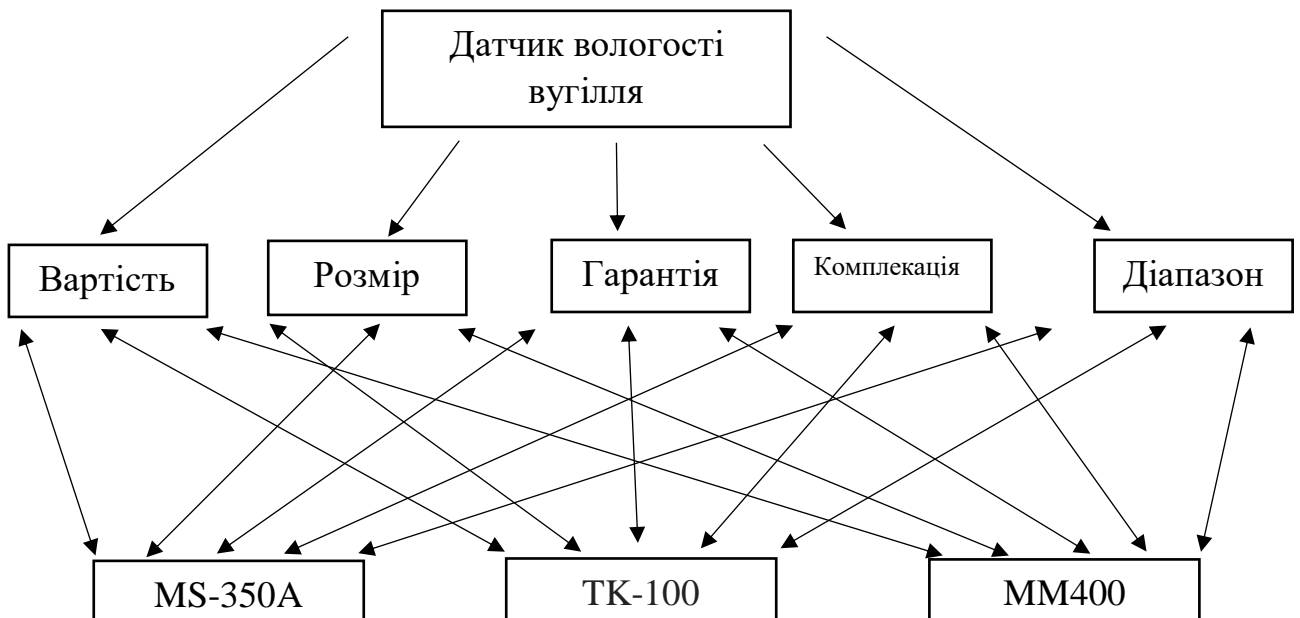
Основні критерії:

- Розмір приладу
- Гарантія
- Комплектація
- Діапазон вимірювання вологості
- Вартість

Основні альтернативи:

- Вологомір для ґрунту і сипучих матеріалів MS-350A
- Вологомір сипучих матеріалів ТК-100
- Цифровий вологомір ММ400

### Побудова дерева альтернатив:



### Побудова матриці попарних порівнянь:

порівняння критеріїв:

Початково попарне порівняння по якісній шкалою, з подальшим перетворенням в бали:

Однаково, байдуже = 1

трохи краще (гірше) = 3 (1/3)

краще (гірше) = 5 (1/5)

значно краще (гірше) = 7 (1/7)

принципово краще (гірше) = 9 (1/9)

При проміжному думці використовуються проміжні бали 2, 4, 6, 8.

**Складаємо матрицю,**

де  $a_{ij}$ - відношення критерію і до критерію j, за формулою:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad (1.6.1)$$

$$a_{ii} = 1. \quad (1.6.2)$$

|              | Вартість | Розмір | Гарантія | Комплектація | Діапазон |
|--------------|----------|--------|----------|--------------|----------|
| Вартість     | 1        | 3      | 5        | 7            | 4        |
| Розмір       | 1/3      | 1      | 1        | 1            | 3        |
| Гарантія     | 1/5      | 1      | 1        | 2            | 1/6      |
| Комплектація | 1/7      | 1      | 1/2      | 1            | 1/2      |
| Діапазон     | 1/4      | 1/3    | 6        | 2            | 1        |

**Порівняння альтернатив за критеріями.**

**Складаємо аналогічні матриці порівняння варіантів (альтернатив) за кожним критерієм:**

| Вартість | MS-350A | ТК-100 | ММ400 |
|----------|---------|--------|-------|
| MS-350A  | 1       | 7      | 1/3   |
| ТК-100   | 1/7     | 1      | 1/5   |
| ММ400    | 3       | 5      | 1     |

| Розмір  | MS-350A | ТК-100 | ММ400 |
|---------|---------|--------|-------|
| MS-350A | 1       | 1/3    | 2     |
| ТК-100  | 3       | 1      | 7     |
| ММ400   | 1/2     | 1/7    | 1     |

|          |            |            |          |
|----------|------------|------------|----------|
| Гарантія | MS-350A    | TK-100     | MM400    |
| MS-350A  | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>5</b> |
| TK-100   | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>5</b> |
| MM400    | <b>1/5</b> | <b>1/5</b> | <b>1</b> |

|              |            |          |            |
|--------------|------------|----------|------------|
| Комплектація | MS-350A    | TK-100   | MM400      |
| MS-350A      | <b>1</b>   | <b>3</b> | <b>1/2</b> |
| TK-100       | <b>1/3</b> | <b>1</b> | <b>1/7</b> |
| MM400        | <b>2</b>   | <b>7</b> | <b>1</b>   |

|          |          |          |            |
|----------|----------|----------|------------|
| Діапазон | MS-350A  | TK-100   | MM400      |
| MS-350A  | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1/7</b> |
| TK-100   | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1/7</b> |
| MM400    | <b>7</b> | <b>7</b> | <b>1</b>   |

**Методика аналізу матриць.**

**Знаходимо суму елементів кожного стовпця:**

$$S_j = a_{1j} + a_{2j} + \dots + a_{nj}, \quad (2.4.3)$$

**Ділимо всі елементи матриці на суму елементів відповідного стовпця:**

$$A_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j}, \quad (2.4.4)$$

| $a_{ij}$     | Вартість | Розмір | Гарантія | Комплектація | Діапазон |
|--------------|----------|--------|----------|--------------|----------|
| Вартість     | 1        | 3      | 5        | 7            | 4        |
| Розмір       | 1/3      | 1      | 1        | 1            | 3        |
| Гарантія     | 1/5      | 1      | 1        | 2            | 1/6      |
| Комплектація | 1/7      | 1      | 1/2      | 1            | 1/2      |
| Діапазон     | 1/4      | 1/3    | 6        | 2            | 1        |
| Сума         | 1.926    | 6.333  | 13.5     | 13           | 8.667    |



| $A_{ij}$     | Вартість    | Розмір      | Гарантія | Комплектація | Діапазон    |
|--------------|-------------|-------------|----------|--------------|-------------|
| Вартість     | 1/1.926     | 3/6.333     | 5/13.5   | 7/13         | 4/8.667     |
| Розмір       | 0.333/1.926 | 1/6.333     | 1/13.5   | 1/13         | 3/8.667     |
| Гарантія     | 0.2/1.926   | 1/6.333     | 1/13.5   | 2/13         | 0.167/8.667 |
| Комплектація | 0.143/1.926 | 1/6.333     | 0.2/13.5 | 1/13         | 0.2/8.667   |
| Діапазон     | 0.25/1.926  | 0.333/6.333 | 6/13.5   | 2/13         | 1/8.667     |

| $A_{ij}$     | Вартість | Розмір | Гарантія | Комплектація | Діапазон | ср.знач |
|--------------|----------|--------|----------|--------------|----------|---------|
| Вартість     | 0.519    | 0.474  | 0.370    | 0.538        | 0.462    | 0,473   |
| Розмір       | 0.173    | 0.158  | 0.074    | 0.077        | 0.346    | 0,166   |
| Гарантія     | 0.104    | 0.158  | 0.074    | 0.154        | 0.019    | 0,102   |
| Комплектація | 0.074    | 0.158  | 0.015    | 0.077        | 0.023    | 0,069   |
| Діапазон     | 0.130    | 0.053  | 0.444    | 0.154        | 0.115    | 0,179   |

|              | Вага в частках | Вага у відсотках |
|--------------|----------------|------------------|
| Вартість     | 0.473          | 47.3%            |
| Розмір       | 0.166          | 16.6%            |
| Гарантія     | 0.102          | 10.2%            |
| Комплектація | 0.069          | 6.9%             |
| Діапазон     | 0.179          | 17.9%            |

### Вартість :

| Вартість | MS-350A      | TK-100    | MM400        |
|----------|--------------|-----------|--------------|
| MS-350A  | <b>1</b>     | <b>7</b>  | <b>1/3</b>   |
| TK-100   | <b>1/7</b>   | <b>1</b>  | <b>1/5</b>   |
| MM400    | <b>3</b>     | <b>5</b>  | <b>1</b>     |
| Сума     | <b>4.143</b> | <b>13</b> | <b>1.533</b> |

| Вартість | MS-350A            | TK-100      | MM400              |
|----------|--------------------|-------------|--------------------|
| MS-350A  | <b>1/4.143</b>     | <b>7/13</b> | <b>0.333/1.533</b> |
| TK-100   | <b>0.143/4.143</b> | <b>1/13</b> | <b>0.2/1.533</b>   |
| MM400    | <b>3/4.143</b>     | <b>5/13</b> | <b>1/1.533</b>     |

| Вартість | MS-350A      | TK-100       | MM400        | Ср.знач      |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| MS-350A  | <b>0.241</b> | <b>0.538</b> | <b>0.217</b> | <b>0.332</b> |
| TK-100   | <b>0.035</b> | <b>0.077</b> | <b>0.130</b> | <b>0.081</b> |
| MM400    | <b>0.724</b> | <b>0.385</b> | <b>0.652</b> | <b>0.587</b> |

| Вартість | Вага в частках | Вага у відсотках |
|----------|----------------|------------------|
| MS-350A  | <b>0.332</b>   | <b>33.2%</b>     |
| TK-100   | <b>0.081</b>   | <b>8.1%</b>      |
| MM400    | <b>0.587</b>   | <b>58.7%</b>     |

### Розмір:

| Розмір  | MS-350A    | TK-100       | MM400     |
|---------|------------|--------------|-----------|
| MS-350A | <b>1</b>   | <b>1/3</b>   | <b>2</b>  |
| TK-100  | <b>3</b>   | <b>1</b>     | <b>7</b>  |
| MM400   | <b>1/2</b> | <b>1/7</b>   | <b>1</b>  |
| Сума    | <b>4.2</b> | <b>1.476</b> | <b>10</b> |

| Розмір  | MS-350A        | TK-100             | MM400       |
|---------|----------------|--------------------|-------------|
| MS-350A | <b>1/4.2</b>   | <b>0.333/1.476</b> | <b>2/10</b> |
| TK-100  | <b>3/4.2</b>   | <b>1/1.476</b>     | <b>7/10</b> |
| MM400   | <b>0.2/4.2</b> | <b>0.143/1.476</b> | <b>1/10</b> |

| Розмір  | MS-350A      | TK-100       | MM400      | Ср.знач      |
|---------|--------------|--------------|------------|--------------|
| MS-350A | <b>0.238</b> | <b>0.226</b> | <b>0.2</b> | <b>0.221</b> |
| TK-100  | <b>0.714</b> | <b>0.678</b> | <b>0.7</b> | <b>0.697</b> |
| MM400   | <b>0.048</b> | <b>0.097</b> | <b>0.1</b> | <b>0.082</b> |

| Розмір  | Вага в частках | Вага у відсотках |
|---------|----------------|------------------|
| MS-350A | <b>0.221</b>   | <b>22.1%</b>     |
| TK-100  | <b>0.697</b>   | <b>69.7%</b>     |
| MM400   | <b>0.082</b>   | <b>8.2%</b>      |

### Гарантія:

| Гарантія | MS-350A    | TK-100     | MM400     |
|----------|------------|------------|-----------|
| MS-350A  | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>5</b>  |
| TK-100   | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>5</b>  |
| MM400    | <b>1/5</b> | <b>1/5</b> | <b>1</b>  |
| Сума     | <b>2.2</b> | <b>2.2</b> | <b>11</b> |

| Гарантія | MS-350A        | TK-100         | MM400       |
|----------|----------------|----------------|-------------|
| MS-350A  | <b>1/2.2</b>   | <b>1/2.2</b>   | <b>5/11</b> |
| TK-100   | <b>1/2.2</b>   | <b>1/2.2</b>   | <b>5/11</b> |
| MM400    | <b>0.2/2.2</b> | <b>0.2/2.2</b> | <b>1/11</b> |

| Гарантія | MS-350A      | TK-100       | MM400        | Ср.знач      |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| MS-350A  | <b>0.455</b> | <b>0.455</b> | <b>0.455</b> | <b>0.455</b> |
| TK-100   | <b>0.455</b> | <b>0.455</b> | <b>0.455</b> | <b>0.455</b> |
| MM400    | <b>0.090</b> | <b>0.090</b> | <b>0.090</b> | <b>0.090</b> |

| Гарантія | Вага в частках | Вага у відсотках |
|----------|----------------|------------------|
| MS-350A  | <b>0.455</b>   | <b>45.5%</b>     |
| TK-100   | <b>0.455</b>   | <b>45.5%</b>     |
| MM400    | <b>0.090</b>   | <b>9%</b>        |

### Комплектація:

| Комплектація | MS-350A | TK-100 | MM400 |
|--------------|---------|--------|-------|
|              |         |        |       |

|         |              |           |              |
|---------|--------------|-----------|--------------|
| MS-350A | <b>1</b>     | <b>3</b>  | <b>1/2</b>   |
| TK-100  | <b>1/3</b>   | <b>1</b>  | <b>1/7</b>   |
| MM400   | <b>2</b>     | <b>7</b>  | <b>1</b>     |
| Сума    | <b>3.333</b> | <b>11</b> | <b>1.643</b> |

|              |                    |             |                    |
|--------------|--------------------|-------------|--------------------|
| Комплектація | MS-350A            | TK-100      | MM400              |
| MS-350A      | <b>1/3.333</b>     | <b>3/11</b> | <b>0.5/1.643</b>   |
| TK-100       | <b>0.333/3.333</b> | <b>1/11</b> | <b>0.143/1.643</b> |
| MM400        | <b>2/3.333</b>     | <b>7/11</b> | <b>1/1.643</b>     |

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Комплектація | MS-350A      | TK-100       | MM400        | Ср.знач      |
| MS-350A      | <b>0.300</b> | <b>0.273</b> | <b>0.304</b> | <b>0.292</b> |
| TK-100       | <b>0.100</b> | <b>0.090</b> | <b>0.087</b> | <b>0.092</b> |
| MM400        | <b>0.600</b> | <b>0.636</b> | <b>0.609</b> | <b>0.615</b> |

|              |                |                  |
|--------------|----------------|------------------|
| Комплектація | Вага в частках | Вага у відсотках |
| MS-350A      | <b>0.292</b>   | <b>29.2%</b>     |
| TK-100       | <b>0.092</b>   | <b>9.2%</b>      |
| MM400        | <b>0.615</b>   | <b>61.5%</b>     |

**Діапазон:**

|          |          |          |              |
|----------|----------|----------|--------------|
| Діапазон | MS-350A  | TK-100   | MM400        |
| MS-350A  | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1/7</b>   |
| TK-100   | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1/7</b>   |
| MM400    | <b>7</b> | <b>7</b> | <b>1</b>     |
| Сума     | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>1.286</b> |

|          |         |        |       |
|----------|---------|--------|-------|
| Діапазон | MS-350A | TK-100 | MM400 |
|----------|---------|--------|-------|

|         |            |            |                    |
|---------|------------|------------|--------------------|
| MS-350A | <b>1/9</b> | <b>1/9</b> | <b>0.143/1.286</b> |
| TK-100  | <b>1/9</b> | <b>1/9</b> | <b>0.143/1.286</b> |
| MM400   | <b>7/9</b> | <b>7/9</b> | <b>1/1.286</b>     |

| Діапазон | MS-350A      | TK-100       | MM400        | Ср.знач      |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| MS-350A  | <b>0.111</b> | <b>0.111</b> | <b>0.111</b> | <b>0.111</b> |
| TK-100   | <b>0.111</b> | <b>0.111</b> | <b>0.111</b> | <b>0.111</b> |
| MM400    | <b>0.778</b> | <b>0.778</b> | <b>0.778</b> | <b>0.778</b> |

| Діапазон | Вага в частках | Вага у відсотках |
|----------|----------------|------------------|
| MS-350A  | <b>0.111</b>   | <b>11.1%</b>     |
| TK-100   | <b>0.111</b>   | <b>11.1%</b>     |
| MM400    | <b>0.778</b>   | <b>77.8%</b>     |

**Визначення ваг альтернатив:**

**Визначення ваг альтернатив:**

|         | Вартість | Розмір | Гарантія | Комплектація | Діапазон |
|---------|----------|--------|----------|--------------|----------|
| MS-350A | 0.332    | 0.221  | 0.455    | 0.292        | 0.111    |
| TK-100  | 0.081    | 0.697  | 0.455    | 0.092        | 0.111    |
| MM400   | 0.587    | 0.082  | 0.090    | 0.615        | 0.778    |

|                | Вартість | Розмір | Гарантія | Комплектація | Діапазон |
|----------------|----------|--------|----------|--------------|----------|
| Вага в частках | 0.473    | 0.166  | 0.102    | 0.069        | 0.179    |

$$\begin{pmatrix} 0.332 & 0.221 & 0.445 & 0.292 & 0.111 \\ 0.081 & 0.697 & 0.445 & 0.092 & 0.111 \\ 0.587 & 0.082 & 0.090 & 0.615 & 0.778 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.473 \\ 0.166 \\ 0.102 \\ 0.069 \\ 0.179 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.279 \\ 0.226 \\ 0.482 \end{pmatrix}$$

|  |                |                  |
|--|----------------|------------------|
|  | Вага в частках | Вага у відсотках |
|--|----------------|------------------|

|         |              |              |
|---------|--------------|--------------|
| MS-350A | <b>0.279</b> | <b>27.9%</b> |
| TK-100  | <b>0.226</b> | <b>22.6%</b> |
| MM400   | <b>0.482</b> | <b>48.2%</b> |

Таким чином, цифровий вологомір MM400 є найбільш привабливим для цієї мети.

### 1.7 Схема технологічного процесу видобутку вугілля

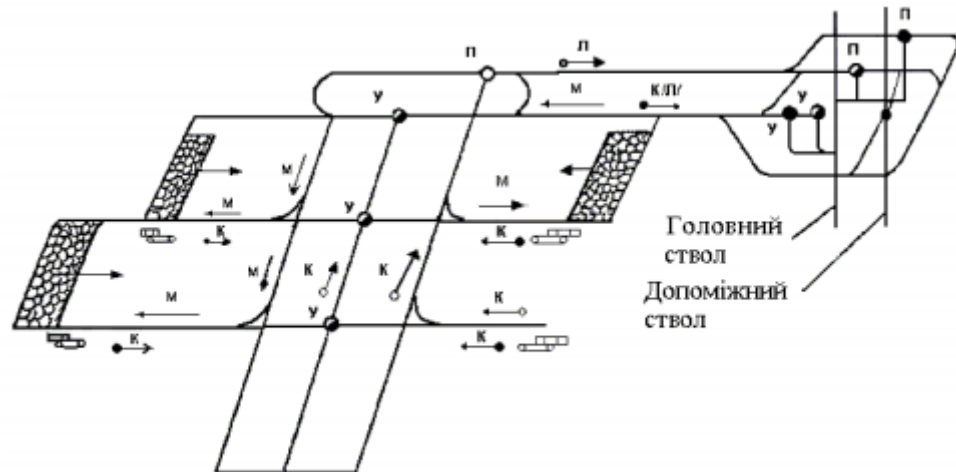


Рисунок 1.5-схема технологічного процесу видобутку вугілля

## 2. Вимірювальні перетворювачі

### 2.1. Будова та принцип роботи ємнісного датчика:

Принцип дії ємнісних перетворювачів заснований на зміні ємності конденсатора під впливом вимірюваної величини:

$$C = \frac{\varepsilon \times \varepsilon_0 \times S}{\delta}$$

де  $\varepsilon$  - відносна діелектрична проникність між обкладинками;  $\varepsilon_0$  - діелектрична постійна, рівна  $8,854 \times 10^{-2} \text{Ф / м}$ ;  $S$  - площа обкладки (за умови що обкладання однакові);  $\delta$  - відстань між обкладинками.

Ємнісні перетворювачі служать для вимірювання переміщень, розмірів деталей, рівня рідини, вологості і т.д. На рис. 2.1 -2.3 показано пристрій датчиків і графіки зміни їх ємності при зміні площі перекриття пластин в результаті зсуву однієї пластини відносно іншої (рис.3.1); зміни діелектричної проникності (рис.2.2); зміна відстані між пластинами (рис.2.3)

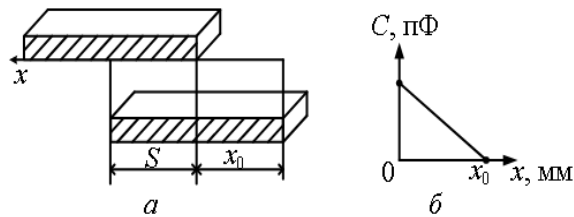


Рисунок 2.1- Ємнісний датчик, заснований на зміні площі перекриття пластин: а-принцип дії; б-функція перетворення.

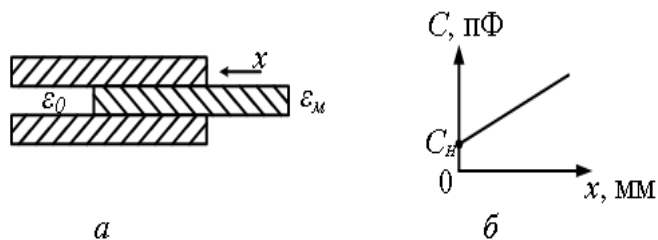


Рисунок 2.2- Ємнісний датчик, заснований на зміні діелектричної проникності: а - принцип дії; б - функція перетворення.

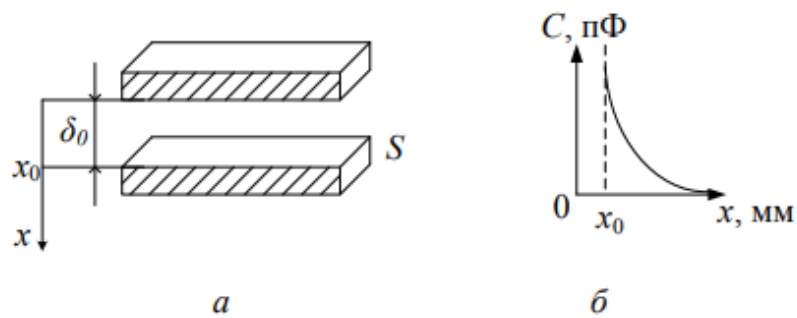


Рисунок 2.3- Ємнісний датчик, заснований на зміні відстані між пластинами: а – принцип дії; б - функція перетворення.

За способом виконання все ємнісні вимірювальні перетворювачі можна розділити на одно- та двох-ємнісні. Останні, в свою чергу бувають полудиференціальні і диференціальні. Одноємностной датчик являє собою один конденсатор змінної ємності. Двухємностной датчик являє собою дві ємності поміщені в один корпус. У разі полудиференціального це еталонна і змінна ємність. У разі диференціального -пов'язані змінні ємності.

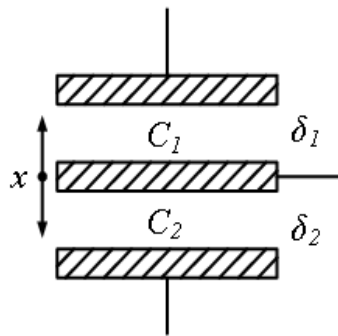


Рисунок 2.4 - Принцип дії диференціального ємнісного датчика

Диференціальні датчики захищені від впливу зовнішніх перешкод, однак більш складні в конструктивному виконанні.

схеми підключення:

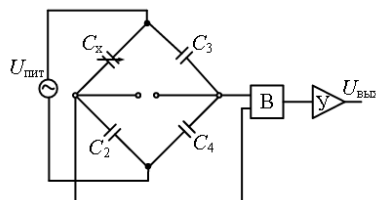


Рисунок 2.5- Мостова схема включення ємнісного датчика

Така схема працює за аналогією з вимірювальним резистивним мостом (рис.

2.5). Зміна ємності  $C_x$  чутливого елемента призводить до зміни його реактивного опору, а отже до розбалансу моста. Схема харчується змінною напругою  $U_{пит}$ , тому вихідна напруга моста подається на випрямляч (В), а



потім на підсилювач (У). Дуже часто така схема виконується всередині одного корпусу датчика з підключенням напруги харчування і виходами вимірювального сигналу. Особливість: вихідним сигналом схеми є аналоговий сигнал і інформативним параметром - рівень (амплітуда). Ланцюг, який задає час. У такій схемі ємнісний датчик включений у времязадаючий ланцюг генератора (Г) (рис. 3.6). При цьому інформаційним параметром такого датчика будуть період проходження  $T$  або тривалість  $\tau$  імпульсів.

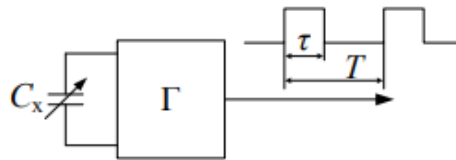


Рисунок 2.6-Ємнісний датчик в контурі з генератором

Перевагою такої схеми включення є висока точність вимірювання і можливість інтеграції в цифрові схеми. Підключення диференціального датчика. Такі датчики можуть бути включені в бруківку схему (рис. 2.7). Однією з основних характеристик таких схем є висока чутливість і висока стійкість до зовнішніх чинників, такі схеми менш вимогливі до стабільності джерел живлення.

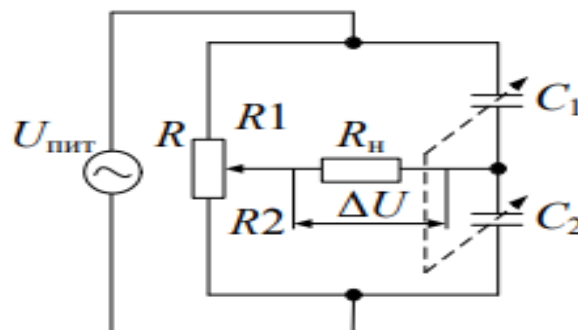


Рисунок 2.7- Мостова схема з ємнісним диференціальних датчиком. Для такої схеми справедливо відношення:

$$\frac{U_{R1}}{U_{R2}} = \frac{U_{C1}}{U_{C2}} = \frac{S_2 d_1}{S_1 d_2}$$

Резонансний контур. Як схем підключення ємнісних датчиків можуть використовуватися резонансні схеми (рис. 2.8). В таких схемах при зміні ємності датчика  $C_x = C_o + \Delta C$  напруга (рис. 2.8, а) або струм (рис. 2.8, б) в ланцюзі резонансного контуру будуть змінюватися, досягаючи максимуму при резонансній частоті

$$\omega = 1/\sqrt{LC}$$

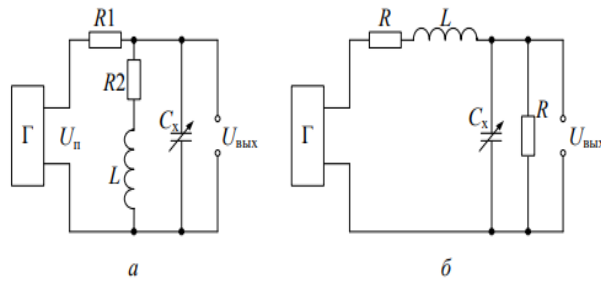


Рисунок 2.8- Резонансні вимірювальні системи: а - паралельний коливальний контур; б - послідовний коливальний контур

На схилах резонансної кривої (рис. 2.9) вибирається ділянку близький до лінійного, в середині якого вибирається точка М, відповідна значенню  $C_0$  ємності перетворювача. При зміні ємності на  $\pm\Delta C$  напруга на виході буде змінюватися  $\pm\Delta U_{\text{вих}}$ .

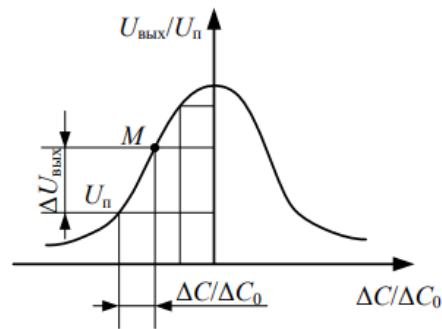


Рисунок 2.9-До визначення функції перетворення резонансної схеми включення

## 2.2.Способи калібрування датчика вологості

Зняття статичної характеристики здійснюється в керованому середовищі так, щоб показання «0» (нуль) відповідало виміру в повітрі, а показання «100» - вимірювання в воді. Такий підхід дозволяє отримати на виході датчика ММ400 вихідне значення в діапазоні від 0 до 100 одиниць, яке називається непересчитаним значенням. Для виконання коректної калібрування слід виконати аналіз зразків і зняти свідчення у всьому робочому діапазоні вологості матеріалу. Слід використовувати як якомога більше точок, наскільки це практично можливо, оскільки більшу кількість точок дає більш високу точність. На графіку, наведеному нижче, показана коректна калібрування з високим ступенем лінійності. Важливо розташувати датчик в місці з належним і постійним потоком матеріалу. Відхилення в складі матеріалу, такі як відмінність в компонентах суміші, щільності або ущільненні, можуть негативно позначитися на ефективності калібрування. Рекомендації по монтажу см. В керівництві по монтажу відповідного датчика. Зберегти дані калібрування можна двома способами: в системі управління або в датчику. Переваги внутрішньої калібрування датчика:

- Покращена безкоштовне програмне забезпечення, що підвищує точність калібрування і містить програму діагностики.
- Не потрібно змінювати систему управління для калібрування датчика.
- Калібрувальні дані можна передавати від одного датчика до іншого. Переваги калібрування в системі управління:
- Пряма калібрування без використання додаткового комп'ютера або адаптера RS485. • Не потрібно освоювати додаткове програмне забезпечення.
- Якщо потрібно замінити датчик, то після підключення нового датчика MM400 можна відразу отримувати коректні результати без підключення датчика до ПК для поновлення калібрування за матеріалом.
- Калібрувальні дані можна легко передавати від одного датчика до іншого

### **2.3.Зняття статичної характеристики і побудова віртуальних приладів у LabView**

Для статичної характеристики слід виконати аналіз зразків і зняти свідчення у всьому робочому діапазону вологості матеріалу.

Слід використовувати як якомога більше точок, наскільки це практично можливо, оскільки більшу кількість точок дає більш високу точність. На графіку, наведеному нижче, показана коректна калібрування з високим ступенем лінійності. Важливо розташувати датчик в місці з належним і постійним потоком матеріалу. Відхилення в складі матеріалу, такі як відмінність в компонентах суміші, щільності або ущільненні, можуть негативно позначитися на ефективності калібрування. Рекомендації по монтажу см. В керівництві по монтажу відповідного датчика.

Зберегти дані калібрування можна двома способами: в системі управління або в датчику. Переваги внутрішньої калібрування датчика:

- Покращена безкоштовне програмне забезпечення, що підвищує точність калібрування і містить програму діагностики.
- Не потрібно змінювати систему управління для калібрування датчика.
- Калібрувальні дані можна передавати від одного датчика до іншого.

Переваги калібрування в системі управління:

- Пряма калібрування без використання додаткового комп'ютера або адаптера RS485.
- Не потрібно освоювати додаткове програмне забезпечення.

- Якщо потрібно замінити датчик, то після підключення нового датчика ММ400 можна відразу отримувати коректні результати без підключення датчика до ПК для поновлення калібрування за матеріалом.

- Калібрувальні дані можна легко передавати від одного датчика до іншого

### 2.3 Зняття статичної характеристики і побудова віртуальних приладів у LabView

Для статичної характеристики слід виконати аналіз зразків і зняти свідчення у всьому робочому діапазону вологості матеріалу. Слід використовувати як якомога більше точок, наскільки це практично можливо, оскільки більшу кількість точок дає більш високу точність. На графіку, наведеному нижче, показана коректна калібрування з високим ступенем лінійності. Фактори, які впливають на точність статичної характеристики:

- Розмір зразка, що використовується занадто малий для вимірювання вмісту вологи.
- Кількість точок калібрування зокрема 1 або 2 .
- Перевірені зразки не є репрезентативними для загального зразка.
- Взяття зразків при занадто близьких значеннях вмісту вологи. Необхідний широкий діапазон.
- Має сумнівний або неправильний відбір проб вологи
- Для забезпечення репрезентативності показань вологості не застосовувалися засоби усереднення для всієї партії.

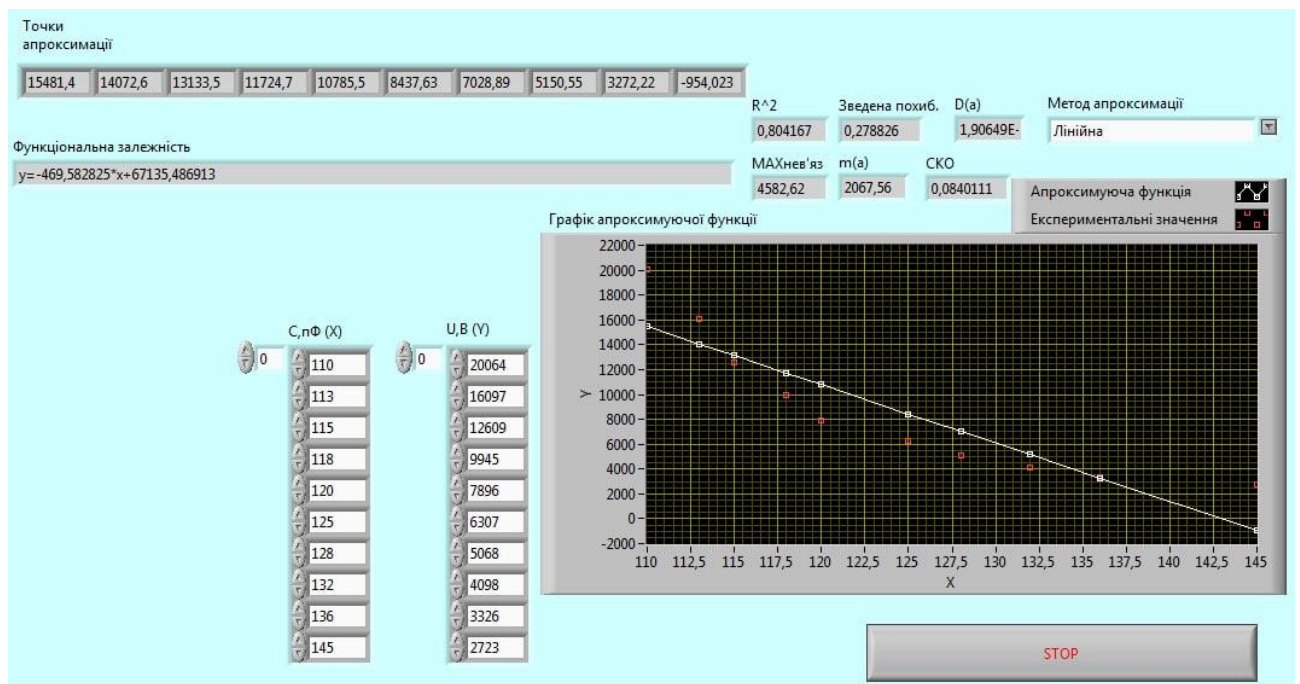


Рисунок 2.10

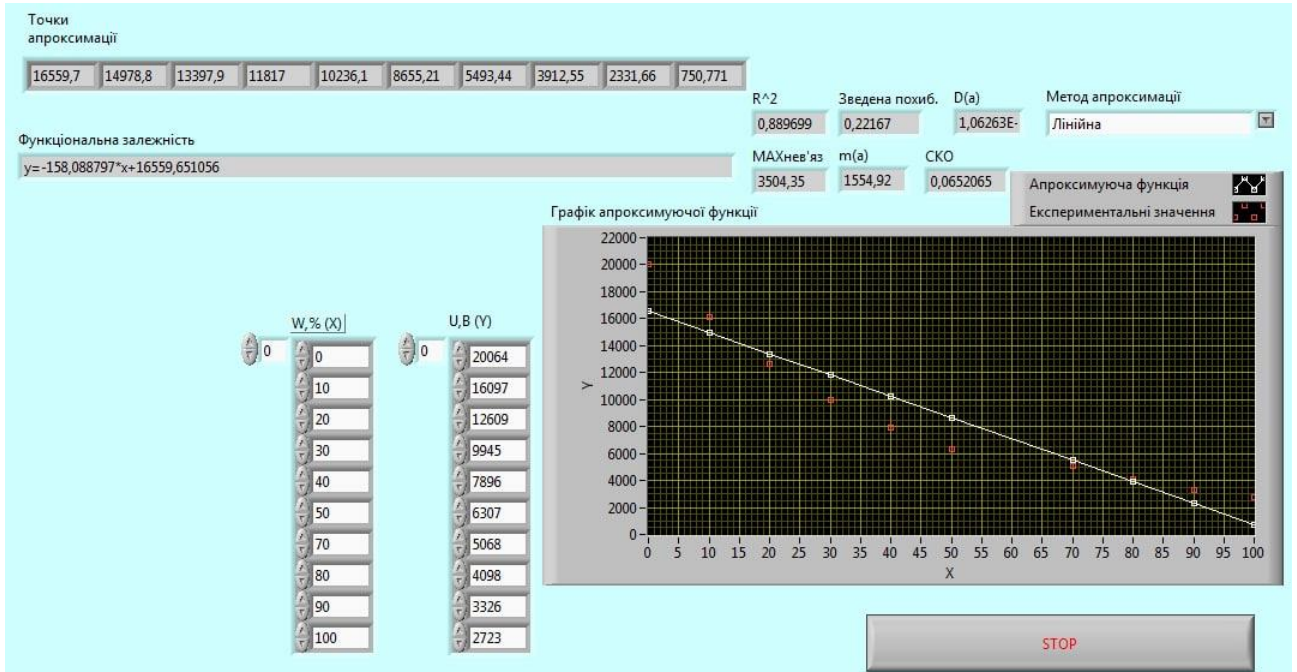


Рисунок 2.11

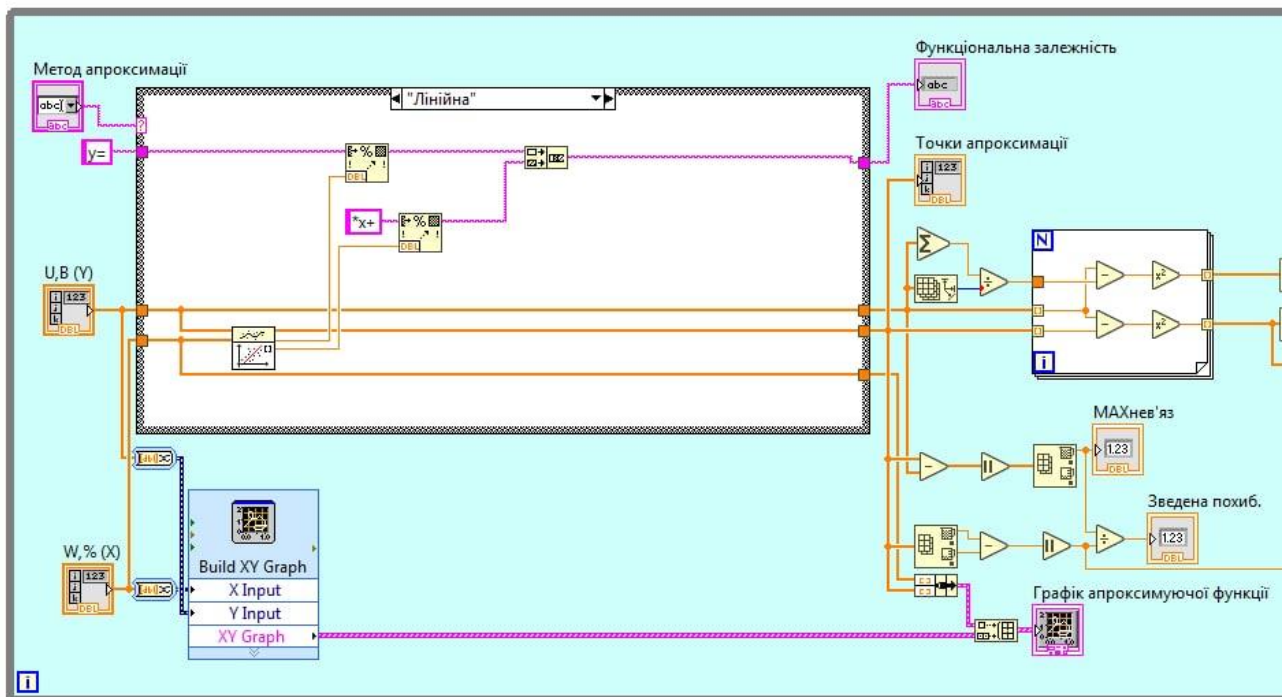


Рисунок 2.13

**2.4 Апроксимація** статичної характеристики датчика вологості вугілля виконаємо за допомогою наступних функційних залежностей.

- Лінійна залежність :  
 Лінійна залежність між даними  $x_i$  та  $y_i$   
 $y = ax + b$ ,  $a$  і  $b$  – невідомі

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \times \sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \times \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y_i \times \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

- Квадратична залежність :

$$y = ax^2 + bx + c; a, b \text{ і } c - \text{невідомі}$$

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i + nc = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases}$$

- Емпірична залежність :

Щоб обчислити емпіричну залежність, потрібно її звести до лінійної.

- Степенева залежність :

$$y = ax^b; x, a, b > 0$$

Використовуючи логарифм, обчислюємо  $\ln y = b \ln x + \ln a$

Якщо зробити зміну ( $X = \ln x, Y = \ln y, B = \ln a, A = B$ ), то можна обчислити  $AX + B = Y$ .

- Показникова залежність :

$y = ab^x$ , використовуючи логарифм, зробимо зміну  $X = x, Y = \ln y, B = \ln a, A = \ln b$ )

- Логарифмічна залежність :

$$y = a \ln x + b, \text{ міняємо на } X = \ln x, Y = y, B = b, A = a$$

- Гіперболічна залежність :

$$y = \frac{a}{x} + b, \text{ заміна на } X = \frac{1}{x}, Y = y, B = b, A = a$$

- Дробово-лінійна :



$$y = \frac{1}{ax+b} \quad \frac{1}{y} = ax + b, \text{ заміна відбувається на } X = x, Y = \frac{1}{y}, B = b, A = a$$

- Рационально дробова залежність :

$$y = \frac{x}{ax+b} \quad \frac{1}{y} = a + \frac{b}{x}, \text{ замінемо на } X = \frac{1}{x}, Y = \frac{1}{y}, B = b, A = a$$

Таблиця 2.3 Табличні значення функцій

| № | Емпірична формула     | $\bar{X}_s$                  | $\bar{Y}_s$                  | Спосіб вирівнювання                                      |
|---|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| 1 | $y = ax + b$          | $\frac{x_1 + x_n}{2}$        | $\frac{y_1 + y_n}{2}$        |  |
| 3 | $y = ax^b$            | $\sqrt{x_1 \cdot x_n}$       | $\sqrt{y_1 \cdot y_n}$       | $Y = AX + B; X = \ln x$<br>$Y = \ln y; A = b; B = \ln a$ |
| 4 | $y = ab^x$            | $\frac{x_1 + x_n}{2}$        | $\sqrt{y_1 \cdot y_n}$       | $Y = \ln y; A = \ln b;$<br>$B = \ln a$                   |
| 5 | $y = a \ln x + b$     | $\sqrt{x_1 \cdot x_n}$       | $\frac{y_1 + y_n}{2}$        | $X = \ln x$  |
| 6 | $y = \frac{a}{x} + b$ | $\frac{2x_1 x_n}{x_1 + x_n}$ | $\frac{y_1 + y_2}{2}$        | $X = \frac{1}{x}$  |
| 7 | $y = \frac{1}{ax+b}$  | $\frac{x_1 + x_n}{2}$        | $\frac{2y_1 y_n}{y_1 + y_n}$ | $Y = \frac{1}{y}$  |
| 8 | $y = \frac{x}{ax+b}$  | $\frac{2x_1 x_n}{x_1 + x_n}$ | $\frac{2y_1 y_n}{y_1 + y_n}$ | $Y = \frac{1}{y}, X = \frac{1}{x}$                       |





### 3.Метрологічне забезпечення

Невизначеність вимірювання це параметр, який пов'язаний з результатом вимірювання і який характеризує розкид значень, які могли б бути обґрунтовано приписані вимірюваній величині. Оскільки ніякого непорозуміння не може виникнути, "невизначеність вимірювання" називається також просто "невизначеністю" [1].

Невизначеність вимірювання визначається за методом оцінювання типу А або типу Б. Метод А  $u_A(x)$  для оцінювання стандартної невизначеності - це метод, при якому невизначеність вимірювання оцінюється за допомогою статистичного аналізу ряду спостережень. В цьому випадку стандартна невизначеність вимірювання є експериментальним стандартним відхиленням середнього значення, яке виходить за допомогою методів усереднення або відповідного регресійного аналізу. Метод В для оцінювання стандартної невизначеності вимірювання - це метод, при якому невизначеність вимірювання оцінюється іншими способами, ніж статистичний аналіз ряду спостережень. В цьому випадку оцінка ґрунтується на інших технічних, наукових і метрологічних знаннях.

Середнє арифметичне значення вибірки є експериментальною оцінкою центра, навколо якого групуються можливі значення випадкової величини. Середнє значення вираховується за формулою (3.1):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.1)$$

де  $\bar{x}$  – середнє арифметичне значення вибірки;

$n$  - кількість спостережень;

$x_i$  - окреме значення з ряду спостережень.

Стандартну невизначеність типу А, знаходять як оцінку стандартного відхилення середнього значення (3.2):

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n \times (n-1)} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3.2)$$

У паспортних даних приладу УДР-011 зазначена основна відносна похибка вимірювань 2%. Представимо її через абсолютну похибку (3.3):

$$\Delta x = \delta \times x / 100\%, \quad (3.3)$$

Підставимо отриманий вираз у формулу (3.11):

$$\gamma = (\delta \times x) / (Xn \times 100\%), \quad (3.3)$$

де,  $\delta$  - основна відносна похибка;

$x$  - значення, що приймається за дійсне.

Стандартна невизначеність за типом В визначається за формулою (3.4):

$$u_B(Xn) = \gamma_{гр} / (100\% \cdot \sqrt{3}) \cdot X_k \quad (3.4)$$

Підставимо формулу (3.3) у вираз (3.4) :

$$u_B(Xn) = (\delta \cdot x) / (100\% \cdot \sqrt{3}) \quad (3.5)$$

Оскільки у даного приладу характерна невизначеність як за типом А, так і за типом В, то можемо розрахувати комбіновану невизначеність за формулою (3.6):

$$u_c = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)}, \quad (3.6)$$

де,  $u_c$  – комбінована невизначеність вимірювань;

$u_A$  - стандартна невизначеність за типом А;

$u_B$  – стандартна невизначеність за типом В.

Бюджет невизначеності:

Для аналізу компонентів комбінованої невизначеності вимірювань (КНВ) усі складові прийнято систематизувати у вигляді таблиці певного виду, яку називають бюджетом невизначеності.

У бюджеті невизначеності записують:

- Назву величини, яку вимірюють ( $q$ );
- Значення або оцінка ( $ux$ );
- Отримані результати розрахунку значень усіх складових невизначеності типу А та типу В;
- Дані про щільність розповсюдженості параметру ( $p(q)$ );
- Ступінь свободи ;
- Значення коефіцієнту впливу  $cq$  величини на стандартну невизначеність (СН) результату вимірювань а також його СН  $u(cq)$ ;

- Числові значення, які містять невизначеність цієї величини, як правило у квадратній формі:

$$u_q^2(y) = c_q^2 u^2(q), \quad (3.7)$$

Будуємо програму автоматизованого розрахунку невизначеності вимірювань за допомогою наступних функцій:

- Array ,Array Size;
- Std Deviation and Variance.vi;
- Numeric Controls;
- Add, Multiply, Divide, Subtract, Square, Square Root.

З'єднавши усі складові згідно формулам отримаємо код програми для розрахунку невизначеності.



Рисунок 4.2 - Front Panel

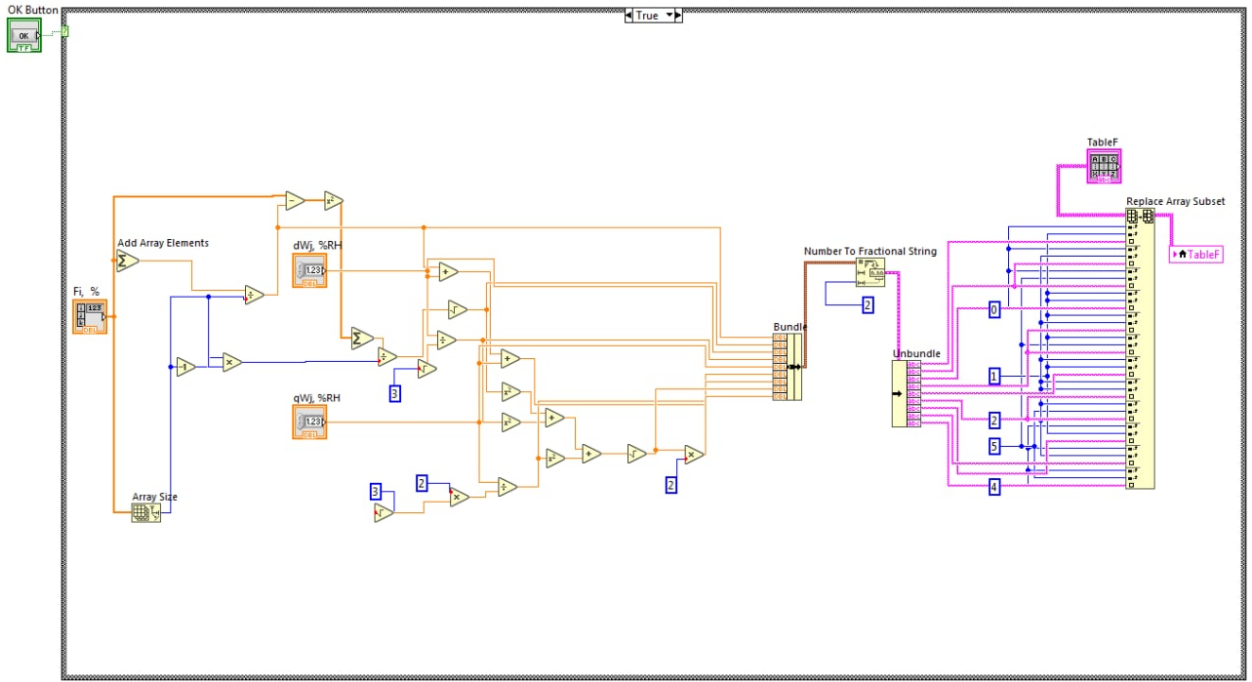


Рисунок 4.3 - Block Diagram

#### 4.Економічний розділ

У даній кваліфікаційній роботі описується процес дослідження вугілля та вибір оптимальної техніки для перевірки якості викопного , а саме цифровий датчик вологи.

Для здійснення запропонованого технічного рішення в даному розділі буде виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

##### 4.1.Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції-вкладення становлять все довгострокові внутрішні інвестиції: витрати на удосконалення, а також придбання капітальних активів.

Капітальні інвестиції пов'язані з:

- проведенням капітального будівництва
- реконструкцією, або розширенням діючих підприємств
- купівлею приміщення, обладнання, транспортних засобів та інших об'єктів
- покупкою земельних ділянок
- придбанням нематеріальних активів.

Витрати на придбання технічних засобів та комплектуючих виробів зведені до табл. 4.1.1.

Проектні капітальні інвестиції в устаткування і будівельно-монтажні роботи визначаються на основі цін, наведених у прайс-листах оптових цін на електроустаткування, та інших довідкових матеріалів або за фактичними витратами підприємства.

Таблиця 4.1.1 Зведення капітальних витрат

| № п/п         | Найменування технічних засобів                   | Кількість | Ціна за одиницю,грн | Сума,грн | Джерела |
|---------------|--|-----------|---------------------|----------|---------|
| 1             | Цифровий вологомір ММ400                         | 1         | 7500                | 7500     | [5]     |
| 2             | Датчик наявності потоку сипучих речовин FLOW JAM | 1         | 22650               | 22650    | [6]     |
| 3             | Ваговий дозатор сипучих речовин ВД-1             | 1         | 43000               | 43000    | [7]     |
| <b>ВСЬОГО</b> |  |           |                     | 73150грн |         |

#### 4.1.2 Величина проектних капіталовкладень:

При визначенні величини проектних капіталовкладень  $K_{пр}$  можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр}, \quad (6.1.2)$$

де,  $K_{об}$  – вартість придбання електрообладнання, яка становить 73150грн;

$k$  – кількість комплектуючих елементів, потрібен 1 комплект;

$Z_{тзс}$  – транспортно-заготівельні витрати, які складаються з таких показників[8]:

- Відстань доставки обладнання; від Києва до Дніпра 472км (6год45хв)
- Кількості, маси; ММ400- (250г. в повній комплектації)+ FLOW JAM(1кг)+ ВД-1(90кг)
- Вид транспортного засобу: мікроавтобус
- Тариф: 500грн
- Вантажно-розвантажувальні роботи: 100грн/год., одної години достатньо для роботи.
- Складська обробка-15грн  $m^2$ , потрібно два  $m^2$ -30грн.

$$Z_{тзс} = 630\text{грн}$$

$Z_m$  – витрати на монтажні роботи

$Z_n$  – витрати на налагоджувальні роботи

Завдяки обраним параметрам, розрахуємо  $K_{пр}$

$$K_{пр} = 73150 + 630 + 772 + 4830 = 79382\text{грн}$$

#### 4.1.3. Витрати на монтажні та на налагоджувальні роботи:

Лабораторія - підприємство приватне, тому зарплатня враховується за середнім з порталів в інтернеті на даний 2021 рік, середній заробіток інженера-метролога - 10000грн [9]

Для обчислення скористуємося даною формулою:

$$Z_{м(н)} = \sum(C_i \times a_i \times t_i) \times K_{\theta} \times K_{см} \times K_{пр},$$

яка складається з:

- $C_i$  – чисельність працівників III розряду. Один працівник
- $a_i$  – годинна тарифна ставка працівника, грн.  
При 40-годинному робочому тижні, середня кількість робочих годин в місяць: 166 ; годинна тарифна ставка працівника –  $10000/166 = 60.24$

- $t_i$  – час, необхідний для роботи, год. 8 год./день
- $K_{\partial}$  – коефіцієнт доплат. 1.25
- $K_{см}$  – коефіцієнт єдиного соціального внеску. [10]  
22% (1.22)
- $K_{пр}$  – коефіцієнт інших витрат.  
1.05

$Z_{пр}$  – інші одноразові вкладення. Підготовка персоналу

Стажування – 4830грн,

З цих даних робимо розрахунок:

$$Z_{м(н)} = \sum (1 \times 60.24 \times 8) \times 1.25 \times 1.22 \times 1.05 = 771.67$$

Завдяки обраним параметрам, розрахуємо  $K_{пр}$

$$K_{пр} = 73150 + 630 + 772 + 4830 = 79382 \text{ грн}$$

#### 4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат:

До основних статей експлуатаційних витрат відносять:

-амортизаційні відрахування ( $C_a$ )

-заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_3$ )

-єдиний соціальний внесок ( $C_c$ )

-вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування ( $C_e$ )

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_{пр} + C_e + C_{інш} \text{ грн}$$

##### 4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Мінімально допустимий термін корисного використання датчика 4 роки, оскільки система вимірювальних приладів відноситься до 6 групи ОВФ «інструменти, прилади, інвентар (меблі)». [11]

Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_{п} - Л$$

Так, як немає можливості розрахувати ліквідаційну вартість,  $L = 0$ . Таким чином

$$\Phi_a = \Phi_n$$

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_n - L}{\Phi_n \times T_n} \times 100\% = \frac{1}{T_n} \times 100\%,$$

де  $T_n$  – термін корисного використання (амортизаційний період), який дорівнює мінімальному для даної групи ОВФ.

$$H_a = \frac{73150}{73150 \times 4} \times 100\% = 0.25$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом розраховуються за формулою:

$$AO = \frac{\Phi_n \times H_a}{100}$$

$$AO = \frac{73150 \times 0.25}{100} = 182.86 \text{ грн.}$$

#### **4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати**

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робітники, КСС), що обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві.

Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку



робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника  $F_n$  визначається відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_n = (D_k - D_{св} - D_{вих}) \times T_{зм}, \text{ год.},$$

де,  $D_k$ - календарний фонд часу

$D_{св}$ - кількість святкових днів в році;

$$D_{св2021}=11 \text{ днів};$$

$D_{вих}$ - кількість вихідних днів в році;

$$D_{вих}= 104 \text{ днів}; [12]$$

$T_{зм}$ - тривалість робочої зміни;

$$T_{зм}=8 \text{ годин.}$$

Номінальний річний фонд дорівнює:

$$F_{n,роб} = (D_k - D_{вих} - D_{св} - D_{відп}) \times T_{зм} = (365-104-11-24) \times 8 = 1808 \text{ год}$$

$$F_{n,підпр} = (D_k - D_{вих} - D_{св}) \times T_{зм} \times S = (365-104-11) \times 8 \times 1 = 2000 \text{ год}$$

$$K_{сп} = \frac{F_{n,підпр}}{F_{n,роб}} = 1.11$$

$$K_{сп} > 1,$$

$$\varphi_{облік} = 2$$

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_z = Z_{осн} + Z_{дод}, \text{ грн}$$

$$Z_{осн} = 1808 \times 60.24 = 108913.92 \text{ грн}$$

$$C_z = 108913.92 + (108913.92 \times 0.1) = 109022.83 \text{ грн}$$

#### 4.2.3. Розрахунок єдиного соціального внеску ( $C_c$ )

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати (за узгодженням з консультантом економічної частини дипломного проекту)

Єдиний соціальний внесок -22% [13]

$$C_c = 109022.83 \times 0.22 = 23985.02 \text{ грн}$$

#### 4.2.4 Розрахунок вартості спожитої електроенергії( $C_e$ )

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, 14 визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e,$$

де  $W_p$  – кількість спожитої за рік електроенергії,

$$W_p = 60 \times 2000 = 120000 \text{ годин}; [5]$$

$C_e$  – тариф на електроенергію станом на 01.06.2021, грн./кВт·год

$$C_e = 1.68 \text{ грн} [9].$$

$$C_e = 2000 \times 60 \times 1.68 = 201600 \text{ грн}$$

#### 4.2.6 Розрахунок інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$\text{Інші витрати} = 5301,12 \text{ грн}$$

Таким чином експлуатаційні витрати складуть:

$$C = 182.88 + 109022.83 + 23985.02 + 201600 = 334790.73 \text{ грн}$$

## **5.Охорона праці**

У кваліфікаційній роботі описується автоматизована система лабораторії по визначенню вологості у вугіллі.

Об'єктом дослідження є умови праці на робочому місці, де розташований цифровий вологомір ММ400.

Здоров'я і життя, кожного працівника, на будь-якому підприємстві, є найвищою цінністю, якій потрібно надати безпеку, при наявності небезпечних умов праці. На будь-якій роботі, є ці фактори, з чим би вона не була пов'язана. Для цього і створена система «Охорони праці»

Так само ця система здатна підвищити дисципліну, продуктивність, ефективність; знизити ризик нещасних випадків, зменшити поломки технічного обладнання та інших непередбачених ситуацій.

На підприємствах, де робота пов'язана з вугіллям, досить багато факторів, які впливають на самопочуття людини. При накопичувальному ефекті, можуть завдати шкоди здоров'ю, а в кінцевих випадках-смерть.

### **Особливості та умови праці при роботі з вугіллям**

Вугільне родовище - це площа, яка містить вугільні пласти. Межі вугільного родовища обумовлюються зрізами породи, вибуховими порушеннями .Це і призводить до структурних особливостей залягання копалин.

При похилому і крутому знаходженні покладів вугільної породи, межі родовищ на глибині беруться за обрїю. Техніко-економічними розрахунками підтверджено доцільність розробки.

Особливості вугільних родовищ дуже різноманітні: діапазон родовищ розглядається від однопластових до многопластових . Які мають різну потужність, будову і витриманість.

### **5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у лабораторії.**

У лабораторії експериментальні процеси поділяють на підготовчі операції, процеси основного виробництва та кінцеві операції.

На даних етапах працівники можуть бути піддані таким небезпечним та шкідливим факторам :

- Хімічні
- Підвищена температура повітря робочої зони.
- Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони.
- Підвищений рівень вібрації.

- Підвищений рівень шуму на робочому місці.
- Відсутність чи нестача природнього світла.

Шум:

Шум на підприємстві виникає внаслідок проведення досліджень і використання в них, безліч технологічних апаратів.

До переліку апаратів відносять : компресори, вакуумфільтри, барабанні сушарки, центрифуги, дробарки, вібросита, вакуум-насоси, вентилятори та ін.

В деяких випадках рівень шуму може, в кілька разів, перевищувати допустимий. У центрифужном відділенні може перевищувати допустимі величини на 5 дБ, в вакуумо-насосній - на 5-6 дБ, в компресорній- 14-17 дБ.

Запиленість і загазованість:

Вугільний пил та гази дуже шкідливі для здоров'я.

Пил осідає в місці подачі сировини, в місці готового продукту, в дробарці, в млину і в місці, де викопне подрібнюють.

Чим дрібніше частинки пилу, тим вони небезпечніші для людини. Найчастіше зустрічаються такі захворювання, як пневмоконіози, екземи, дерматити, кон'юктивіти, алергія та ін. Вплив деяких переносних по повітрю забруднювачів здатне призводити до розвитку раку легенів.

На підготовчому етапі, рівень забруднення пилом обумовлює транспортування компонентів. Переміщення речовин на підприємстві відбувається за допомогою механізмів і пристроїв, яким не вистачає ефективних пристроїв і необхідної герметичності.

Переміщення рідин відбувається по трубопроводах, за допомогою насосів. Газоподібні речовини транспортуютьпрі стисненні і вакууму.

Подача вихідних метериалов стисненим повітрям може послєдивать до виділення шкідливих парів і газів. Тобто недосконалість в транспортуванні речовин, є додатковим фактором, який впливає на забруднення повітря хімічними речовинами.

Найбільш оптимальне рішення в питанні транспортування продуктів, це-самопливом або за допомогою вакууму.

Часто в сушильних відділеннях температура повітря вище норми. В теплу пору року температура повітря може досягати 34-38 ° С при відносній вологості 40-60%.

Хімічний фактор:

В реакторному відділенні основним шкідливим фактором є хімічний. Місцями виділення речовин з токсичними властивостями можуть бути сальники мішалок, люки. Місця, які проводять завантаження і вивантаження продуктів, мірне скло, оглядові вікна, фланцеві з'єднання. Рівень забруднення повітря залежить від якості обладнання, напівпродукту, від використання та інших факторів.

Кінцевою стадією технологічного процесу є маркування, упаковка і розфасовка. Неблагоприятним фактором в даному процесі виступає багатокомпонентна пил.

Освітлення:

Система освітлення дає оптимальні умови діяльності будь-якої сфери. Від рівня освітленості залежить не тільки якість роботи, а й психоемоційний стан людини. Погане освітлення збільшує втому, погіршує увагу, шкодить здоров'ю. Через це збільшується ризик допущення помилки і травм.

## **5.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів**

Щоб зменшити небезпечні, виробничі фактори, підприємства застосовують засоби загальної та індивідуального захисту. Для боротьби з пилом підприємство правильно організовують технологічні процеси, а також експлуатується закриті обладнання. Оскільки шум і вібрація можуть бути на підприємстві вище норми, обладнання подрібнювально-розмельні установки розміщуються в окремих виробничих приміщеннях, з відповідною конструкцією будівлі. Для боротьби з вібрацією і шумом, підприємство набувають протишумні і вібропогашаючі прилади. Доповнюють будівлю перегородками. Так ж використовують засоби індивідуальні, для кожного співробітника: навушники.

До засобів захисту, для нормалізації температури відносять: вентиляцію, кондиціонери, обігрівачі, датчики клімат контролю. Клас чистоти С і D приміщень є стандартом на підприємстві.

Для забезпечення гарного освітлення окрім природнього світла, використовують штучне. Штучні джерела можуть бути верхні (стелю) і бічні (стіни). Найчастіше використовуються верхні, поскільки від бічних проявляється тінь. Якщо в приміщенні є маниторе комп'ютера, то потрібно встановлювати світло так, щоб не було відблисків. Відповідно до норм не дозволяється використовувати на робочих місцях тільки локальне освітлення, оскільки створюються перепади

освітленості. Підсумок цього - погіршення адаптації, зниження працездатності, проблеми із зором. Змішаний вид освітлення це з'єднання штучного і природного світла. Вважається найбільш оптимальним у використанні, підходить до будь-якого приміщення. При розрахунку обирають тільки параметр штучного значення.

### 5.3 Пожежна безпека лабораторії

Нерідко, при певних роботах, в лабораторіях виникає небезпека пожежі.

- від несправності нагрівальних приладів
- від несправності газопроводів та електричних дротів;
- при недотриманні запобіжних заходів.

Лабораторія- це те місце, де правила безпеки потрібно дотримуватися бездоганно. Для початку, приміщення має бути обладнане необхідною технікою, меблями, вентиляцією і водопроводом.

Правила, яких працівник повинен дотримуватися :

- пройти інструктаж з техніки безпеки
- знати як користуватися пристроями пожежогасіння
- вміти надавати першу допомогу, використовуючи аптечку
- мати індивідуальний захист
- при завершенні процесу після себе прибрати в лабораторії

Забороняється :

- Харчуватися та палити в приміщенні
- Залишати включені прилади без нагляду
- Проводити вимірювання без індивідуального захисту

Лабораторія повинна бути оснащена такими засібми:

- Вогнегасник
- ємність з піском
- ємність для використаних матеріалів

При наявності виникнення пожежі, негайно потрібно прийняти в працю такі методи:

- викликати пожежну службу
- вогнебезпечні матеріали транспортувати в безпечне місце
- своїми силами допомогти в пожежогасінні[19-20]

Перелік використаних джерел:

1. <http://coalguidе.ru/vskrytie-shakhtnikh-polej/15-sposoby-svkrytiya-i-ikh-klassifikatsiya/>
2. [http://riкон.su/articles/coal\\_character/](http://riкон.su/articles/coal_character/)
3. <https://granitresurs.ru/vse-pro-iskopaemyiy-ugol/himicheskiy-sostav-kamennogo-uglya.html>
4. <https://f.ua/ua/kronos/vlagomer-grunta-kronos-mm400-jeltiyy-mdr-0186.html>
5. <https://techno-med.com.ua/ua/vlagomer-dlja-pochvy-i-sypuchih-materialov-ms-350a.html>
6. [https://techno-med.com.ua/vlagomer-sypuchih-materialov-tk-100.html?gclid=EAIAIQobChMIvIqirMz58AIVDUeRBR2djwxQEAQYBSABEGLWwPD\\_BwE](https://techno-med.com.ua/vlagomer-sypuchih-materialov-tk-100.html?gclid=EAIAIQobChMIvIqirMz58AIVDUeRBR2djwxQEAQYBSABEGLWwPD_BwE)
7. <https://f.ua/ua/kronos/vlagomer-grunta-kronos-mm400-jeltiyy-mdr-0186.html>
8. [https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4\\_02.pdf](https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4_02.pdf)
9. <https://rusautomation.ru/datchik-potoka-sypuchih-materialov->
10. [https://dp.prom.ua/ua/p1187721211-vesovoj-dozator-dlya.html?utm\\_source=google\\_pla&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=pl\\_a&utm\\_campaign=UA\\_cpc\\_1,2\\_promyshlennoe\\_oborudovanie&utm\\_term=%7Bkeyword%7D&gclid=EAIAIQobChMIlr6vgO-b8QIVFc13Ch32NANWEAQYCCABEGKMzPD\\_BwE](https://dp.prom.ua/ua/p1187721211-vesovoj-dozator-dlya.html?utm_source=google_pla&utm_medium=cpc&utm_content=pl_a&utm_campaign=UA_cpc_1,2_promyshlennoe_oborudovanie&utm_term=%7Bkeyword%7D&gclid=EAIAIQobChMIlr6vgO-b8QIVFc13Ch32NANWEAQYCCABEGKMzPD_BwE)
11. [https://della.com.ua/?gclid=EAIAIQobChMI3MbvK46O8QIVLwWiAx21Og3bEAAAYAiAAEGIxsPD\\_BwE](https://della.com.ua/?gclid=EAIAIQobChMI3MbvK46O8QIVLwWiAx21Og3bEAAAYAiAAEGIxsPD_BwE)
12. <https://ua.trud.com.ua/salary/2/78664.html>
13. Розмір єдиного соціального внеску станом на 01.06.2021. Міністерство фінансів України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/social/>
14. [https://www.golovbukh.ua/files/2020/092020/Shpargalka\\_grypu\\_oz.pdf](https://www.golovbukh.ua/files/2020/092020/Shpargalka_grypu_oz.pdf)
15. <https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/3230-3230-svyatkovi-dni.html>
16. <https://www.nerc.gov.ua/?id=15013>
17. <http://uglex.com/articles/242-sposoby-dobychi-uglya.html>
18. Вимірювальні перетворювачі (сенсори) : Підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 584 с
19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
20. ДСП 9.9.5.-080-02 Правила влаштування і безпеки роботи в лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю.