

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



**МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

для студентів освітньо-професійних програм «Екологія»
та «Технології захисту навколишнього середовища»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Дніпро
НТУ «ДП»
2022

Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № 8 від 26.08.22) за поданням методичної комісії спеціальностей 101 «Екологія» (протокол №6 від 30.06.22) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол № 7 від 30.06.22).

Борисовська О.О.

Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / О.О. Борисовська, Д.О. Кошка ; Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – 68 с.

Упорядники:

О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.,

Д.О. Кошка, ст. викл.

Подано методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за дисципліною «Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища» для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Методичні рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

Борисовська О.О.,
Кошка Д.О.
НТУ «Дніпровська політехніка», 2022

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також формування практичних навичок виконання лабораторних вимірювань (випробувань) щодо оцінки якості атмосферного повітря.

Методичні рекомендації включають лабораторні роботи, текст яких викладено за типовою структурною схемою: тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою, завдання для самостійного виконання та питання для самоконтролю.

В результаті виконання лабораторних робіт студенти повинні набути практичні навички з:

- ❖ вимірювання концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду в повітрі за допомогою газоаналізаторів Tenmars TM-801 та TM-802 відповідно;
- ❖ вимірювання концентрації діоксиду вуглецю в повітрі за допомогою газоаналізатора AZ-7755;
- ❖ вимірювання концентрації кисню в повітрі за допомогою газового детектора Walcom HT-1805;
- ❖ вимірювання швидкості вітру за допомогою термоанемометра Venetech GM8903;
- ❖ оцінки якості повітря за результатами виконаних вимірювань.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ТА ФОРМАЛЬДЕГІДУ У ПОВІТРІ

Мета роботи: набуття студентами практичних навичок щодо вимірювання концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням наступних завдань:

– ознайомлення з загальними положеннями щодо небезпеки оксиду вуглецю та формальдегіду;

– ознайомлення з вітчизняними та міжнародними гігієнічними нормативами вмісту оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі;

– ознайомлення з будовою та порядком роботи приладів для вимірювання концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду в повітрі Tenmars TM-801 та TM-802;

– самостійне вимірювання концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду в повітрі за допомогою газоаналізаторів Tenmars TM-801 та TM-802 відповідно;

– оцінка якості повітря за результатами виконаних вимірювань.

В результаті виконання даної лабораторної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** здійснювати лабораторні вимірювання (випробування) щодо оцінки якості довкілля.

1.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1.1. Оксид вуглецю та його небезпека

Оксид вуглецю (СО, монооксид вуглецю, чадний газ) – це отруйний газ без запаху, кольору і смаку (рис. 1.1). Саме це і робить його особливо небезпечним. Токсична дія чадного газу обумовлена утворенням *карбоксигемоглобіну* – стійкого карбонільного комплексу з гемоглобіном, значно більш стійкого, ніж комплекс гемоглобіну з киснем (оксигемоглобін). В результаті відбувається блокування транспорту кисню і клітинного дихання, що призводить до кисневого голодування організму.

Ознаки отруєння чадним газом: головний біль, запаморочення, сонливість (обумовлена нестачею кисню), шум у вухах, задишка, прискорене серцебиття, мерехтіння перед очима, почервоніння обличчя, загальна слабкість, нудота, у важких випадках судоми, втрата свідомості та кома.

Застосування. Оксид вуглецю є проміжним реагентом, що використовується в реакціях з воднем у найважливіших промислових процесах для одержання органічних спиртів та нерозгалужених вуглеводнів.

Оксид вуглецю застосовується для обробки м'яса тварин і риби; надає їм яскраво-червоного кольору та вигляду свіжості, не змінюючи смаку.

Чадний газ від вихлопу двигунів застосовувався нацистами в роки Другої світової війни для масового умиротворення людей шляхом отруєння.

Оксид вуглецю відноситься до **четвертого класу небезпеки** (мало небезпечні речовини).



а) молекула; б) модель молекули

Рис. 1.1. Оксид вуглецю

Джерела забруднення. В атмосфері оксид вуглецю є продуктом ланцюжків реакцій за участю метану та інших вуглеводнів.

Основним антропогенним джерелом CO в даний час є вихлопні гази двигунів внутрішнього згорання. Оксид вуглецю утворюється при згорянні вуглеводневого палива в двигунах внутрішнього згорання при недостатніх температурах або поганому налагодженні системи подачі повітря (подається недостатня кількість кисню для окислення CO в CO₂). У минулому значну частку антропогенного надходження CO в атмосферу забезпечував світильний газ, який використовувався для освітлення приміщень XIX століття. У комунальній сфері даний газ наразі не застосовується через наявність значно дешевшого та енергоефективного аналога – природного газу.

Чадний газ може виділятися під час пожежі, а також побутовими газовими приладами, зокрема опалювальними та водогрійними бойлерами, грилями, дров'яними печами, камінами та іншими джерелами вогню.

Також чадний газ може потрапляти до приміщення ззовні, наприклад із траси зі жвавим рухом.

Ризик отруєння чадним газом набагато вищий у приміщеннях без припливу свіжого повітря, а також у приміщеннях із несправною вентиляцією або забитими димоходами. Вітряна погода може призводити до зворотної тяги у вентиляції та димоходах, унаслідок чого продукти горіння накопичуються в приміщенні.

Надходження CO від природних та антропогенних джерел приблизно однакове за обсягом.

Допомога при отруєнні оксидом вуглецю:

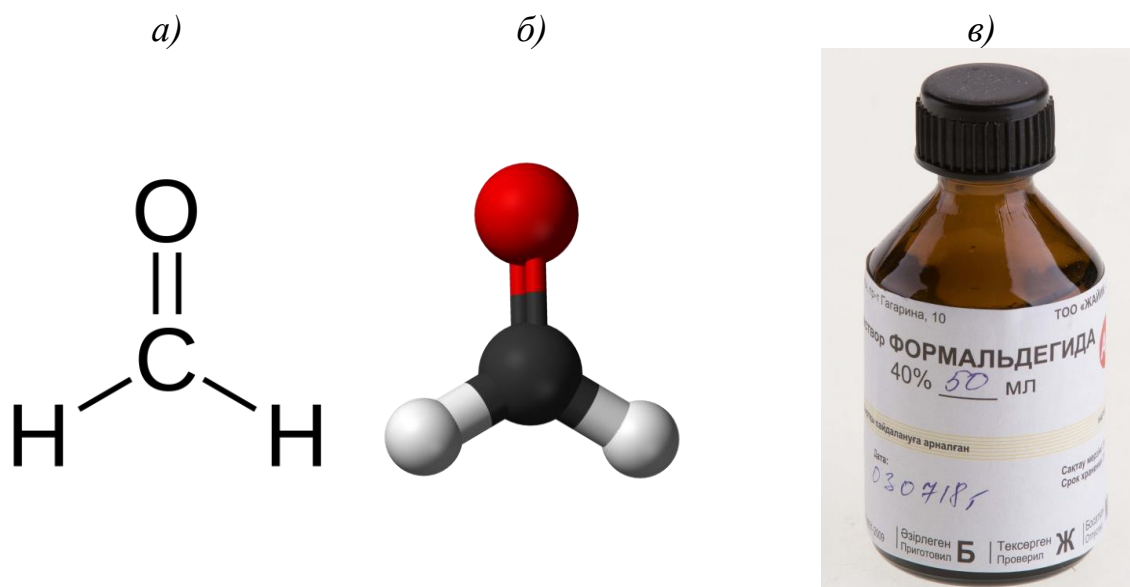
- постраждалого слід винести на свіже повітря. При отруєнні легкого ступеня достатньо гіпервентиляції легень киснем;
- штучна вентиляція легень, O₂-терапія, у тому числі в барокамері;
- ацизол, хромосмон, метиленовий синій внутрішньовенно.

Світовій медицині невідомі надійні антидоти для застосування у разі отруєння чадним газом.

Захист від оксиду вуглецю. CO дуже слабо поглинається активованим вугіллям звичайних фільтруючих протигазів, тому для захисту від нього застосовується спеціальний фільтруючий елемент (він може додатково підключатися до основного) – гопкалітовий патрон. Гопкаліт є каталізатором, що сприяє окисленню CO в CO₂ при нормальних температурах. Недоліком використання гопкаліту є те, що при його застосуванні доводиться вдихати нагріте в результаті реакції повітря. Традиційний спосіб захисту – використання ізолюючого дихального апарату.

1.1.2. Формальдегід та його небезпека

Формальдегід (HCHO, міжнародна назва *метаналь*) – альдегід мурашиної кислоти, безбарвний газ з різким неприємним запахом, добре розчинний у воді, спиртах та інших полярних розчинниках, полімеризується, утворюючи тверді форми формальдегиду (рис. 1.2). Має ряд як корисних, так і небезпечних для людини властивостей.



а) молекула; б) модель молекули; в) зовнішній вигляд розчину

Рис. 1.2. Формальдегід

Формальдегід утворюється в організмі людини за рахунок природних

процесів метаболізму. Концентрація його в крові може сягати 2 мкг/мл, в сечі – 12 мкг/мл. Він міститься в деяких овочах та фруктах, наприклад яблуках, цибулі.

Проте формальдегід дуже токсичний і відноситься до **другого класу небезпеки** (високо небезпечні речовини, як хлор, дихлоретан, сірководень). При концентрації формальдегіду у повітрі на рівні 0,5–0,8 ppm* людина відчуває його запах. Небезпека перш за все пов'язана зі сльозогінною дією цієї речовини, впливом на верхні дихальні шляхи, очі та шкіру. При отруєнні внаслідок вдихання формальдегіду можуть виникати головний біль, запаморочення, загострення астматичних станів, алергічні реакції; доведено його вплив на центральну нервову систему та канцерогенні властивості. Небезпечним є як гостре одноразове отруєння, так і хронічний вплив формальдегіду.

*Для довідки: **ppm** (мільйонна доля) – одиниця виміру концентрації та інших відносних величин, аналогічна за змістом відсотку або проміле. Позначається скороченням «ppm» (від англ. «parts per million», читається пі-пі-ем, «частин на мільйон»).

$$1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ ‰} = 0,0001 \text{ \%} = 0,000001 = 10^{-6}.$$

Наприклад, якщо вказано, що масова доля речовини в суміші складає 15 ppm, це означає, що на кожен кілограм суміші доводиться 15 міліграм цієї речовини (або 15 грам на 1 тонну).

Якщо ж йдеться про об'ємні концентрації (об'ємні долі, долі за об'ємом), то 1 ppm – це кубічний сантиметр (він же мілілітр) на кубічний метр (см³/м³). Так, концентрація вуглекислого газу в атмосфері Землі складає близько 380 ppm, і це означає, що в кожному кубометрі повітря 380 мл (близько 2 стаканів) займає вуглекислий газ.

Застосування. Формальдегід є **універсальним антисептиком**, чинить бактерицидну дію, вбиває віруси, грибки, спори. Саме тому формальдегід широко використовують як дезінфікуючий засіб, а також як консервант в харчовій, хімічній, фармацевтичній промисловості, в косметичних засобах.

Формальдегід використовують у виробництві смол, клеїв, композиційних матеріалів, лакофарбових покриттів; його водний розчин – формалін – широко застосовують у медицині, біології, сільському господарстві.

Джерела забруднення. Основними джерелами надходження формальдегіду в повітря є:

- відкритий вогонь, дим від спалювання сміття, теплоелектростанції;
- вихлопні гази автомобілів (особливо старого зразка без каталітичних нейтралізаторів);
- викиди промислових підприємств з виробництва пластмас, текстилю, паперу тощо;
- цигарковий дим;

- в приміщеннях – це меблі, виготовлені з ДСП, ДВП, МДФ, масиву дерева, фанери;
- оздоблювальні матеріали, що виготовляються з використанням формальдегідних смол і клеїв;
- засоби гігієни та косметичні засоби;
- газові плити.

Формальдегідні смоли вивільняють формальдегід, який не прореагував в процесі їх виготовлення. Саме цей вільний формальдегід і відповідає за високе початкове забруднення повітря після ремонту, придбання нових меблів, утеплення за допомогою карбамідно-формальдегідного пінопласту, використання інших матеріалів з вмістом формальдегіду. Небезпечно високий рівень знижується приблизно через півроку на 50 і більше відсотків. Однак після цього проблема не зникає, оскільки формальдегідні смоли нестійкі, вони піддаються гідролітичному розпаду, і виділення вільного формальдегіду буде продовжуватись протягом усього періоду експлуатації виробу чи матеріалу.

На рівень формальдегіду впливають також зовнішні екологічні фактори – це перш за все *вологість та температура повітря*. Найбільш сприятливими факторами є тепле вологе приміщення з поганою вентиляцією. В діапазоні температур від 18 до 30 °С зростання температури повітря на кожні 5 °С призводить до збільшення рівня вільного формальдегіду в повітрі на 50 %, також зі збільшення вологості в межах від 30 до 70 % відбудеться зростання рівня формальдегіду приблизно на 40 %.

Концентрація формальдегіду в повітрі виробничих, побутових та інших приміщень входить до переліку контрольованих санітарно-гігієнічних параметрів для визначення якості повітря та загального мікроклімату приміщення.

Безумовно, необхідно строго контролювати концентрацію формальдегіду у таких випадках:

- якщо формальдегід є складовим елементом чи побічним продуктом технологічних процесів промислового виробництва (хімічна, харчова, фармацевтична, легка та інші види промисловості);
- в медицині, в лабораторній практиці, якщо необхідно мати справу з формальдегідом, його розчинами (наприклад, формаліном), похідними чи релізерами, що в процесі свого розпаду вивільняють формальдегід;
- якщо використовуються матеріали, з яких може вивільнитись формальдегід внаслідок процесів розпаду (наприклад, виготовлення меблів, робота з лакофарбовими покриттями, використання різних дезінфікуючих та миючих засобів з формальдегідом тощо);

- в офісах, торгових центрах, лікарнях, школах, бібліотеках та інших громадських місцях, а також місцях великого скупчення людей, де завжди є імовірність поганої вентиляції та кондиціонування;
- в нових житлових та нежитлових приміщеннях, після ремонту, придбання нових меблів;
- за умови поганої екологічної ситуації, підвищеного рівня вихлопних газів, викидів від великих підприємств тощо.

Захист від оксиду формальдегіду:

1. Вибираючи меблі або будматеріали, обов'язково запитуйте у продавця сертифікат якості. Меблі також повинні мати маркування за вмістом формальдегіду. **Найбільш безпечний клас - Е-0** (мінімальний ризик виділення формальдегіду). Такі меблі можна сміливо використовувати в дитячій кімнаті.

2. Звертайте увагу на те, щоб кромки меблів не були відкриті. Це знизить інтенсивність забруднення повітря формальдегідом.

3. Звертайте увагу на запах. Якщо в меблевому відділі стоїть сильний характерний «аромат», то тут і без аналізу повітря на формальдегід стає ясно, що від покупки краще утриматися.

4. Вибирайте якісні будматеріали.

5. До нової квартири не бажано вселятися одразу після завершення ремонту. Через місяць–два інтенсивність виділення формальдегіду в повітря знижується. Постійне провітрювання приміщення допоможе поліпшити ситуацію.

Є ще один спосіб захистити себе від шкідливого впливу формальдегіду і не тільки, і для цього на допомогу прийдуть рослини. За висновками вчених ряд кімнатних рослин, крім того, що в процесі фотосинтезу вони збагачують наш дім киснем, ще й здатні поглинати до 70 % отруйних речовин з повітря. Щодо формальдегіду, найкраще з його поглинанням справляються *бамбукова пальма, драцена, сансивієрія (тещин язик), спатифілум* та ін.

1.1.3. Гігієнічні нормативи вмісту оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі

Вітчизняні нормативи. У 2020 році в Україні було оновлено нормативну базу у галузі нормування якості повітря, і були затверджені Накази Міністерства охорони здоров'я України № 52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» та № 1596 від 14.07.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».

Гранично допустимі концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі населених місць та робочої зони з цих документів наведені в таблиці 1.1.

Рівні та міжнародні стандарти концентрації оксиду вуглецю. У таблиці 1.2 наведені симптоми отруєння оксидом вуглецю та міжнародні стандарти охорони праці щодо цієї речовини.

Таблиця 1.1 – Гранично допустимі концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі

№. з / п	Показник	Значення	
		оксид вуглецю	формальдегід
Повітря населених місць			
1	Гранично допустима концентрація максимально разова , мг/м ³	5	0,035
2	Гранично допустима концентрація середньодобова , мг/м ³	3	0,003
3	Клас небезпеки	4	2
Повітря робочої зони			
4	Гранично допустима концентрація, мг/м ³	20	0,5
5	Переважаючий агрегатний стан	п	п
6	Особливості дії на організм	Г	А, Г, К, П

Примітки: п - пари та (або) газ;

А – алерген; Г – гостроспрямований механізм дії; К – канцероген; П – подразнююча дія

Таблиця 1.2 – Рівні та стандарти концентрації СО

Концентрація в повітрі	Експозиція	Симптоми, стандарти
0–1 ppm		Нормальний фоновий рівень
9 ppm		Максимально допустимий рівень на відкритому повітрі
35 ppm	8 годин	Допустимий середньозважений рівень концентрації на робочому місці згідно з OSHA*
50 ppm	8 годин	Гранично допустимий середньозважений рівень концентрації на робочому місці згідно з OSHA
0,01 % (100 ppm)	2~3 години	Необхідна евакуація людей із закритого приміщення згідно з OSHA. Легкий головний біль
0,04 % (400 ppm)	1~2 години	Головний біль від 2,5 до 3,5 годин
0,08 % (800 ppm)	45 хвилин	Запаморочення, нудота, судоми
0,16 % (1600 ppm)	20 хвилин	Головний біль, запаморочення, смерть через 2 години

Концентрація в повітрі	Експозиція	Симптоми, стандарти
0,32 % (3200 ppm)	5~10 хвилин	Головний біль, запаморочення, нудота, смерть через 30 хвилин
0,64 % (6400 ppm)	1~2 хвилини	Головний біль, нудота, смерть через 10–15 хвилин
1,28 % (12800 ppm)	1~3 хвилини	Смерть

Примітка: *OSHA, Occupational Safety and Health Administration – управління у Міністерстві праці США, яке займається питаннями охорони праці та профілактики профзахворювань

Рівні та міжнародні стандарти концентрації формальдегіду. Немає такого значення концентрації формальдегіду, який можна вважати абсолютно безпечним. В ідеальному варіанті його взагалі не повинно бути в повітрі, яким ми дихаємо. Однак, міжнародні організації з охорони праці, безпеки та гігієни праці, екологічні організації, прийняли **норми концентрації формальдегіду**, що відповідають безпечним умовам життєдіяльності і праці людини. На ці норми варто орієнтуватись (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Рівні та стандарти концентрації формальдегіду

Концентрація в повітрі	Стандарт
0,03 ppm	Усереднене значення для відкритого простору (вулиці)
0,10 ppm	Рекомендоване граничне значення для закритих житлових приміщень
0,40 ppm	Рекомендоване граничне значення для виробничих приміщень
0,50 ppm	Рекомендоване граничне значення для робочих місць
0,75 ppm	Рекомендований середньозважений в часі (за 8 годин) рівень концентрації (TWA, time-weight average)
0,80 ppm	Рівень, при якому людина може відчутти неприємний запах
2,0 ppm	Рекомендоване середнє значення концентрації за короткий проміжок часу (STEL, short-term exposure limit, 15 хв)

Як видно з даних табл. 1.3, допустимі значення для виробничих і житлових приміщень різняться, що пов'язано з тривалістю перебування у них людини. Якщо на робочому місці людина перебуває протягом 8-годинного робочого дня, то в квартирі може знаходитись від 16 до 24 годин на добу і 7 днів на тиждень.

Всі роботи з формальдегідом, як із іншими речовинами другого класу токсичності, необхідно проводити в спеціальних приміщеннях, обладнаних проточно-витяжною вентиляційною системою, зберігати в герметично закритих посудинах, не вживати їжу під час роботи з формальдегідом.

1.1.4. Опис газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801

Tenmars TM-802 – прилад для вимірювання концентрації оксиду вуглецю в повітрі.

Особливості:

- чотирьох розрядний LCD дисплей з підсвічуванням;
- одночасно на екран виводяться два параметри – концентрація CO та температура повітря;
- частота вимірювань – 1 раз за секунду;
- функція мінімального, максимального, усередненого значення, утримання значення;
- індикатор низького заряду батареї;
- автовиключення з можливістю дезактивації цієї функції;
- просте налаштування порогового значення концентрації від 100 до 500 ppm;
- звуковий сигнал про перевищення порогової концентрації.

Технічні характеристики газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801 наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801

Параметр	Значення	
Діапазон	0 ~ 1000 ppm	
Роздільна здатність	±1 ppm	
Точність	±5 % або ±2 ppm	
Відтворюваність	<2 %	
Час відгуку	<30 секунд	
Коливання нуля з часом	<5 ppm	
Коливання чутливості з часом	<5 % за рік	
Тривалість експлуатації датчика	3 роки	
Вимірювання температури	Діапазон	-20~50 °C / -4~122 °F
	Роздільна здатність	±0,1 °C / ±0,1 °F
	Точність	±1,0 °C / ±1,8 °F
Живлення	6 штук 1,5 В батарейок ААА типу або АС 100–240 В, або DC адаптер 9 В / 0,5 А (9 мм)	
Тривалість експлуатації батарей	Близько 90 годин	
Умови експлуатації	-20 °C до +50 °C	
Габарити	156 x 73 x 35 мм	
Вага	Близько 250 г без батарейок	

На рис. 1.3 наведений опис газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801.

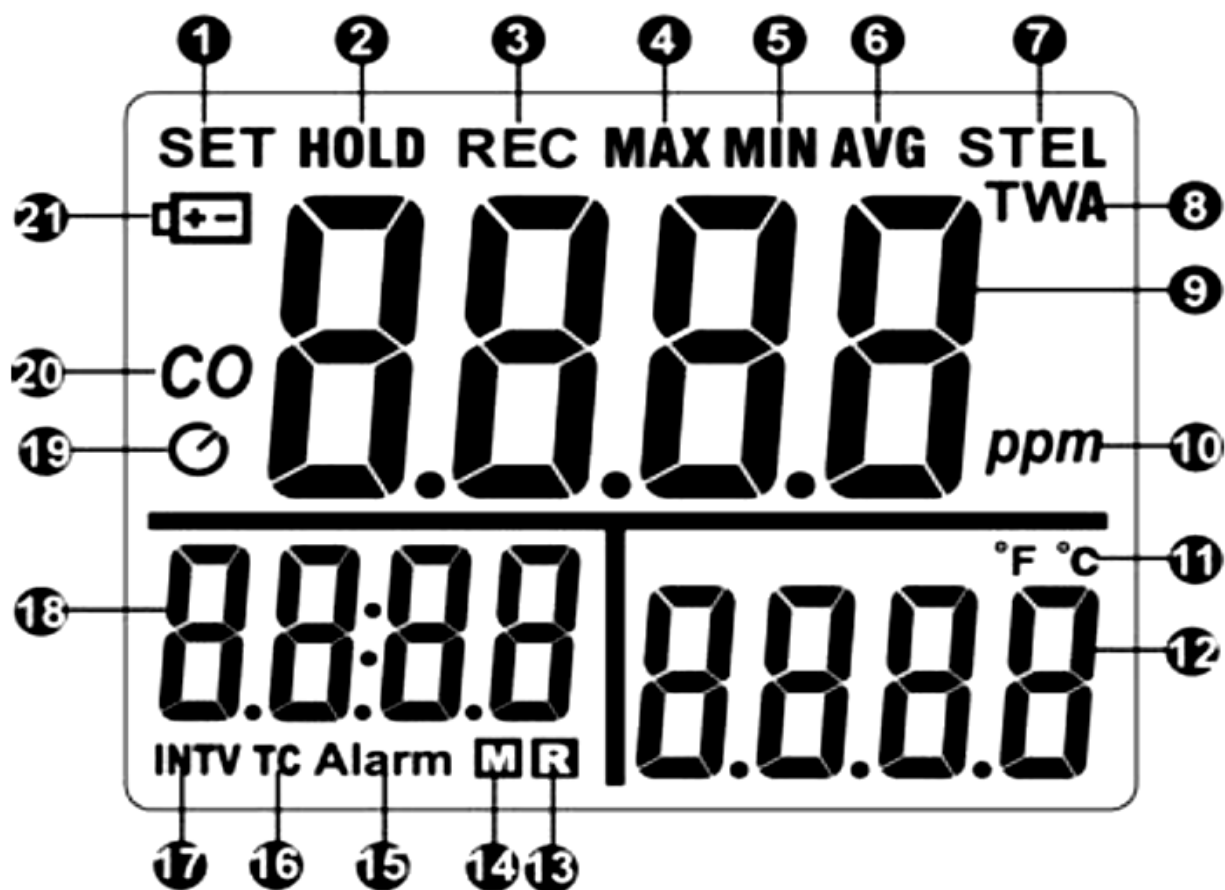


- 1 – Кнопка «**HOLD**»
- 2 – Кнопка живлення
- 3 – Кнопка підсвічення екрану
- 4 – Кнопка «**MAX/MIN/AVG**»
- 5 – Кнопка «**MODE**»
- 6 – Кнопка «**SEL**»
- 7 – Дисплей

- 8 – Гніздо для навушників
- 9 – Сенсор вмісту CO
- 10 – Сенсор температури
- 11 – Тримач
- 12 – Відсік для батарейок
- 13 – Гніздо живлення постійного струму

Рис. 1.3. Опис газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801

На рис. 1.4 наведений опис дисплея газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801.




- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Індикатор «SET» | 12. Показання температури |
| 2. Індикатор «HOLD» | 13. Індикатор реєстрації показання |
| 3. Індикатор «REC» | 14. Індикатор зберігання до пам'яті |
| 4. Індикатор «MAX» | 15. Індикатор сигналу тривоги |
| 5. Індикатор «MIN» | 16. Індикатор константи часу |
| 6. Індикатор «AVG» | 17. Індикатор інтервалу реєстрації |
| 7. Індикатор «STEL» | 18. Показання часу |
| 8. Індикатор «TWA» | 19. Індикатор автоматичного вимикання живлення |
| 9. Числове значення показання | 20. Індикатор «CO» |
| 10. Одиниця вимірювання ppm | 21. Індикатор низького заряду батареї |
| 11. Одиниця вимірювання температури | |

Рис. 1.4. Опис дисплея газоаналізатора оксиду вуглецю Tenmars TM-801


1.1.5. Виконання вимірювань за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-801

УВІМКНЕННЯ/ВИМИКАННЯ

Натиснути кнопку », щоб увімкнути або вимкнути прилад. Під час настройки сигналу тривоги та калібрування можна вимикати прилад.

АВТОМАТИЧНЕ ВИМИКАННЯ


Тривалість інтервалу автоматичного вимикання складає 15 хвилин.

Якщо Ви бажаєте відключити функцію автоматичного вимикання, у режимі відключення живлення необхідно тримати натиснутою кнопку «**HOLD**» і натиснути кнопку ». Коли Ви побачите на дисплеї напис «n-SL», це означає, що функцію автоматичного вимикання відключено.

Якщо Ви бажаєте включити функцію автоматичного вимикання, будь ласка вимкніть й увімкніть вимірювальний прилад.

Функцію автоматичного вимикання буде відключено, якщо включений сигнал тривоги.

ПІДСВІЧЕННЯ ЕКРАНУ

Натиснути кнопку », щоб увімкнути підсвічення екрану; потім знову натиснути цю кнопку, щоб його вимкнути. Тривалість підсвічення складає 15 секунд.

ЗМІНА ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Для зміни одиниці вимірювання температури (°C, °F) натиснути кнопку «**SEL**».

НАСТРОЙКА СИГНАЛУ ТРИВОГИ

Натиснути та утримувати натиснутою кнопку «**MODE**» протягом більше 2 секунд, щоб увійти до режиму настройки сигналу тривоги. Натиснути кнопку «**SEL**», щоб обрати, і натиснути кнопку «**MODE**», щоб включити («**A-on**») або відключити («**A-oF**») сигнал тривоги. Якщо Ви обрали включення сигналу тривоги («**A-on**»), натискати кнопку «**SEL**», щоб обрати значення для сигналу тривоги (25/50/100/250/400/800/0000), і натиснути кнопку «**MODE**», щоб його активувати.

Якщо Ви обрали «0000», натиснути кнопку «**MAX/MIN**» для настройки його значення, і потім натиснути кнопку «**MODE**», щоб активувати (натиснути та утримувати натиснутою кнопку «**MAX/MIN**», щоб


відрегулювати параметр до крайніх значень: найвище його значення становить 1200, а найнижче – 0).

МАКСИМАЛЬНЕ/МІНІМАЛЬНЕ/СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ

Натисканням кнопки «**MAX/MIN**» одночасно фіксуються максимальне, мінімальне та середнє значення даних вимірювання.

Натиснути кнопку «**MAX/MIN**» протягом більше 2 секунд, щоб відключити цю функцію.

КАЛІБРУВАННЯ

Спочатку вимкніть вимірювальний прилад. Потім натисніть та утримуйте кнопку «**MODE**», і натисніть кнопку «», щоб увійти до режиму калібрування. У верхній частині екрану блиматиме значення «0 ppm», а у нижньому лівому куті екрану відобразиться значення **ADC**.

У режимі калібрування прилад має знаходитися подалі від середовища або обладнання з електромагнітними хвилями.

- *Калібрування 0 ppm*

За замовчуванням прилад запускає калібрування 0 ppm.

Помістити вимірювальний прилад в місце, що не містить CO, і увійти до режиму калібрування. Він автоматично проведе калібрування. Тривалість часу калібрування становить 5 хвилин.

- *Калібрування 100 ppm/500 ppm*

Після завершення калібрування 0 ppm екран відобразить 100 ppm. Далі натиснути кнопку «**SEL**», щоб обрати значення 100 ppm або 500 ppm, і натиснути кнопку «**MODE**», щоб почати калібрування. У верхній частині дисплея блиматиме значення «100 ppm» або «500 ppm», а у нижньому лівому куті екрану відобразиться значення **ADC**. Помістити прилад у герметичну коробку, заповнену стандартним газом (наприклад, 100/500 ppm) протягом 5 хвилин, потім калібрування буде проведено автоматично.

ЗАПОБІЖНІ ЗАХОДИ

Тримати прилад подалі від дії електромагнітних джерел, які можуть викликати помилкові показання.

Якщо прилад піддається впливу високих рівнів CO, потрібен час на його відновлення. Чим триваліший вплив, тим довший час відновлення необхідний.

Не можна використовувати цей прилад під прямим сонцем або в гарячому та вологому місцях.

Робоча висота приладу – нижче 2000 м.

1.1.6. Опис газоаналізатора формальдегіду Tenmars TM-802

Tenmars TM-802 – прилад для вимірювання концентрації формальдегіду в повітрі.

Особливості:

- рідкокристалічний дисплей із підсвічуванням відображає одночасно результати вимірювання концентрації формальдегіду, а також показники температури та відносної вологості повітря;
- моніторинг показників безпеки **TWA** (8 годин, time-weight average) та **STEL** (15 хвилин, short-term exposure limit);
- використовує високоточний електрохімічний датчик;
- розраховує максимальні/мінімальні/середні значення вимірюваних величин;
- пам'ять на 200 значень;
- функція фіксації отриманих даних;
- сигналізація досягнення максимуму та мінімуму значення формальдегіду.

Технічні характеристики газоаналізатора формальдегіду Tenmars TM-802 наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики газоаналізатора формальдегіду Tenmars TM-802

Показник	Значення
Формальдегід	
Межі вимірювання НСНО	0÷3,00 мг/м ³ 0,01÷5,00 ppm
Крок вимірювання	0,01 мг/м ³ 0,01 ppm
Похибка	5 %
Час очікування відгуку приладу	30 секунд
Температура повітря	
Межа визначення температури	-20÷50 °C або -4~122 °F
Крок вимірювання	0,1 °C або 0,1 °F
Точність	1,0 °C або 1,8 °F

Показник	Значення
Відносна вологість повітря	
Межа визначення показника відносної вологості	5÷95 % Rh
Крок вимірювання	0,1 Rh
Похибка	±5,0 % Rh (при 20÷80 %); ±8,0 % Rh (при 80 %)
Габарити	191 x 73 x 35 мм
Вага тестера	близько 250 г
Елементи живлення	шість батарейок напругою 1,5 В типу LR03 (AAA); DC адаптер 9 В/0,5 А (9 mm)

На рис. 1.5 наведений зовнішній вигляд газоаналізатора формальдегіду Tenmars TM-802.



Рис. 1.5. Газоаналізатор формальдегіду Tenmars TM-802

Опис функцій кнопок та умовних позначень на дисплеї газоаналізатора аналогічний газоаналізатору оксиду вуглецю Tenmars TM-802 (див. п. 1.1.4).

1.1.7. Виконання вимірювань за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-802

Порядок роботи з приладом аналогічний газоаналізатору оксиду вуглецю Tenmars TM-802 (див. п. 1.1.5).

Відмінності даного типу газоаналізатора полягають у можливості індикації параметрів **STEL** (short-term exposure limit, середнє значення концентрації за 15 хв) та **TWA** (time-weight average, середньозважений за 8 годин рівень концентрації).

Ці показники відображаються у правому верхньому куті дисплея та на рисунку 1.4 позначені номерами 7 та 8.

ЗМІНА ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ STEL АБО TWA

Натиснути кнопку «**MODE**», щоб змінити значення параметрів **STEL** або **TWA**.

1.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1.2.1. Приклад виконання завдання на визначення концентрації оксиду вуглецю у повітрі

Завдання:

1. Виконати вимірювання концентрації оксиду вуглецю за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-801.
2. Зафіксувати показання приладу.
3. Перевести ppm у мг/м³.
4. Порівняти отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією та з рекомендованими міжнародними стандартами охорони праці.
5. Зробити висновки.

Хід виконання роботи:


- 1) Вмикаємо газоаналізатор Tenmars TM-801, натискаючи кнопку «». Чекаємо 3–4 хвилини.
- 2) Фіксуємо значення концентрації оксиду вуглецю та температури повітря (рис. 1.6). Вимикаємо прилад.



Рис. 1.6. Результати вимірювання концентрації оксиду вуглецю та температури повітря за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-801

3) Переводимо ppm у мг/м³. Для цього необхідна молекулярна вага оксиду вуглецю, яка дорівнює 28,01 а.о.м.

Формула для перерахунку ppm у мг/м³ (для нормальних умов):

$$Y = X_{ppm} \cdot M / 24,05526, \text{ мг/м}^3, \quad (1)$$

де X_{ppm} – концентрація газу у ppm;

M – молекулярна вага, а.о.м.;

24,05526 – коефіцієнт перерахунку.

Звідси:

$$Y = 1 * 28,01 / 24,05526 = 1,16 \text{ мг/м}^3.$$

Для більш точного перерахунку з урахуванням температури повітря можна скористатися онлайн-калькуляторами, наприклад: <https://mike-klemin.com/posts/konverter-ppm-v-mg-m3/>.

4) Порівнюємо отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією СО (табл. 1.1) та з рекомендованим міжнародними стандартами охорони праці (табл. 1.2).

Отримане значення концентрації **0,1 ppm**, тобто **0,16 мг/м³**, не перевищує гранично допустиму максимальну разову концентрацію СО у повітрі населених місць, що становить **5 мг/м³** (табл. 1.1); гранично допустиму середньодобову концентрацію у повітрі населених місць, що становить **3 мг/м³**; гранично допустиму концентрацію у повітрі робочої зони, що дорівнює **20 мг/м³**.

Також отримана концентрація **0,1 ppm** відповідає нормальному фоновому рівню СО у повітрі (табл. 1.2).

5) **Висновок:** отримана концентрація оксиду вуглецю у повітрі, що становить **0,16 мг/м³**, є безпечною.

1.2.2. Приклад виконання завдання на визначення концентрації формальдегіду у повітрі

Завдання:


1. Виконати вимірювання концентрації формальдегіду за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-802.

2. Зафіксувати показання приладу у ppm та у мг/м³.

3. Порівняти отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією та з рекомендованими міжнародними стандартами охорони праці.

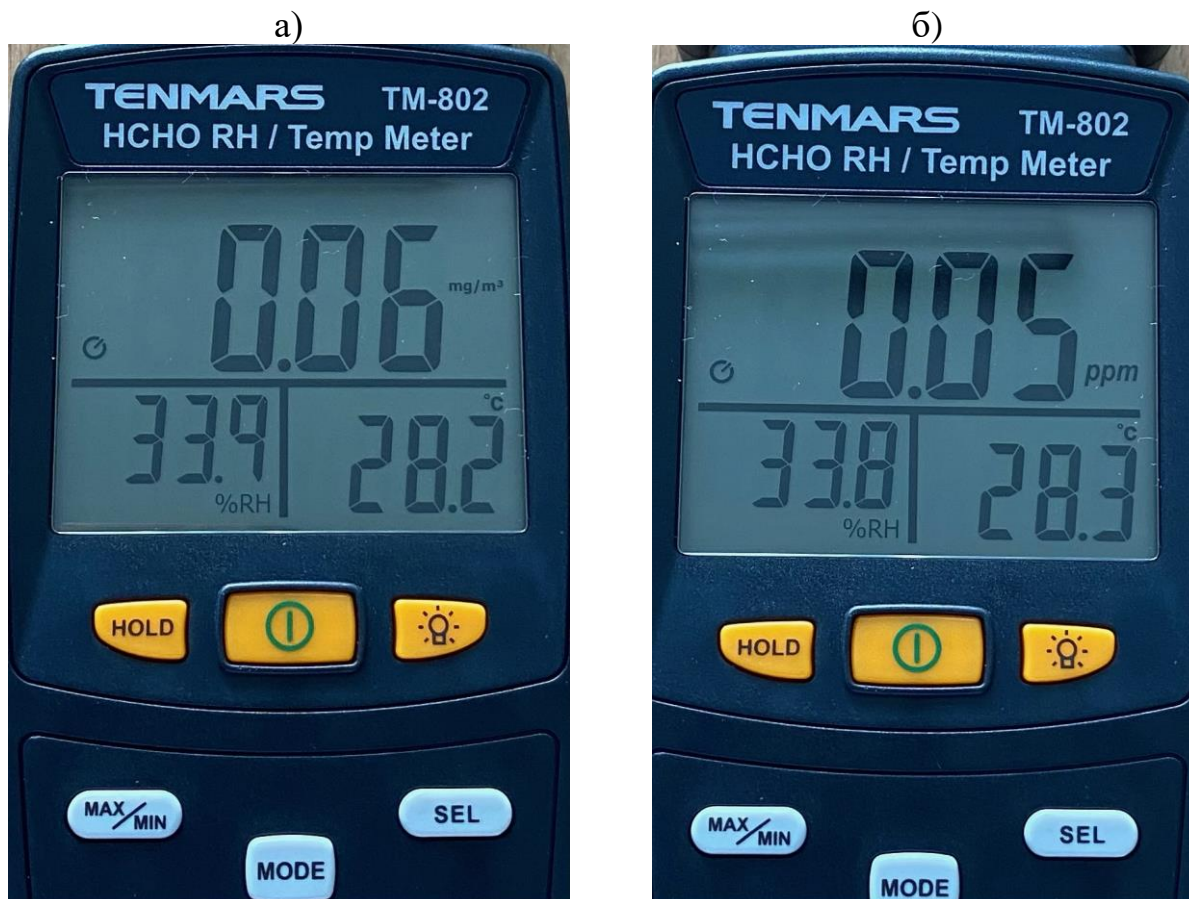
4. Зробити висновки.

Хід виконання роботи:

1) Вмикаємо газоаналізатор Tenmars TM-802, натискаючи та утримуючи кнопку «» декілька секунд. Чекаємо 3–4 хвилини.

2) Фіксуємо значення концентрації формальдегіду, температури та вологості повітря у ppm та у мг/м³ (рис. 1.7). Перемикання показань приладу між ppm та мг/м³ здійснюється за допомогою кнопки «**SEL**». Вимикаємо прилад.

3) Порівнюємо отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією НСНО (табл. 1.1) та з рекомендованим міжнародними стандартами охорони праці (табл. 1.3).



а) концентрація формальдегіду у $\text{мг}/\text{м}^3$; б) концентрація формальдегіду у ppm
Рис. 1.7. Результати вимірювання концентрації формальдегіду, температури та вологості повітря за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-802

Отримане значення концентрації $0,06 \text{ мг}/\text{м}^3$ перевищує гранично допустиму максимально разову концентрацію НСНО у повітрі населених місць, що становить $0,035 \text{ мг}/\text{м}^3$, в 1,7 рази (табл. 1.1); гранично допустиму середньодобову концентрацію у повітрі населених місць, що становить $0,003 \text{ мг}/\text{м}^3$, у 20 разів; гранично допустиму концентрацію у повітрі робочої зони, що дорівнює $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$, в 1,2 рази.

Отримана концентрація формальдегіду у частках на мільйон $0,5 \text{ ppm}$ відповідає рекомендованому граничному значенню для робочих місць (табл. 1.3).

4) **Висновок:** Отримана концентрація формальдегіду у повітрі, що становить $0,06 \text{ мг}/\text{м}^3$ або $0,05 \text{ ppm}$, є небезпечною. Необхідно вжити заходи з провітрювання приміщення та усунення можливих джерел виділення формальдегіду.

1.2.3. Контрольне завдання

1. Виконати вимірювання концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі за допомогою газоаналізаторів Tenmars TM-801 та Tenmars TM-802 відповідно.

2. Зафіксувати результати вимірювань приладів (зробити фотографію або записати від руки).

3. Порівняти отримані концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду з гранично допустимими концентраціями (табл. 1.1) та з рекомендованими міжнародними стандартами охорони праці (табл. 1.2, 1.3).

4. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає основна небезпека оксиду вуглецю?

2. Де у промисловості використовується оксид вуглецю?

3. До якого класу небезпеки відноситься оксид вуглецю?

4. Звідки до атмосфери надходить оксид вуглецю?

5. Де необхідно обов'язково контролювати концентрацію оксиду вуглецю у повітрі?

6. Які існують засоби захисту від оксиду вуглецю?

7. Чому формальдегід є небезпечним для людини?

8. До якого класу небезпеки відноситься формальдегід?

9. Для яких цілей використовується формальдегід?

10. Які джерела забруднення атмосфери формальдегідом ви знаєте?

11. Де необхідно обов'язково контролювати концентрацію формальдегіду в повітрі?

12. Що таке TWA та STEL?

13. Які існують засоби захисту від формальдегіду?

14. Якими є гранично допустимі концентрації оксиду вуглецю та формальдегіду у повітрі?

15. Який порядок роботи з газоаналізаторами Tenmars TM-801 та TM-802?

16. Якими є заходи безпеки при роботі з газоаналізаторами Tenmars TM-801 та TM-802?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ У ПОВІТРІ

Мета роботи: набуття студентами практичних навичок з вимірювання концентрації діоксиду вуглецю у повітрі.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням наступних завдань:

- ознайомлення з загальними положеннями щодо екологічної ролі та потенційної небезпеки діоксиду вуглецю;
- ознайомлення з вітчизняними та міжнародними гігієнічними нормативами вмісту діоксиду вуглецю у повітрі;
- ознайомлення з будовою та порядком роботи приладу для вимірювання концентрації діоксиду вуглецю в повітрі AZ-7755;
- самостійне вимірювання концентрації діоксиду вуглецю в повітрі за допомогою газоаналізатора AZ-7755;
- оцінка якості повітря за результатами виконаних вимірювань.

В результаті виконання даної лабораторної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** здійснювати лабораторні вимірювання (випробування) щодо оцінки якості довкілля.

2.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1.1. Діоксид вуглецю та його екологічна небезпека

Діоксид вуглецю (CO_2 , оксид карбону (IV), *вуглекислий газ*) – тривка хімічна сполука, поширена в природних газах, що містять його в кількості від декількох відсотків до практично чистого вуглекислого газу (рис. 2.1). CO_2 безбарвний, не має смаку і запаху (у великих концентраціях з кислуватим «содовим» запахом), легко розчиняється у воді, не горить, зупиняє процес горіння і робить неможливим дихання.

В малих кількостях він завжди присутній у навколишньому середовищі, не завдаючи ніякої шкоди. В атмосферному повітрі його концентрація становить близько 0,03 % об'єму.

Щільність за нормальних умов становить 1,98 кг/м³ (в 1,5 рази важчий за повітря).

Застосування. Вуглекислий газ широко застосовується в промисловості. Наприклад, з його допомогою роблять соду, цукор, пиво, вино, газовану воду та інші харчові продукти. Цікавим застосуванням є створення «сухого льоду» – так називається вуглекислий газ, охолоджений до дуже низької температури. При цьому він переходить у твердий стан, тому

родовищах, цей газ здатний накопичуватися з великою швидкістю. Підвищена концентрація призводить до погіршення самопочуття і задущення, тому максимальне значення не повинно перевищувати 1 % від загального обсягу повітря в шахті.

Промисловість і транспорт. Одним з найбільших джерел утворення вуглекислого газу є різні заводи. Промислові підприємства в ході виконання технологічних процесів виробляють його у величезній кількості, викидаючи в атмосферу. Такий же вплив надає транспорт. У складі вихлопних газів є також і вуглекислий газ. При цьому велику частку його викидів в атмосферу планети вносять літаки. На другому місці – наземний транспорт. Найбільша концентрація створюється над великими містами, яким притаманні не тільки велика кількість автомобілів, але і затяжні «пробки».

Дихання. Практично всі живі істоти планети при видиханні виділяють вуглекислий газ. Він утворюється в результаті хімічних обмінних процесів у легенях і тканинах. Кожен день в процесі дихання людина виділяє до 1 кг чистого вуглекислого газу, і в кожному видиху його вміст приблизно в 100 разів більше, ніж у звичайному вуличному повітрі. Така кількість вуглекислого газу в масштабах планети досить незначна, навіть з урахуванням мільярдів істот. Однак є обставини, коли про виділення вуглекислого газу з диханням необхідно пам'ятати. Це, наприклад, закриті приміщення з поганою вентиляцією та великим скупченням людей.

Екологічна функція діоксиду вуглецю. Рослини перетворюють одержуваний вуглекислий газ у вуглеводи в процесі **фотосинтезу**, який здійснюється за допомогою пігменту хлорофілу, що використовує енергію сонячного випромінювання. Одержуваний газ, **кисень**, вивільняється в атмосферу Землі, і гетеротрофні організми та інші рослини використовують його для дихання, формуючи таким чином **вуглецевий цикл**.

Роль діоксиду вуглецю в парниковому ефекті. Відмінною особливістю парникових властивостей діоксиду вуглецю, порівняно з іншими газами, є його довгостроковий вплив на клімат, який після припинення емісії, що його викликала, продовжується за інерцією впродовж тисячі років. Інші парникові гази, такі як метан і оксид азоту, існують у вільному стані в атмосфері протягом коротшого часу.

Попри відносно невелику концентрацію в повітрі, CO_2 є важливим компонентом земної атмосфери, оскільки поглинає і перевипромінює **інфрачервоне випромінювання** на різних довжинах хвиль. Цей процес виключає або знижує випромінювання Землі в космос на цих довжинах хвиль, що призводить до парникового ефекту.

Крім парникових властивостей двоокису вуглецю, має значення той факт, що він **важчий від повітря**. Оскільки середня відносна молярна маса повітря становить 28,98 г/моль, а молярна маса CO_2 – 44,01 г/моль, то збільшення частки вуглекислого газу призводить до збільшення густини

повітря і відповідно до зміни профілю його тиску залежно від висоти. В силу фізичної природи парникового ефекту, така зміна властивостей атмосфери призводить до збільшення середньої температури у приземному шарі.

Вплив діоксиду вуглецю на організм людини. Двоокис вуглецю життєво необхідний людині і бере участь у багатьох біологічних процесах. Однак перевищення вуглекислого газу в організмі може викликати ряд помітних побічних ефектів, через що дана хімічна сполука вважається небезпечною для здоров'я і життєдіяльності людини.

Діоксид вуглецю відноситься до **третього класу небезпеки** (помірно небезпечні речовини).

При надмірній кількості CO₂ виникають такі симптоми:

- відчуття задухи;
- почастішання пульсу;
- збільшення стомлюваності;
- проблеми з концентрацією уваги;
- падіння продуктивності праці;
- непритомність;
- нудота;
- головний біль;
- синдром хронічної втоми.

Конкретні симптоми залежать від рівня CO₂, що міститься в повітрі. Проблема може протікати непомітно, якщо проводити багато часу в погано провітрюваному приміщенні протягом багатьох днів або навіть років. Якщо Ви відчуваєте такі симптоми, то варто звернути увагу на якість повітря на роботі та вдома.

1.1.3. Гігієнічні нормативи вмісту діоксиду вуглецю у повітрі

Вітчизняні нормативи. У 2020 році в Україні було оновлено нормативну базу у галузі нормування якості повітря, і були затверджені Накази Міністерства охорони здоров'я України № 52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» та № 1596 від 14.07.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».

Необхідно відмітити, що гігієнічні регламенти допустимого вмісту речовин в атмосферному повітрі населених місць не місять ГДК для діоксиду вуглецю, тобто у **повітрі населених пунктів** ця речовина **не нормується**.

Гранично допустима концентрація діоксиду вуглецю у повітрі робочої

зони наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Гранично допустима концентрація діоксиду вуглецю у повітрі робочої зони

№. з / п	Показник	Значення
Повітря робочої зони		
1	Гранично допустима концентрація, мг/м ³	8000
2	Переважаючий агрегатний стан	п
3	Клас небезпечності	3

Примітка: п - пари та (або) газ

Рівні та міжнародні стандарти концентрації діоксиду вуглецю наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Рівні та стандарти концентрації CO₂

Рівень CO ₂ (ppm)	Вплив на самопочуття
300–400 ppm	Оптимальне значення. Ніякої шкоди для організму немає
400–600 ppm	Норма для роботи в офісі без зниження продуктивності праці. На організм ніяк не впливає
До 600 ppm	Норма для спальні, дитячого садка і школи
600–1000 ppm	Починає боліти голова. Падає продуктивність праці, складніше концентрувати увагу та сприймати інформацію
1000–1500 ppm	Людина стає млявою, апатичною. Сильно падає концентрація уваги, складніше приймати рішення, збільшується кількість помилок в роботі. Є ризик розвитку хронічної втоми
Більше 1 500 ppm	Сильно болить голова. Пропадає бажання працювати

2.1.4. Опис газоаналізатора діоксиду вуглецю AZ-7755

Аналізатор CO₂ AZ-7755 – це сучасний портативний прилад для вимірювання внутрішнього індексу якості повітря, зокрема концентрації CO₂, температури і вологості повітря (рис. 2.2). Значення діоксиду вуглецю може бути виведено на ПК для оперативного аналізу даних.

Пристрій має ергономічний дизайн та міцний корпус для роботи в складних умовах. Портативний газоаналізатор AZ-7755 оснащений великим РК-дисплеєм та підсвічуванням для роботи в затемнених приміщеннях.

Датчик CO₂ можна відкалібрувати на свіжому повітрі, а датчик відносної вологості можна відкалібрувати за допомогою сольових зразків AZ 33/75 %.



Рис. 2.2. Газоаналізатор діоксиду вуглецю AZ-7755

Особливості:

- оснащений датчиком технології NDIR (недисперсний інфрачервоний);
- відображення на дисплеї показників рівня CO₂, температури та вологості;
- виведення даних на ПК кожні 2 секунди для он-лайн аналізу якості повітря;
- відображення на дисплеї 8-ми годинного **TWA** значення (середньозважене за часом) і значення **STEL** за 15 хвилин (межа короточасного впливу);
- корпус газоаналізатора оточений направляючими, що сприяє

вентиляції повітря для швидкої та точної реакції;

- простота ручного калібрування за CO₂ і вологістю (за допомогою сольових зразків AZ 33/75%);
- попереджувальний звуковий сигнал про рівень вуглекислого газу;
- великий РК-дисплей з високою роздільною здатністю;
- підсвічування екрану для роботи в затемнених приміщеннях;
- джерело живлення – батареї або адаптер.

Технічні характеристики газоаналізатора CO₂ AZ-7755 наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики портативного аналізатора CO₂ AZ-7755

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання CO ₂	0...9999 проміле (2001...9999 проміле поза діапазоном шкали)
Роздільна здатність при вимірюванні CO ₂	1 проміле
Точність при вимірюванні CO ₂	±50 проміле ±5 % від показань (0...2000 проміле), інший діапазон не вказано
Час відгуку при вимірюванні CO ₂	<30 секунд (зміна кроку 90 %)
Час розігріву при вимірюванні CO ₂	30 секунд
Діапазон вимірювання температури повітря	-10...+60 °C, 14...140 °F
Роздільна здатність при вимірюванні температури повітря	0,1 °C 0,1 °F
Точність при вимірюванні температури повітря	±0,6 °C ±0,9 °F
Час відгуку при вимірюванні температури повітря	<2 хвилин (з кроком 90 %)
Діапазон вимірювання вологості	відносна вологість від 0,1 до 99,9 %
Роздільна здатність при вимірюванні вологості	0,1 % відносної вологості
Точність при вимірюванні вологості	відносна вологість ±3 % (при 25 °C, відносна вологість 10...90 %);

Параметр	Значення
	інші ± 5 % відносної вологості
Час відгуку при вимірюванні вологості	<10 хвилин (з кроком 90 %)
Розміри РК дисплея	44 x 26 мм
Габарити пристрою	205 x 70 x 56 мм
Температура експлуатації	0...50 °C
Відносна вологість експлуатації	відносна вологість 0...95 % (уникати конденсації)
Температура зберігання	-20...+50 °C
Відносна вологість зберігання	0...90 % відносної вологості (уникати конденсації)
Джерело живлення	батареї типу АА (4 штуки)
Термін служби батареї	>24 годин (лужна батарея)
Вага	200 г

2.1.5. Виконання вимірювань за допомогою газоаналізатора діоксиду вуглецю AZ-7755

На рис. 2.3 наведені умовні позначення дисплея газоаналізатора AZ-7755.

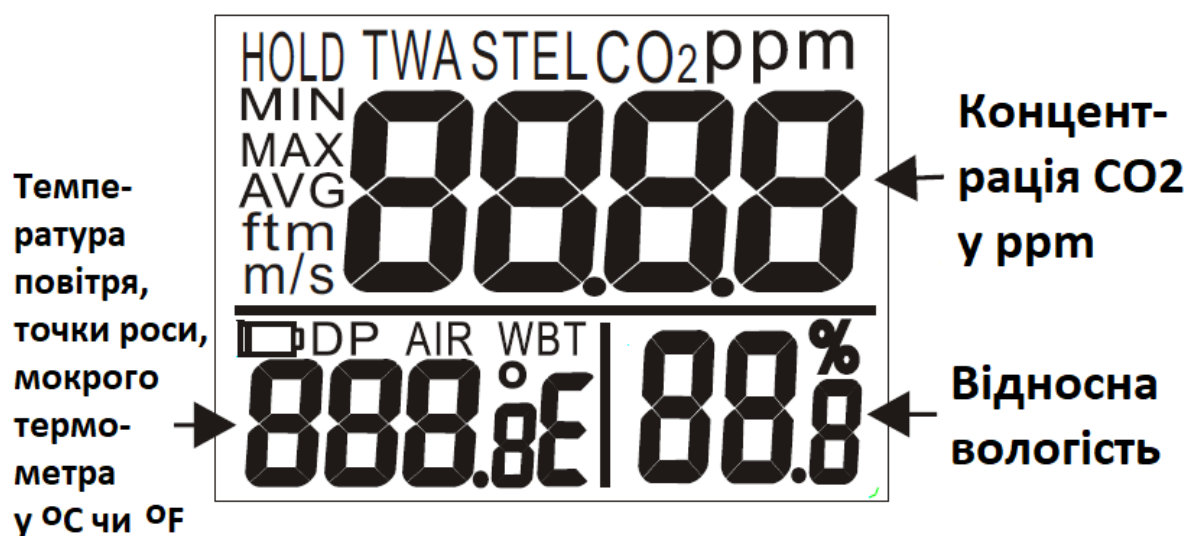


Рис. 2.3. Дисплей газоаналізатора діоксиду вуглецю AZ-7755

Позначення:

TWA (time weight average) – середньозважений в часі (за 8 годин) рівень концентрації;

STEL – (short-term exposure limit) – середнє значення концентрації за короткий проміжок часу (15 хвилин);

HOLD – фіксація показань на дисплеї;

MIN/MAX – мінімальні та максимальні показання;

БАТАРЕЯ – індикатор заряду батареї;

DP – температура точки роси;

AIR – температура повітря;

WBT – температура мокрого термометра;

% – показник відносної вологості;

E (C/F) – температура за Цельсієм/Фаренгейтом;

AVG/ftm/m/s – показники, що використовуються лише в деяких моделях.

Елементи управління газоаналізатора AZ-7755:



Увімкнути/вимкнути прилад. Увійти до меню установки. Встановити режим безперервної роботи з кнопкою «**HOLD**»



Вийти з меню установки. Калібрування CO₂ з кнопкою «**MODE**». Калібрування відносної вологості з кнопкою «**DP/WBT**»



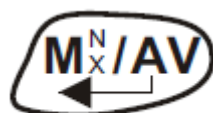
Фіксація показань на дисплеї. Відключення функції фіксації показань на дисплеї



Увімкнути/вимкнути підсвічення дисплея. Обрати значення або підвищити значення на дисплеї



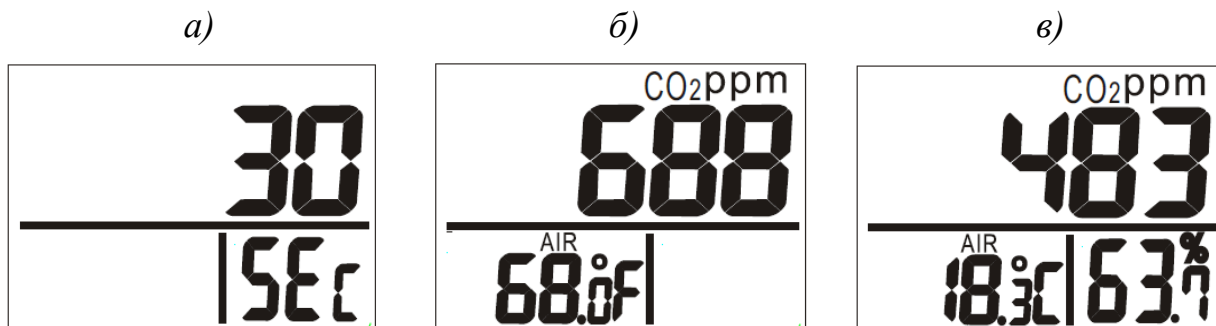
Обрати температуру повітря, точки роси, мокрого термометра на дисплеї. Зменшити значення на дисплеї



Відобразити мінімальне, максимальне значення, **TWA**, **STEL**. Зберегти та завершити установку

УВІМКНЕННЯ/ВИМИКАННЯ

Натисніть кнопку «**SET**» для того, щоб увімкнути або вимкнути прилад. При включенні прилад надає короткий звуковий сигнал та відраховує **30 секунд** (як на рис. 2.4, а) для підготовки приладу до роботи; потім показує нормальний дисплей з поточними показаннями CO₂, температурою та вологістю повітря (рис. 2.4, б, в) .



а) при включенні; б) через 30 сек після включення у °F; в) у °C + вологість

Рис. 2.4. Показання газоаналізатора діоксиду вуглецю AZ-7755

ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Прилад починає проводити вимірювання одразу після включення та оновлює показання кожну секунду. Враховуючи можливе різне температурне середовище при використанні приладу (від високих до низьких температур), початкове вимірювання CO₂ становить **30 секунд**, початкове вимірювання відносної вологості – **30 хвилин**.

Увага: не тримайте прилад близько до обличчя, якщо ви не вимірюєте рівень CO₂, що видихається.

ФІКСАЦІЯ ПОКАЗАНЬ НА ДИСПЛЕЇ

Натисніть кнопку «**HOLD**» для фіксації показань на дисплеї, у верхньому лівому куту дисплея з'явиться значок «**HOLD**» (рис. 2.5). Усі поточні показання приладу залишаться незмінними, окрім **STEL** та **TWA**. Знову натисніть «**HOLD**» для відключення функції.

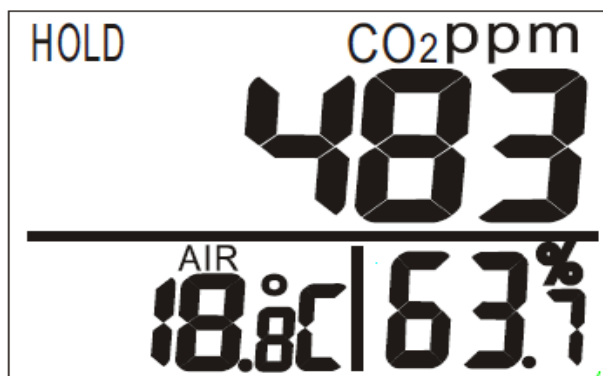


Рис. 2.5. Фіксація показань на дисплеї вуглецю AZ-7755

ПІДСВІЧЕННЯ ЕКРАНА

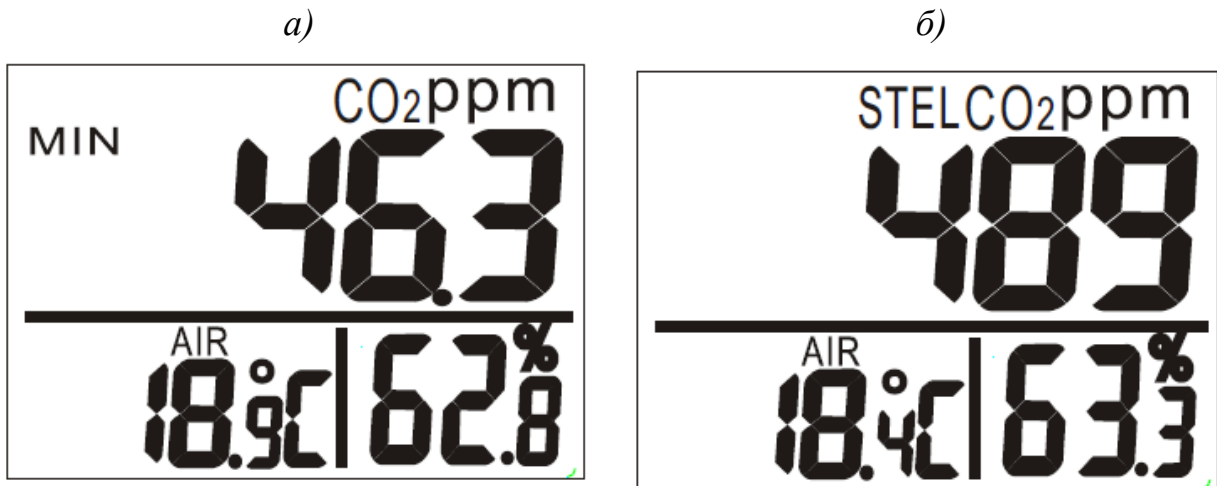
Натисніть кнопку «**MODE**» та утримуйте її довше 1 секунди для активації чи дезактивації функції підсвічення.

МАКСИМАЛЬНЕ/МІНІМАЛЬНЕ/СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ

У нормальному режимі натисніть кнопку «**Mx/AV**» для отримання мінімальних та максимальних показань, а також середньозважених значень. Кожне натискання на вищезгадану кнопку демонструє послідовні показання, а потім повертає до нормального режиму.

У максимальному та мінімальному режимах прилад демонструє значення CO₂ на основному дисплеї, а також температуру повітря, точку роси і вологість на нижніх дисплеях (рис. 2.6, а).

У режимах **STEL** та **TWA** основний дисплей показує середнє значення CO₂ за останні 15 хвилин (**STEL**) та 8 годин (**TWA**). Нижні дисплеї показують поточну температуру повітря, точку роси, мокрого термометра та вологість (рис. 2.6, б).



а) максимальний/мінімальний режим; б) режим STEL та TWA

Рис. 2.6. Режими MAX/MIN, STEL та TWA газоаналізатора AZ-7755

Увага:

1) Якщо прилад включений менше, ніж на 15 хвилин, показник **STEL** буде являти собою середній показник з початку роботи приладу. Те саме щодо показника **TWA**.

2) Для показань **STEL** та **TWA** необхідно як мінімум 5 хвилин з моменту початку роботи приладу. На дисплеї з'являється порожній рядок «_ _ _ _» протягом перших п'яти хвилин з моменту включення приладу (рис. 2.7).

3) **STEL** та **TWA** будуть оновлюватися кожні 5 хвилин, у той час як інші показники будуть залишатися без змін.

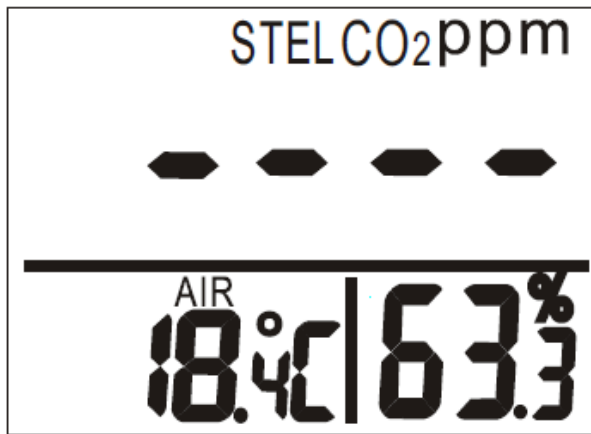


Рис. 2.7. Оновлення даних для розрахунку STEL та TWA

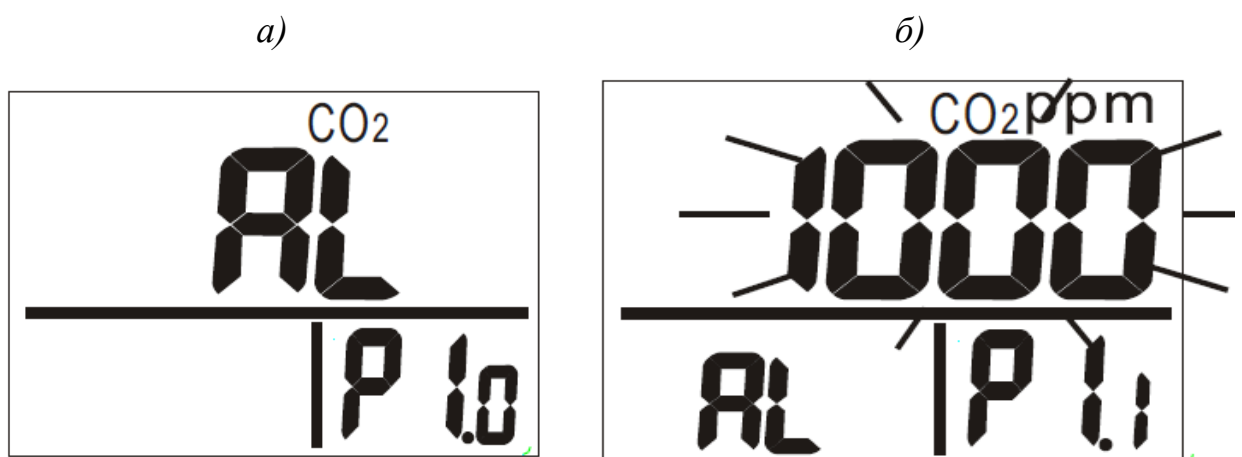
СИГНАЛ ТРИВОГИ

У приладі є функція тривожного сповіщення, коли концентрація CO₂ перевищує допустимі параметри. Звуковий сигнал можна припинити натисканням кнопки «SET», або він сам припиняється при зниженні показників. Перезавантажте прилад, якщо звуковий сигнал не припиняється.

ВСТАНОВЛЕННЯ ГРАНИЧНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ CO₂ ДЛЯ СИГНАЛУ ТРИВОГИ

Утримуйте кнопку «SET» для входу в меню налаштувань довше 1 секунди у нормальному режимі. Для виходу з меню налаштувань натисніть «CAL Esc».

При вході в меню на дисплеї висвічуються AL та P 1.0 (рис. 2.8, а). Натисніть «Mx/AV» для входу у P 1.1 для встановлення верхньої межі концентрації CO₂ та звукового сповіщення. Поточні показники будуть блимати на дисплеї (рис. 2.8, б).



а) вхід у меню налаштувань сигналу тривоги; б) гранична концентрація CO₂

Рис. 2.8. Налаштування сигналу тривоги на газоаналізаторі AZ-7755

Для підвищення параметра натискайте кнопку «**MODE**», для пониження – кнопку «**DP/WBT**». Кожне натискання дорівнює 100 ppm, а звуковий сигнал працює в діапазоні від 100 до 9900 ppm. Коди потрібна межа встановлена, натисніть «**Mx/AV**» для збереження параметрів або «**CAL Esc**» для виходу з меню без збереження змін.

ЗМІНА ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Утримуйте кнопку «**SET**» для входу в меню налаштувань довше 1 секунди у нормальному режимі. Для виходу з меню налаштувань натисніть «**CAL Esc**».

При вході в меню на дисплеї висвічуються AL та P 1.0. Для входу до температурної шкали натисніть «**MODE**» або «**DP/WBT**», на дисплеї відобразиться напис P 3.0 (рис. 2.9, а).

Натисніть «**Mx/AV**» для входу в P 3.1 із встановленим показником °C чи °F, що блимає на лівому нижньому дисплеї (рис. 2.9, б). Для переключення з °C на °F натисніть «**MODE**» або «**DP/WBT**». Потім натисніть «**Mx/AV**» для збереження параметрів або «**CAL Esc**» для виходу з меню без збереження змін.



а) вхід у меню налаштувань шкали температури; б) обрана одиниця

**Рис. 2.9. Налаштування температурної шкали (°C чи °F)
на газоаналізаторі AZ-7755**

АВТОМАТИЧНЕ ВИМИКАННЯ

Прилад вимикається автоматично при бездіяльності протягом **20 хвилин**. Для відключення даної функції при виключеному приладі, натисніть та утримуйте кнопки «**SET**» і «**HOLD**» протягом **2 секунд**, доки на дисплеї не з'явиться літера **n**.

КАЛІБРУВАННЯ

Даний прилад відкалібрований на заводі згідно з стандартом концентрації діоксиду вуглецю у **400 ppm**. Рекомендується проводити регулярне калібрування приладу для точності показань.

Увага: не калібруйте прилад у повітрі з невідомою концентрацією CO₂. У протилежному випадку прилад буде помилково відкалібровано на 400 ppm, що призведе до неточних вимірювань.

Стандартне калібрування рекомендується проводити на свіжому повітрі при сонячній погоді та наявності вітру. Встановіть прилад у місці для калібрування. Увімкніть прилад та утримуйте кнопки «**CAL Esc**» та «**MODE**» одночасно для входу в меню калібрування (рис. 2.10). На дисплеї почнуть блимати значення **400 ppm** та **CAL** приблизно 5 хвилин для встановлення автоматичного нового значення калібрування, після чого цей режим закрийється і прилад повернеться до регулярного меню. Для того, щоб відмовитися від калібрування, у будь-який момент вимкніть прилад.

Увага: переконайтеся в тому, що заряд батареї достатній для проведення калібрування.

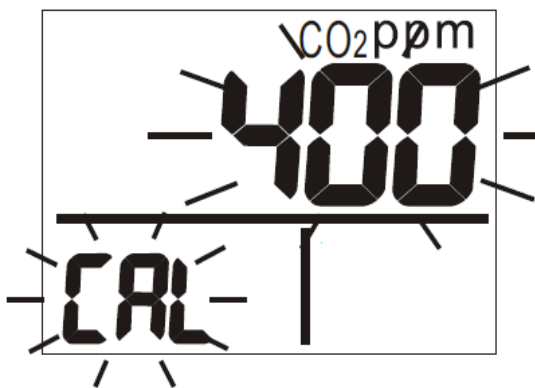


Рис. 2.10. Режим калібрування показань CO₂

2.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.2.1. Приклад виконання завдання на визначення концентрації діоксиду вуглецю у повітрі

Завдання:

1. Виконати вимірювання концентрації діоксиду вуглецю за допомогою газоаналізатора AZ-7755.
2. Зафіксувати показання приладу.
3. Перевести ppm у мг/м³.
4. Порівняти отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією та з рекомендованими міжнародними стандартами охорони праці.
5. Зробити висновки.

Хід виконання роботи:

1) Вмикаємо газоаналізатор AZ-7755, натискаючи один раз кнопку SET. Чекаємо 30 секунд.

2) Фіксуємо значення концентрації діоксиду вуглецю у ppm, температури та вологості повітря (рис. 2.11). Вимикаємо прилад.

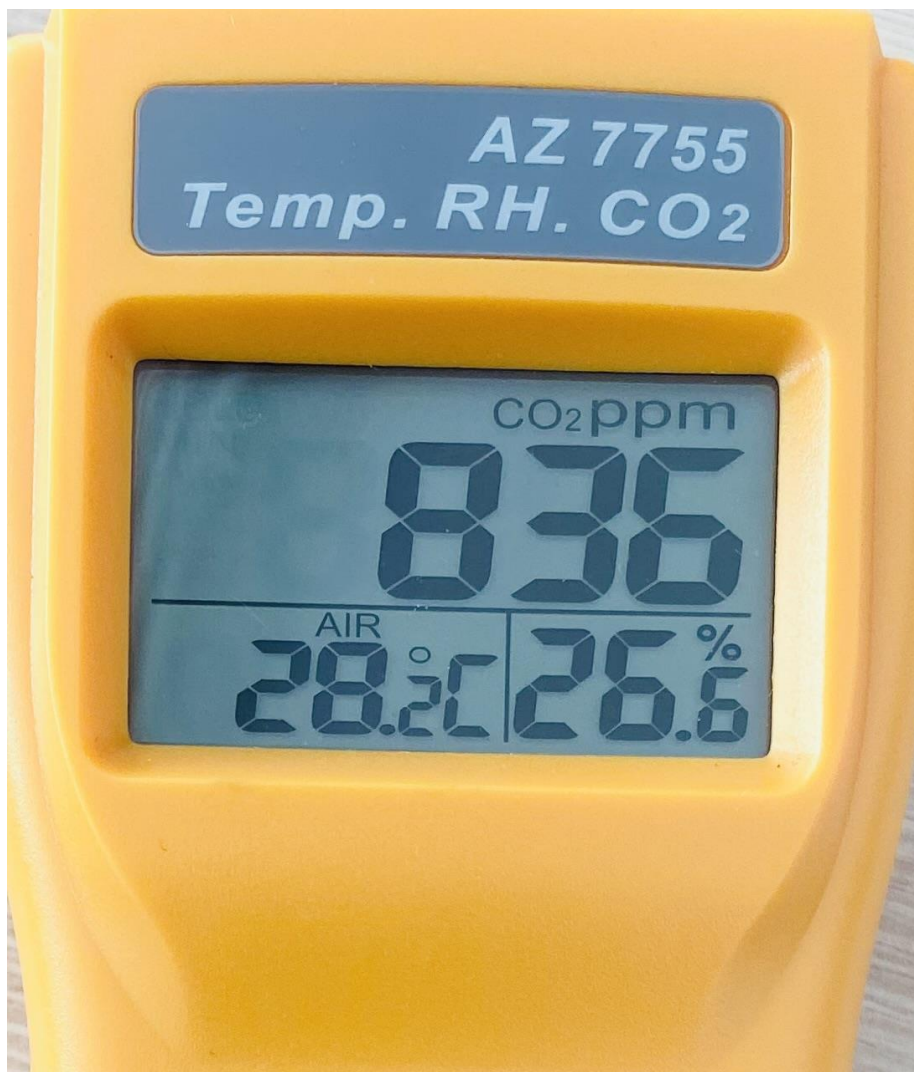


Рис. 2.11. Результати вимірювання концентрації діоксиду вуглецю, температури та вологості повітря за допомогою газоаналізатора AZ-7755

3) Переводимо ppm у мг/м³. Для цього необхідна молекулярна вага діоксиду вуглецю, що дорівнює 44,01 а.о.м.

За формулою (1) отримуємо (для нормальних умов):

$$Y = X_{ppm} * M / 24,05526 = 836 * 44,01 / 24,05526 = 1529,5 \approx 1530 \text{ мг/м}^3,$$

де X_{ppm} – концентрація газу у ppm;

M – молекулярна вага, а.о.м.;

24,05526 – коефіцієнт перерахунку.

Для більш точного перерахунку з урахуванням температури повітря можна скористатися онлайн-калькуляторами, наприклад: <https://mike-klemin.com/posts/konverter-ppm-v-mg-m3/>.

4) Порівнюємо отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією CO₂ (табл. 2.1) та з рекомендованим міжнародними стандартами охорони праці (табл. 2.2).

Отримане значення концентрації **1530 мг/м³** не перевищує гранично допустиму концентрацію CO₂ у повітрі робочої зони, що дорівнює **8000 мг/м³**.

Отримана концентрація діоксиду вуглецю у частках на мільйон **836 ppm** відповідає діапазону значень у 600–1000 ppm, при якому у людини може почати боліти голова, впасти продуктивність праці, їй буде складніше концентрувати увагу і сприймати інформацію (табл. 2.2).

5) **Висновок:** Отримана концентрація діоксиду вуглецю у повітрі, що становить **1530 мг/м³** або **836 ppm**, є безпечною з санітарно-гігієнічної точки зору. Проте необхідно вжити заходи з провітрювання досліджуваного приміщення для покращення самопочуття та працездатності людей.

2.2.2. Контрольне завдання

1. Виконати вимірювання концентрації діоксиду вуглецю за допомогою газоаналізатора AZ-7755.

2. Зафіксувати результати вимірювань (зробити фото або записати від руки).

3. Порівняти отриману концентрацію з гранично допустимою концентрацією (табл. 2.1) та з рекомендованими міжнародними стандартами охорони праці (табл. 2.2).

4. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. Чи є діоксид вуглецю небезпечним для людини?
2. Де у промисловості використовується діоксид вуглецю?
3. До якого класу небезпеки відноситься діоксид вуглецю?
4. Звідки до атмосфери надходить діоксид вуглецю?
5. Яку надважливу екологічну функцію виконує діоксид вуглецю?
6. Яку роль відіграє діоксид вуглецю в формуванні парникового ефекту?
7. Якою є гранично допустима концентрація діоксиду вуглецю у повітрі населених пунктів та робочої зони?
8. Який порядок роботи з газоаналізатором діоксиду вуглецю AZ-7755?

Екологічна функція кисню. Кисень – найпоширеніший на Землі елемент, вміст якого становить 47 % за масою (здебільшого у формі оксидів). У повітрі (тропосфері) концентрація кисню становить **20,93 % за об'ємом** або 23 % за масою. До складу води входить 88,8 м.% кисню.

Він входить до складу більшості гірських порід, ґрунтів, а також клітин усіх рослинних і тваринних організмів. Кисень в цілому становить 30–85 % маси тваринних і рослинних тканин. Він входить до складу білків, нуклеїнових кислот, жирів, вуглеводів тощо.

Біогеохімічні цикли є необхідною умовою існування біосфери, і біогеохімічний цикл кисню є надзвичайно важливою складовою цього процесу. Кисень атмосфери має біогенне походження. Він постійно надходить в атмосферу завдяки фотосинтезу. Кисень під час дихання використовують аеробні організми. Одним з кінцевих продуктів окиснення є вуглекислий газ. У сполучі з карбоном кисень повертається в навколишнє середовище, щоб знову потрапити до фотосинтезуючих організмів. Оскільки вивільнення енергії з органічних і неорганічних сполук супроводжується розщепленням їх у процесі окиснення, то колообіг кисню забезпечує **колообіг усіх біогенних елементів**. Унаслідок колообігу речовин у біосфері відбувається безперервна міграція елементів.

Застосування. Кисень повітря має надзвичайно важливе значення для процесів горіння. Спалюючи різні види палива, люди одержують тепло, яке використовують для задоволення найрізноманітніших потреб, в тому числі для перетворення його в механічну й електричну енергію. За участі кисню повітря згоряє паливо на теплоелектростанціях, пальне у двигунах автомобілів, випалюють металічні руди на заводах кольорової металургії.

Чистий кисень з ацетиленом широко використовують для так званого автогенного зварювання сталевих труб та інших залізних конструкцій і їх різання.

Кисень широко використовується у медицині. Фізіологічна дія кисню різнобічна, але вирішальне його значення в лікувальному ефекті має здатність відшкодувати дефіцит кисню в тканинах організму при *гіпоксії* (недостатнє забезпечення тканин киснем або порушення його засвоєння). Інгаляціями кисню широко користуються при різних захворюваннях: органів дихання (пневмонія, набряк легень тощо), серцево-судинної системи (серцева недостатність, коронарна недостатність, різке падіння артеріального тиску тощо), отруєннях чадним газом, синильною кислотою, задушливими речовинами (хлор, фосген та ін.), а також при інших захворюваннях з порушенням функції дихання і окисних процесів. У анестезіологічній практиці кисень широко застосовується в суміші з інгаляційними наркотичними анальгетиками.

Кисень широко застосовується для інтенсифікації хімічних та

металургійних процесів.

У сільському господарстві кисень використовують у теплицях, для виготовлення кисневих коктейлів для збільшення маси тварин, для збагачення киснем водного середовища в риборівництві тощо.

Вплив на організм людини. Звичайне повітря, як вже згадувалося раніше, містить кисень в концентрації **20,9 %** в об'ємному відношенні.

***Для довідки:** повітря, що видихається, містить меншу кількість O_2 – **15,5–16 %**, проте високу концентрацію вуглекислого газу (**4–4,5 %**). Тобто концентрація кисню в результаті дихання знижується несуттєво, тоді як концентрація вуглекислого газу значно зростає. Існує думка, що залишена в герметично закритій кімнаті людина з часом задихнеться від нестачі кисню. Це не так. Щоб «видихати» кисень у середнього розміру кімнаті хоча б до стану розрядженого повітря в горах, людині знадобиться близько тижня. Однак підвищення вмісту CO_2 у герметичному приміщенні дійсно може загрожувати здоров'ю людини (див. лаб. роботу № 2).

Норма кисню повітря для дихання становить від **17 до 22 %**. Коли вміст кисню опускається нижче **19,5 %**, вважається, що повітря містить недостатню кількість цього газу. Рівні концентрації кисню нижче **16 %** за об'ємом вважаються небезпечними для людини. При концентрації O_2 нижче **10 %** у людини може настати втрата свідомості та набряк легень (табл. 3.1).

Кисень відноситься до **четвертого класу небезпеки** (мало небезпечні речовини).

Таблиця 3.1 – Вплив на організм людини нестачі або надлишку кисню в повітрі

Концентрація кисню, % за об'ємом	Симптоми (при нормальному атмосферному тиску)
100	Смерть через 6 хвилин (абсолютно герметичне середовище, наприклад барокамера)
50	Смерть, повне одужання через 4–5 хвилин терапії (абсолютно герметичне середовище, наприклад барокамера)
>23,5	Високе насичення киснем
20,9	Нормальна концентрація кисню
19,5	Мінімально допустима концентрація кисню
15–19	Знижується ефективність роботи, виникають порушення роботи мозку, легень і кровоносної системи
10–12	Тахіпное, втрата здатності мислити, фіолетові губи
8–10	Втрата здатності мислити, втрата свідомості, бліде обличчя, фіолетові губи, нудота і блювота
6–8	Зупинка дихання і смерть через 8 хвилин
4–6	Судоми, запинка дихання і смерть через 40 секунд

3.1.2. Опис газового детектора Walcom HT-1805

Портативний газовий детектор Walcom HT-1805 використовується з метою виявлення концентрації сірководню (H_2S), кисню (O_2), оксиду вуглецю (CO) і нижньої межі концентрації горючих газів (LEL), при якій з'являється загроза вибуху (рис. 3.2).

Особливості:

- поєднання функцій визначення 4 параметрів;
- своєчасне подання потрібного сигналу тривоги (світло, звук, вібрація);
- вібростійке виконання корпусу приладу;
- можливість встановлення значення спрацювання аварійного сигналу;
- вбудований літійовий акумулятор;
- наявність USB-порту.



Рис. 3.2. Газовий детектор Walcom HT-1805

Основні сфери застосування Walcom HT-1805:

- сільське господарство;
- нафтохімічна промисловість;
- електроенергетика;
- газова промисловість;
- системи пожежогасіння;
- системи очищення стічних вод;
- металургія;
- гірничо-видобувна галузь та ін.



Технічні характеристики газового детектора Walcom HT-1805 наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики газового детектора Walcom HT-1805

Параметр	Значення
Діапазон визначення H ₂ S	від 0 до 100 ppm
Роздільна здатність визначення H ₂ S	1 ppm
Діапазон визначення O ₂	від 0 до 25 %
Роздільна здатність визначення O ₂	0,1 %
Діапазон визначення CO	від 0 до 500 ppm
Роздільна здатність визначення CO	1 ppm
Діапазон визначення LEL горючих газів	від 0 до 100 %
Роздільна здатність визначення LEL горючих газів	1 %
Дисплей	рідкокристалічний 2 дюйми
Елемент живлення	вбудована літієва батарея напругою 3,7 В із функцією перезаряджання
Температура експлуатації	від -10 до 50 °С
Відносна вологість експлуатації	від 15 до 90 % RH (без конденсації)
Габаритні розміри	136 × 68 × 34 мм
Вага	250 г

3.1.3. Виконання вимірювань за допомогою газового детектора Walcom HT-1805

УВІМКНЕННЯ/ВИМИКАННЯ

Натисніть клавішу «», щоб увімкнути пристрій. Натисніть і утримуйте клавішу «», щоб вимкнути живлення.

ПІДСВІЧЕННЯ ЕКРАНА

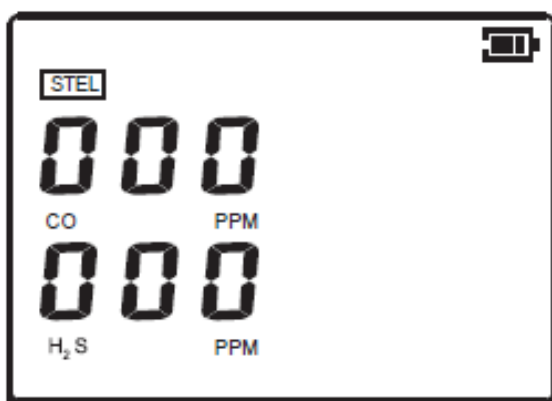
Утримуйте клавішу «ENT», щоб увімкнути/вимкнути підсвічування.

ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Прилад входить в інтерфейс вимірювання після увімкнення. Показання концентрації кисню з'являються **одразу**. Через особливості електрохімічних перетворювачів показники інших трьох газів з'являються **через 1 хвилину**. Якщо концентрація газу відповідає значенню межі спрацьовування сигналізації, прилад видає сигнал у трьох формах: світло, звук і вібрація. Коли значення вимірювання повернеться до нормального діапазону, сигнал тривоги зникає автоматично.

ПЕРЕВІРКА ЗНАЧЕННЯ STEL

В інтерфейсі вимірювання натисніть клавішу «MOV» або клавішу «ENT» для входу в інтерфейс відображення значення **STEL** (short-term exposure limit, 15 хв). У цьому інтерфейсі можна перевірити значення **STEL** отруйних газів CO і H₂S (рис. 3.3). Значення **STEL** можна оновлювати один раз на 15 хвилин; після кожного увімкнення відбувається скидання значення.

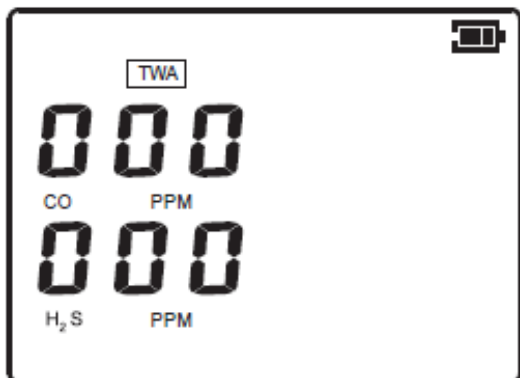


Зміст параметра **STEL**: коли працівники піддаються впливу концентрації газу протягом короткого часу, вони не отримують **незворотного та невиліковного пошкодження тканин** і не постраждають від погіршеної реакції організму.

Рис. 3.3. Режим STEL газового детектора Walcom HT-1805

ПЕРЕВІРКА ЗНАЧЕННЯ TWA

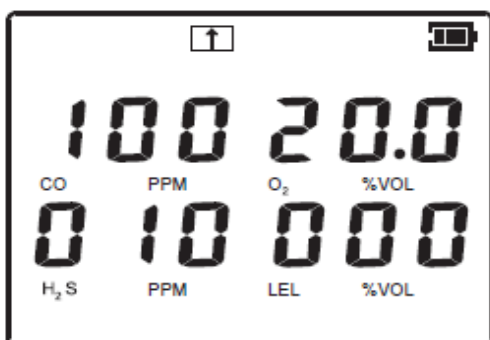
В інтерфейсі вимірювання двічі натисніть клавішу «MOV» для входу в інтерфейс відображення значення TWA (time-weight average, 8 годин). У цьому інтерфейсі можна перевірити значення TWA отруйних газів CO і H₂S (рис. 3.4). Значення TWA можна оновлювати один раз на 8 годин; після кожного ввімкнення відбувається скидання значення.



Зміст параметра TWA: у певних межах отруйний газ не матиме шкідливого впливу на працівників, які піддаються його дії щодня.

Рис. 3.4. Режим TWA газового детектора Walcom NT-1805

МАКСИМАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ



В інтерфейсі вимірювання натисніть клавішу «UP». У цьому інтерфейсі можна перевірити максимальне значення отруйних газів CO, H₂S та LEL, а також найнижче значення O₂ після цього увімкнення (рис. 3.5).

Рис. 3.5. Режим максимального значення детектора Walcom NT-1805

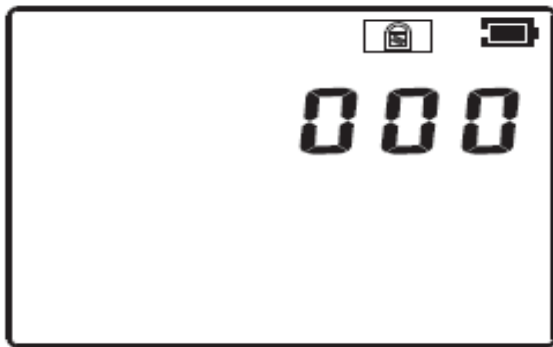
КАЛІБРУВАННЯ

Даний прилад був належним чином відкалібрований перед поставкою.

За необхідності або якщо дозволяють умови, користувачі можуть виконати повторне калібрування самостійно.

В інтерфейсі вимірювання натисніть клавішу «MOV» та клавішу «ENT» – на екрані з'явиться інтерфейс розблокування (рис. 3.6).

Розташуйте прилад у середовищі з нормальним повітрям Після очікування протягом 3 секунд натисніть клавішу «ENT» ще раз.



Натисніть клавішу «UP», щоб змінити 000 на пароль 300, потім натисніть клавішу «ENT», щоб ввести пароль.

На екрані з'являться сигнали Cal і 1.

Рис. 3.6. Розблокування доступу до калібрування Walcom NT-1805

У нижньому лівому куті екрана з'явиться символ OK. На даний момент завершено калібрування кисню в повітрі та калібрування «0» для інших трьох типів газу.

ВСТАНОВЛЕННЯ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ДЛЯ СИГНАЛУ ТРИВОГИ

В інтерфейсі вимірювання натисніть клавішу «MOV» та клавішу «ENT» – на екрані з'явиться інтерфейс розблокування.

Натисніть клавішу «UP», щоб змінити 000 на пароль 300, потім натисніть клавішу «ENT», щоб ввести пароль.

Потім двічі натисніть клавішу «UP», щоб увійти в інтерфейс налаштування високого рівня концентрації для сигналу тривоги. На екрані з'являться сигнали Ala і ↑. Натисніть клавішу «ENT», щоб почати установку верхньої межі спрацьовування сигналу тривоги сигналу для чотирьох видів газу. Натисніть клавішу «MOV», щоб вибрати цифру, яку потрібно змінити. Натисніть клавішу «UP» один раз, щоб збільшити цифру на 1 (+1) (діапазон 0–9).

ЗАПОБІЖНІ ЗАХОДИ

Електронні датчики та мікропроцесори, що використовуються у приладі, належать до точних електронних пристроїв. Детектор слід тримати подалі від води, вогню або місць із сильним електромагнітним випромінюванням для запобігання впливу/пошкодження пристрою.

Не блокуйте пристрій; уникайте взаємодії сильного потоку повітря чи гарячого повітря з датчиками.

Використовуйте суху тканину, щоб протерти корпус приладу під час очищення. Не використовуйте вологу тканину або агресивні миючі засоби.

Не розбирайте та не переробляйте прилад.


3.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.2.1. Приклад виконання завдання на визначення концентрації кисню у повітрі

Завдання:

1. Виконати вимірювання концентрації кисню за допомогою детектора Walcom HT-1805.
2. Зафіксувати показання приладу.
3. Порівняти отриману концентрацію з рівнями впливу на організм людини нестачі або надлишку кисню в повітрі.
4. Зробити висновки.

Хід виконання роботи:

- 1) Вмикаємо детектор, натискаючи один раз кнопку «».
- 2) Фіксуємо значення концентрації кисню (рис. 3.7). Вмикаємо прилад.

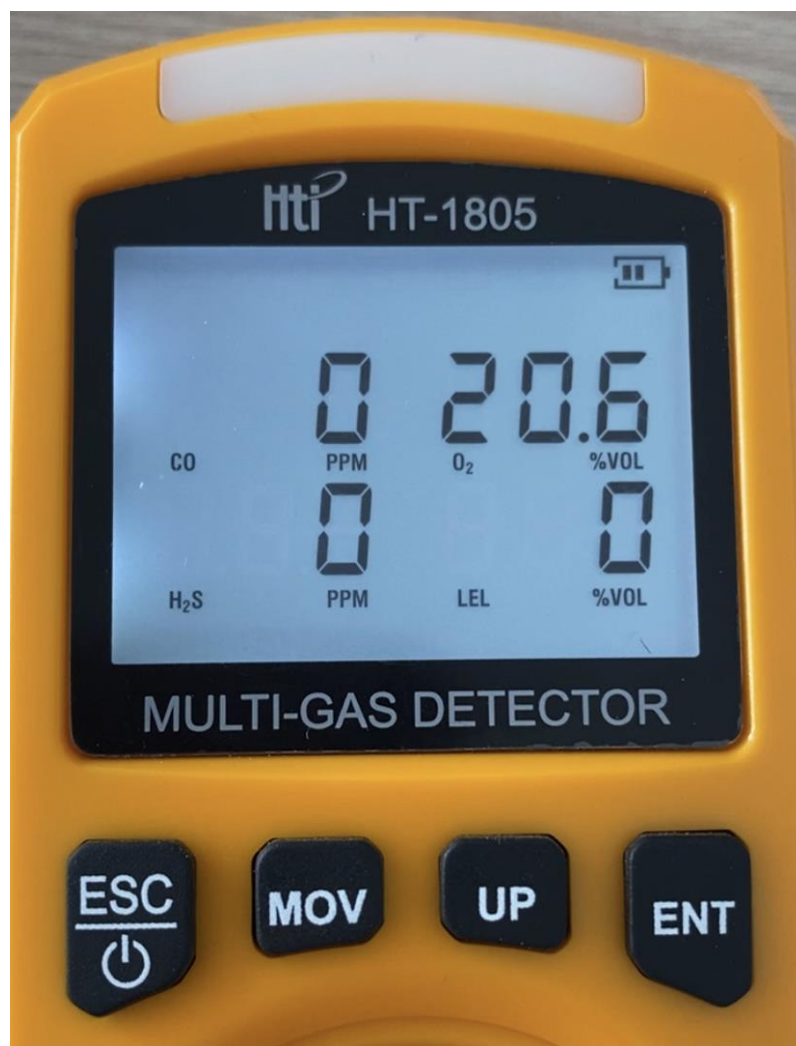


Рис. 3.7. Результати вимірювання концентрації кисню за допомогою детектора Walcom HT-1805

3) Порівнюємо отриману концентрацію з рівнями впливу на організм людини нестачі або надлишку кисню в повітрі (табл. 3.1).

Отримане значення концентрації кисню 20,6 % майже відповідає нормальній концентрації кисню в повітрі, що становить **20,9 %**. Різниця становить 0,3 %, що є незначним відхиленням від норми. Ніякої загрози для самопочуття або для здоров'я людини немає.

4) **Висновок:** Отримана концентрація кисню у повітрі, що становить **20,6 %** є безпечною для людини.

3.2.2. Контрольне завдання

1. Виконати вимірювання концентрації кисню за допомогою детектора Walcom HT-1805.

2. Зафіксувати показання приладу (зробити фото або записати від руки).

3. Порівняти отриману концентрацію з рівнями впливу на організм людини нестачі або надлишку кисню в повітрі (табл. 3.1).

4. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. Який хімічний елемент є найпоширенішим на Землі?

2. Яку роль відіграє кисень у біогеохімічних циклах?

3. Де у промисловості, сільському господарстві та медицині використовується кисень?

4. Яким є нормальний вміст кисню у повітрі?

5. Починаючи з якої концентрації у повітрі спостерігається нестача кисню для людини?

6. До якого класу небезпеки відноситься кисень?

7. При якій концентрації кисню у повітрі можлива смерть людини?

8. Який порядок роботи з газовим детектором Walcom HT-1805?

9. Якими є заходи безпеки при роботі з газовим детектором Walcom HT-1805?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ

Мета роботи: набуття студентами практичних навичок з вимірювання швидкості вітру.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням наступних завдань:

– ознайомлення з загальними положеннями щодо екологічної ролі вітру та його потенційної небезпеки для технічних систем;

– ознайомлення з будовою та порядком роботи термоанемометра Venetech GM8903;

– самостійне вимірювання швидкості вітру за допомогою термоанемометра Venetech GM8903;

– оцінка можливого впливу вітру на об'єкти за результатами виконаних вимірювань.

В результаті виконання даної лабораторної роботи буде сформований наступний **результат навчання:** здійснювати лабораторні вимірювання (випробування) щодо оцінки якості довкілля.

4.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

4.1.1. Вітер як екологічний чинник

Вітер – рух повітря щодо земної поверхні, викликаний нерівномірним розподілом атмосферного тиску та спрямований від високого тиску до низького. Вітер характеризується швидкістю й напрямком.

Швидкість вітру виражається в м/с, км/год, у вузлах, в милях/год, футах/хв або приблизно в балах за шкалою Бофорта (табл. 4.1).

Шкала Бофорта – умовна шкала для візуальної оцінки сили (швидкості) вітру в балах за його дією на наземні предмети або за хвилюванням на морі.

Сер Френсіс Бофорт (ірландський гідрограф, картограф та адмірал) розробив свою дванадцяти бальну шкалу у 1805 р., але довгі роки цією шкалою ніхто окрім нього не користувався.

Шквал – різке, короткочасне посилення вітру, що супроводжується змінами його напрямку. Швидкість вітру при шквалах нерідко перевищує 20–30 м/с, тривалість кілька хвилин, іноді з повторними поривами. Шквали виникають при наближенні грозових хмар, а також хмар перед холодними атмосферними фронтами й часто супроводжуються зливами, градами, грозами. Сильні шквали викликають значні руйнування.

Екологічна роль вітру. У життєдіяльності рослин вітер є важливим екологічним чинником. Під його впливом підвищується інтенсивність

випаровування вологи з рослин і ґрунту, відбувається запилення рослин, змінюються їх анатомо-морфологічні ознаки.

Таблиця 4.1 – Шкала Бофорта

Сила вітру в балах по Бофарту	Назва	Ознаки для оцінки	Швидкість вітру в м/с	Швидкість вітру в км/год
0	штиль	Листя на деревах не коливаються, дим сигарети піднімається вертикально, вогонь від сірника не відхиляється	0	0
1	тихий	Дим сигарети трохи відхиляється, але вітер не відчувається людиною	1	3,6
2	легкий	Вітер відчувається людиною, листя на деревах колишиться (шелестить)	2–3	5–12
3	слабкий	Вітер качає дрібні гілки й коливає прапор	4–5	13–19
4	помірний	Гойдаються гілки середньої величини, піднімається пил	6–8	20–30
5	свіжий	Гойдаються тонкі стовбури дерев і товсті вітки, утворюються брижі на воді	9–10	31–37
6	сильний	Гойдаються товсті стовбури дерев, вітер «гуде» у проводах	11–13	38–48
7	міцний	Гойдаються великі дерева, проти вітру важко йти	14–17	49–63
8	дуже міцний	Вітер ламає товсті стовбури	18–20	64–73
9	шторм	Вітер зносить легкі будівлі, валить забори	21–26	74–94
10	сильний шторм	Дерева вириваються з коренем, зносяться більш міцні будівлі	27–31	95–112
11	жорстокий шторм	Вітер робить значні руйнування, валить стовпи, перекидає вагони і т. д.	32–36	115–130
12	ураган	Ураган руйнує будинки, перекидає кам'яні стіни	Більше 36	Більше 130

На рослини вітер діє як прямо, так і опосередковано. В першому випадку виявляється його механічна дія. Сильні вітри спричинюють розхитування дерев, унаслідок чого погіршується надходження води і мінеральних

поживних речовин, а також відтік органічних сполук. Виникає розрив між потребою рослин у воді, що інтенсивно випаровується, і спроможністю кореневої системи забезпечити їх вологою.

Під дією сильних вітрів деформуються крони дерев, обламуються гілки, квітки, опадають плоди та насіння, а при ураганах виникає бурелом і вітровал.

Пряма дія вітру помітно позначається на анатомо-морфологічних ознаках рослин і закономірностях їх розподілу. На відкритій поверхні з одnobічним потоком повітряних мас деревні рослини набувають прапороподібної форми, вони низькорослі, ростові процеси в них уповільнюються, галузження пагонів проходить безладно.

У пустелях і горах під впливом вітру чагарникові і напівчагарникові рослини багаторазово галузяться, утворюють велику кількість тісно зближених пагонів, набуваючи обтічної напівсферичної подушковидної форми. В середині цієї подушки створюється свій мікроклімат, рослини менше випаровують вологи.

Пряма дія вітру виявляється також у перенесенні пилку і спор, плодів та насіння, для чого зачатки рослин мають численні пристосування.

Одна з форм опосередкованої екологічної дії вітру на рослинний організм відбувається завдяки поглинаючій силі листків і транспірації (випаровування води рослиною). Основний орган транспірації і газообміну – листок. Завдяки транспірації вода і розчинені в ній мінеральні солі перетікають від коріння до листків. Однак з підвищенням швидкості вітру транспірація посилюється, а отже посилюється випаровування води з рослини. Завдяки формуванню потужного кутикулярного шару, здатності скидати або видозмінювати листки в колючки, рослини можуть запасати й економно витратити вологу протягом дії вітру.

Вітер сприяє асиміляції CO₂, посиленню процесу фотосинтезу рослин, оскільки під дією вітру зростає приплив повітря, збагаченого вуглекислим газом.

Однак вітер є причиною й негативних явищ, зокрема ерозії слабозакріплених ґрунтів, унаслідок якої руйнується ґрунт, з нього видуються дрібні мінеральні частки, посилюється ґрунтова сухість, внаслідок чого рослини пригнічуються або гинуть. Крім того, видування дрібнозему спричиняє пилові бурі, котрі негативно позначаються на фотосинтезі через те, що листки покриваються шаром пилу.

Проте рослини здатні протидіяти вітру: зустрічаючи на своєму шляху чагарникові зарості або лісові насадження, вітер змінює напрямок, послаблює свою силу. Негативний вплив вітру тим менший, чим щільніше стовбурне насичення фітоценозу, густіші крони дерев, краще розвинений підлісок. Зважаючи на це, людина створює захисні лісосмуги, що сприяє

боротьбі з пиловими бурями і суховіями, покращує умови для розвитку сільськогосподарських культур.

Вплив вітру та технічні системи. Вітер при більших швидкостях діє як силовий (навантажувальний) фактор, створюючи додаткові напруги.

Динамічні навантаження викликають найбільші напруги, коли частота пульсації вітру збігається із частотою власних коливань елементів. Можливі наслідки:

1) *Збільшення парусності конструкцій.* Під час поперечного вітру це може призвести до значних, а іноді до катастрофічних навантажень.

2) *«Танець проводів».* Виникає іноді в районах, схильних до ожеледі, під час сильного і поривчастого вітру. Являє собою коливання проводу з великою амплітудою (до 8–12 м) і незначною частотою. Довжина хвилі при «танці» досягає декількох сотень метрів. Особливо сильно схильні до «танцю» дроти, покриті нерівномірним шаром ожеледиці, так як підйомна сила, створювана поривами вітру, в цьому випадку збільшується. Удари, що виникають при «танці проводів», руйнують арматуру і можуть розірвати «гірлянди» ізоляторів або призвести до поломки опори ЛЕП.



Руйнування від вітру



«Пляска проводів»

<https://www.youtube.com/watch?v=ZMoXBSmNXYU> <https://www.youtube.com/watch?v=wdcTJvV0gQA>

3) *Механічні руйнування жорстких витягнутих конструкцій.* Відомо, що у твердих витягнутих конструкцій, як і у звичайної струни, є власні частоти коливань. Архітектори знають, що явище резонансу (тобто збігу власної частоти із частотою зовнішнього впливу) може призвести до катастрофічних наслідків.

Так, наприклад, у 1940 р. у США зруйнувався міст через протоку Такома-Нерроуз у місті Такома, який щойно побудували. Аварія моста залишила значний слід в історії науки і техніки. Руйнування мосту сприяло дослідженням в області аеродинаміки та аеропружності конструкцій і зміні підходів до проектування всіх великопрольотних мостів у світі, починаючи з 1940-х років.

У багатьох підручниках причиною аварії називається явище вимушеного механічного резонансу, коли зовнішня частота вітрового потоку збігається з внутрішньою частотою коливань конструкцій мосту.



Справжньою причиною аварії, як було встановлено пізніше, став аеропружний флаттер (динамічні крутильні коливання) через недооблік вітрових навантажень при проектуванні споруди. Тим не менш, цей випадок сприяв поглибленому вивченню впливу вітру на функціонування технічних систем.

Tacoma Narrows Bridge Collapse

https://www.youtube.com/watch?v=IXyG68_caV4

Прилади, що вимірюють швидкість вітру, називаються *анемометрами*. Анемометри бувають різних форм і розмірів. Деякі з них є портативними або ручними моделями, а інші виступають як частина метеорологічних станцій, які встановлюються та підключаються до стаціонарних конструкцій. Анемометри використовуються:

- для метеорологічних досліджень;
- при проведенні будівельних висотних робіт;
- для безпечної експлуатації деяких будівель або конструкцій, встановлених в зонах з ризиком потрапляння їх під сильні пориви вітру;
- в навігаційних цілях для безпеки експлуатації транспортних засобів різного типу;
- для нормальної роботи вентиляційних і димохідних систем;
- в промисловості і газовому господарстві;
- в особистих цілях і навіть в спорті.

4.1.2. Опис термоанемометра Venetech GM8903

Venetech GM8903 – термоанемометр, оснащений високочутливим датчиком «нагріта струна» (рис. 4.1). Прилад оснований на реєстрації впливу повітряного потоку на температуру нагрітої тонкої вольфрамової або платинової пластинки товщиною кілька мікрометрів.

Прилад призначений для вимірювання швидкості повітряного потоку, температури та об'ємної витрати повітря (до 999900 м³/хв). Основними

перевагами технології «нагрітої струни» є **більш висока точність** вимірювань швидкості потоку повітря, порівняно з крильчастими та чашковими анемометрами. Чутливість GM8903 дозволяє вимірювати швидкість повітряного потоку від 0,001 м/с.



Рис. 4.1. Термоанемометр Venetech GM8903

Функціональність термоанемометра Venetech GM8903 дозволяє виконувати усереднення результатів вимірювання швидкості та об'ємної витрати повітря, а також передавати результати вимірювання на ПК за допомогою високошвидкісного USB-інтерфейсу.

Термоанемометр оснащений великим РК-дисплеєм з яскравим підсвічуванням, що забезпечує відображення значень температури, швидкості та витрати повітря, режимів та одиниць вимірювань. Живлення анемометра здійснюється від 4-х елементів живлення 1,5 В поширеного типорозміру «AAA».

Особливості:

- термоанемометр для вимірювання низьких швидкостей повітряного потоку;
- виносний щуп;
- тонкий зонд ідеально підходить для вузьких вентиляційних каналів;
- роздільна здатність: 0,001 м/с;

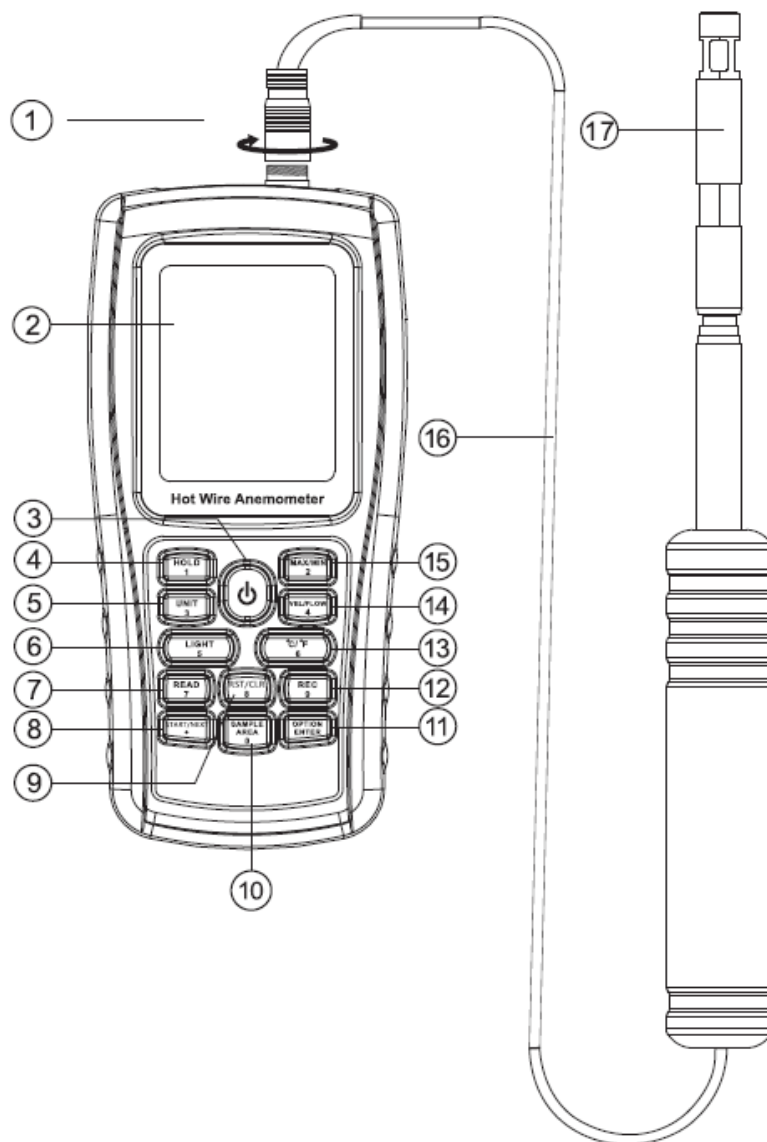
- можливість вибору одиниць вимірювання швидкості та температури повітряного потоку, а також об'ємної витрати повітря;
- утримання поточних значень, індикація максимальних, мінімальних та усереднених значень;
- функція зберігання та видалення даних;
- пам'ять на 350 значень;
- великий РК-дисплей з яскравим підсвічуванням;
- індикація перевищення діапазону вимірювань;
- автоматичне вимкнення живлення;
- інтерфейс підключення до ПК, USB;
- індикація низького заряду батареї.

Технічні характеристики термоанемометра Venetech GM8903 наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики термоанемометра Venetech GM8903

Параметри	Значення
Діапазон вимірювання швидкості вітру	від 0 до 30 м/с
Діапазон вимірювання температури повітря	від 0 °С до 45 °С
Діапазон розрахунку об'ємної витрати повітря	від 0 до 999900 м ³ /хв
Одиниці виміру	м/с, км/год, миль/год, фут/хв, °С, °F, м ³ /хв, СММ, СFT
Роздільна здатність за швидкістю повітря	0,001 м/с; похибка: 3%+0,1 м/с
Роздільна здатність за температурою повітря	0,1 °С
Похибка вимірювання температури	± 2 °С
Інтерфейс підключення до ПК	USB
Умови експлуатації приладу	0–50 °С; <80 % RH
Умови експлуатації датчика	0–60 °С; <80 % RH
Умови зберігання	–40–60 °С; <80 % RH
Живлення	AAA 1,5 В x 4 шт.
Габарити	68 x 46 x 30 мм

На рис. 4.2 наведений опис термоанемометра Venetech GM8903.

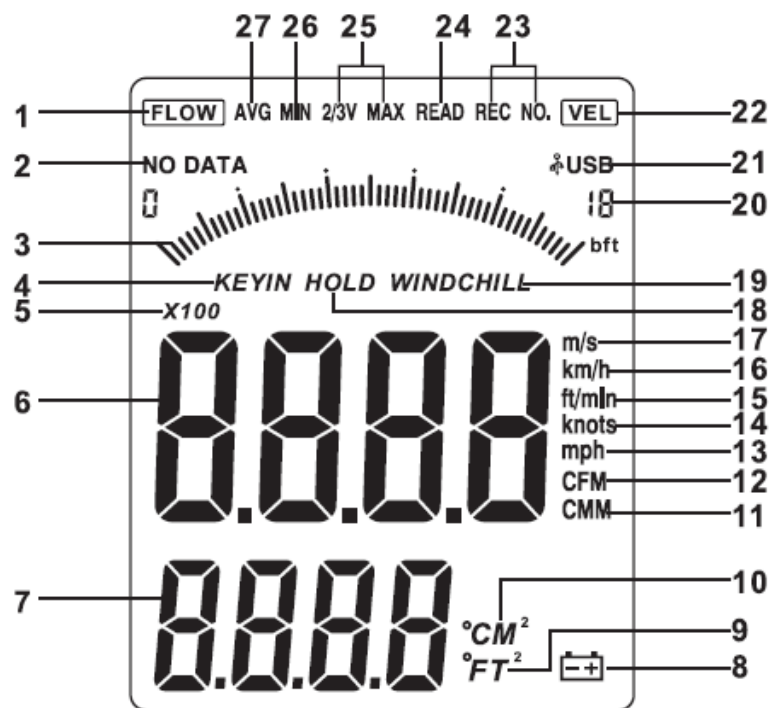


1. Гніздо для підключення виносного телескопічного щупа.
2. РК-дисплей.
3. Кнопка увімкнення/вимкнення приладу.
4. Кнопка **HOLD** – утримання показань на дисплеї.
5. Кнопка **UNIT** – вибір одиниць вимірювання.
6. Кнопка **LIGHT** – увімкнення/вимкнення підсвічування.
7. Кнопка **READ** – читання записаних значень.
8. Кнопка **START/NEXT** – вимірювання середньої об'ємної витрати повітря.
9. Кнопка **RST/CLR** – вихід із режиму читання та очищення пам'яті.

10. Кнопка **SAMPLE/AREA** – введення площі потоку та часу вимірювань.
11. Кнопка **OPTION/ENTER** – вимірювання $\frac{2}{3}$ максимального значення об'ємної витрати повітря та введення значення.
12. Кнопка **REC** – запис вимірювань.
13. Кнопка **C°/F°** – перемикання між одиницями вимірювання температури.
14. Кнопка **VEL/FLOW** – перемикання між режимами вимірювання.
15. Кнопка **MAX/MIN** – відображення макс./мін. значень.
16. З'єднувальний провід.
17. Виносний щуп.

Рис. 4.2. Опис термоанемометра Venetech GM8903

На рис. 4.3 наведений опис дисплея термоанемометра Venetech GM8903.





1. **FLOW** – індикатор відображення об'ємної витрати повітря.
2. **No data** – індикатор відсутності записаних даних.
3. Динамічна шкала відображення швидкості повітряного потоку або об'ємної витрати повітря.
4. **KEYIN** – індикатор введення даних за площею перерізу повітряного потоку.
5. **X100** – індикатор множення значення показань індикатора 6.
6. Цифровий індикатор – відображення значень вимірюваної величини.
7. Цифровий індикатор – відображення площі повітряного потоку/температури повітря.
8. $\text{⊖}+$ – індикатор розряду батареї.
9. $^{\circ}\text{FT}^2$ – одиниці вимірювання площі повітряного потоку та температури (квадратні фути/ $^{\circ}\text{F}$).
10. $^{\circ}\text{CM}^2$ – одиниці вимірювання площі повітряного потоку та температури (квадратні метри/ $^{\circ}\text{C}$).
11. **CMM** – одиниці вимірювання об'ємної витрати повітря ($\text{м}^3/\text{хв}$).
12. **CFM** – одиниці вимірювання об'ємної витрати повітря ($\text{фут}^3/\text{хв}$).
13. **mph** – одиниці вимірювання швидкості повітряного потоку (миль/год).
14. **knots** – одиниці вимірювання швидкості повітряного потоку (морських миль/годину).
15. **ft/min** – одиниці виміру швидкості повітряного потоку (футів/хв).
16. **km/h** – одиниці вимірювання швидкості повітряного потоку (км/год).
17. **m/s** – одиниці виміру швидкості повітряного потоку (м/с).
18. **HOLD** – індикатор утримання показань.
19. **Windchill** – індикатор морозу.
20. Індикатор періоду вимірювань.
21. **USB** – індикатор підключення приладу до ПК USB.
22. **VEL** – індикатор відображення швидкості повітряного потоку.
23. **REC** – індикатор активності режиму реєстрації показань.
24. **READ** – індикатор активності режиму читання записаних показань.
25. **2/3V MAX** – індикатор режиму розрахунку $\frac{2}{3}$ від максимального значення.
26. **MIN** – індикатор відображення мінімальних значень.
27. **AVG** – індикатор відображення середнього значення.

Рис. 4.3. Опис дисплея термоанемометра Venetech GM8903

4.1.3. Виконання вимірювань за допомогою термоанемометра Venetech GM8903

УВІМКНЕННЯ/ВИМИКАННЯ

Підключіть виносний щуп 17 до гнізда 1 (див. елементи приладу, рис. 4.3). Увімкніть прилад одноразовим натисканням кнопки «». Протягом 1 секунди на дисплеї будуть відображатися всі символи, потім прилад увійде в режим вимірювання швидкості повітряного потоку та температури. Після закінчення вимірювань вимкніть прилад одноразовим натисканням на кнопку «».

ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ

Натисканням кнопки «C°/F°» виберіть одиниці вимірювання температури: при кожному натисканні загоряється або індикатор °C або індикатор °F (за замовчуванням вибрано одиниці вимірювання °C).

Натисканням кнопки «UNIT» виберіть одиниці вимірювання швидкості повітряного потоку: m/s, km/h, ft/min, knots, MPH (за замовчуванням вибрано одиниці вимірювання m/s).

Помістіть виносний датчик у досліджуваний повітряний потік, розташувавши датчик так, щоб напрям повітряного потоку збігався з напрямком стрілки.

На верхньому індикаторі відобразиться значення швидкості повітряного потоку, на нижньому – температури повітряного потоку.

ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ

Щоб перейти в режим вимірювання об'ємної витрати повітря, використовуйте кнопку «VEL/FLOW».

Натисканням кнопки «UNIT» виберіть одиниці вимірювання об'ємної витрати та площі повітряного потоку: CMM або CFM і M² або FT² відповідно (за замовчуванням вибрано CMM та M²).

Щоб встановити площу потоку, натисніть кнопку «AREA». Цифри у верхньому екрані зникнуть. Задайте площу потоку за допомогою кнопок із цифрами. Щоб підтвердити, натисніть кнопку «ENTER».

Помилка під час введення площі потоку призведе до помилки вимірювання.

Якщо об'ємна витрата повітря перевищить 9999, на екрані з'явиться значок ×10 або ×100, що означає множення показань на 10 або 100.

Помістіть виносний датчик у досліджуваний повітряний потік, розташувавши датчик так, щоб напрям повітряного потоку збігався з напрямком стрілки.

На верхньому індикаторі відобразиться значення об'ємної витрати повітря.

ВИМІРЮВАННЯ $\frac{2}{3}$ МАКСИМАЛЬНОЇ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ

Щоб перейти в режим вимірювання об'ємної витрати повітря, використовуйте кнопку «**VEL/FLOW**».

Натисканням кнопки «**UNIT**» виберіть одиниці вимірювання об'ємної витрати та площі повітряного потоку: CMM або CFM і M² або FT² відповідно (за замовчуванням вибрано CMM та M²).

Щоб встановити площу потоку, натисніть кнопку «**AREA**». Цифри у верхньому екрані зникнуть. Задайте площу потоку за допомогою кнопок із цифрами. Щоб підтвердити, натисніть кнопку «**ENTER**».

Щоб перейти в режим вимірювання $\frac{2}{3}$ максимальної об'ємної витрати повітря, натисніть кнопку «**OPTION**» і виберіть варіант $\frac{2}{3}V_{max}$.

Помістіть виносний датчик у досліджуваний повітряний потік, розташувавши датчик так, щоб напрям повітряного потоку збігався з напрямком стрілки.

На верхньому індикаторі відобразиться значення $\frac{2}{3}$ максимальної об'ємної витрати повітря, обчисленої за формулою: Витрата = $\frac{2}{3} \times$ Макс. швидкість повітряного потоку (м/с) \times Площа (м²).

Щоб вийти з режиму вимірювання $\frac{2}{3}$ максимальної об'ємної витрати повітря, знову натисніть кнопку «**OPTION**».

ВИМІРЮВАННЯ СЕРЕДНЬОГО ЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ

Щоб перейти в режим вимірювання об'ємної витрати повітря, використовуйте кнопку «**VEL/FLOW**».

Натисканням кнопки «**UNIT**» виберіть одиниці вимірювання об'ємної витрати та площі повітряного потоку: CMM або CFM і M² або FT² відповідно (за замовчуванням вибрано CMM та M²).

Щоб встановити площу потоку, натисніть кнопку «**AREA**». Цифри у верхньому екрані зникнуть. Задайте площу потоку за допомогою кнопок із цифрами. Щоб підтвердити, натисніть кнопку «**ENTER**».

Щоб перейти до режиму вимірювання $\frac{2}{3}$ максимального обсягу повітря, натисніть кнопку «**OPTION**» і виберіть AVG.

Помістіть виносний датчик у досліджуваний повітряний потік, розташувавши датчик так, щоб напрям повітряного потоку **збігався з напрямком стрілки.**

Натисканням кнопки «**NEXT**» проводьте послідовні вимірювання середнього значення об'ємної витрати повітря. При цьому у верхній правій частині дисплея відобразатиметься порядковий номер вимірювання від 1 до 12.

Вимірне значення середньої витрати відображається лише при натисканні на кнопку «**NEXT**». Середнє значення розраховується за формулою: $\text{Витрата} = 1/N \times \sum(\text{Швидкість повітряного потоку (м/с)}) \times \text{Площа (м}^2\text{)}$.

Щоб вийти з режиму вимірювання середньої об'ємної витрати повітря, знову натисніть кнопку «**OPTION**».

ВИМІРЮВАННЯ МАКСИМАЛЬНИХ/МІНІМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ

Натисніть кнопку «**MAX/MIN**» для відображення максимального значення швидкості потоку або об'ємної витрати повітря.

Щоб відобразити мінімальне значення швидкості потоку або об'ємної витрати повітря, натисніть кнопку «**MAX/MIN**» ще раз.

Для виходу з даного режиму натисніть кнопку «**MAX/MIN**» ще раз.

ФІКСАЦІЯ ПОКАЗАНЬ НА ДИСПЛЕЇ

Натисніть кнопку «**HOLD**», щоб утримати показання на дисплеї. Щоб повернутися до звичайного режиму вимірювання, натисніть кнопку «**HOLD**» ще раз.

ЗАПИС/ЧИТАННЯ/ВИДАЛЕННЯ ДАНИХ

Для ручного запису даних у режимі вимірювання швидкості потоку натисніть кнопку «**SAMPLE**» і встановіть дискретність вимірювань «0». Натисніть кнопку «**ENTER**». Тепер при натисканні кнопки «**REC**» поточне значення вимірювання буде записано у пам'ять приладу.

Для автоматичного запису даних у режимі вимірювання швидкості потоку натисніть кнопку «**SAMPLE**» та встановіть дискретність вимірювань від 1 до 99 секунд. Натисніть кнопку «**ENTER**». Щоб розпочати записування даних, натисніть кнопку «**REC**». На дисплеї з'явиться індикатор «**REC**». Покази будуть записуватись із встановленою дискретністю. Для виходу з режиму запису показань натисніть кнопку «**REC**» ще раз.

Натисніть кнопку «**READ**», щоб прочитати записані в пам'ять дані. На дисплеї будуть послідовно відображатися номер запису та записані дані. Щоб вийти з режиму читання, натисніть кнопку «**RST**».

Щоб прочитати конкретний запис з пам'яті в режимі читання, натисніть кнопку «**SAMPLE**», введіть номер потрібного запису і натисніть кнопку «**ENTER**». На дисплеї з'являться потрібні дані. Щоб вийти з режиму читання, натисніть кнопку «**RST**».

Щоб видалити всі збережені дані, натисніть і утримуйте кнопку «**CLR**» протягом 5 секунд. На дисплеї з'явиться індикатор «**CLR**», всі дані будуть видалені.

ПІДСВІЧЕННЯ ЕКРАНА

Щоб увімкнути/вимкнути підсвічування, одноразово натисніть кнопку «**LIGHT**». Підсвічування дисплея автоматично вимкнеться через 7 секунд.

4.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.2.1. Приклад виконання завдання на визначення швидкості вітру

Завдання:

1. Виконати вимірювання швидкості вітру за допомогою термоанемометра Venetech GM8903.
2. Зафіксувати показання приладу.
3. Порівняти отриману швидкість зі шкалою Бофорта.
4. Зробити висновки.

Хід виконання роботи:

1) Підключаємо виносний щуп 17 до гнізда 1. Вмикаємо прилад одноразовим натисканням кнопки «**⏻**». Чекаємо 1 секунду.

2) Натисканням кнопки «**UNIT**» обирати одиницю вимірювання швидкості повітряного потоку у м/с (m/s).

3) Розміщуємо виносний датчик у досліджуваній повітряний потік таким чином, щоб напрям повітряного потоку **збігався з напрямком стрілки**.

4) Фіксуємо значення швидкості вітру та температури повітря (рис. 4.4): робимо фото або записуємо від руки. Вмикаємо прилад.

5) Отримане значення швидкості вітру у 4,596 м/с або 16,545 км/год відповідає 3 балам за шкалою Бофорта.

6) **Висновок:** швидкість вітру становить **4,596 м/с** або **16,545 км/год**; це **слабкий вітер** за шкалою Бофорта, який може качати дрібні гілки й коливати прапор, він є безпечним.



Рис. 4.4. Результати вимірювання швидкості вітру та температури повітря за допомогою термоанемометра Venetech GM8903

4.2.2. Контрольне завдання

1. Виконати вимірювання швидкості вітру за допомогою термоанемометра Venetech GM8903.
2. Зафіксувати показання приладу (зробити фото або записати від руки).
3. Порівняти отриману швидкість зі шкалою Бофорта.
4. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. У яких одиницях вимірюється швидкість вітру?
2. Які ознаки використані для створення шкали Бофорта?
3. Яку роль відіграє вітер у живій природі?
4. Як вітер впливає на технічні системи?
5. Для чого використовують анемометри?
6. Чим відрізняється термоанемометр Venetech GM8903 від інших видів анемометрів?
7. Який порядок роботи з термоанемометром Venetech GM8903?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Газоаналізатор чадного газу Tenmars TM-801. URL: <https://simvolt.ua/gazoanalzator-chadnogo-gazu-tenmars-tm-801.html/> Загол. з екрана.
2. Вимірювач концентрації формальдегіду в повітрі Tenmars TM-802. URL: <https://simvolt.ua/vimryuvach-koncentrac-formaldegdu-v-povtr-tenmars-tm-802-ua.html/> Загол. з екрана.
3. Вікіпедія – вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Головна_сторінка Загол. з екрана.
4. Газоаналізатори та одиниця вимірювання «ppm». URL: https://doza.net.ua/pages/ua_ref_gaz.htm. Загол. з екрана.
5. Контроль якості повітря з газоаналізаторами МІС. Формальдегід. URL: <https://simvolt.ua/kontrol-yakosti-povitrya-z-gazoanalizatorami-mic.-formaldegid/> Загол. з екрана.
6. Аналіз повітря на формальдегід: основні показники, розшифровка. URL: <https://himanaliz.ua/uk/analiz-povitrya-na-formaldegid/> Загол. з екрана.
7. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>. Загол. з екрана.
8. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 1596 від 14.07.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text>. Загол. з екрана.
9. Конвертер ppm в мг/м³. URL: <https://mike-klemin.com/posts/konverter-ppm-v-mg-m3/> Загол. з екрана.
10. Вуглекислий газ – види, де міститься і звідки з'являється. URL: <https://nrv.org.ua/vuglekyslyj-gaz-vydy-de-mistytsya-i-zvidky-zyavlyayetsya/> Загол. з екрана.
11. Вуглекислий газ. Все, що потрібно знати прогресивному жителю міського середовища. URL: <https://it-climate.com.ua/ua/articles/ventiliatsiia-it/uglekislyi-gaz-vse-cho-nuzhno-znat-progressivnomu-zhiteliu-gorodskoi-sredy> Загол. з екрана.
12. Портативний аналізатор CO₂ AZ-7755. URL: <https://simvolt.ua/portativniy-analzator-co2-az-7755.html/> Загол. з екрана.
13. Біогеохімічні цикли як необхідна умова існування біосфери. URL:

<https://uahistory.co/pidruchniki/anderson-biology-and-ecology-11-class-2019-standard-level/43.php> Загол. з екрана.

14. Газовий детектор 4 в 1 Walcom HT-1805 (H₂S, O₂, CO, LEL). URL: <https://simvolt.ua/gazovy-detektor-4-v-1-walcom-ht-1805-ua.html/> Загол. з екрана.

15. Григора І.М., Соломаха В.А. Основи фітоценології – Київ: Фітосоціоцентр, 2000. – 240 с.

16. Такомський міст. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Такомський_міст Загол. з екрана.

17. GM8903 термоанемометр. URL: <https://gtest.com.ua/izmeritelnye-pribory/anemometr/Benotech-GM8903.html> Загол. з екрана.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1	
ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ТА ФОРМАЛЬДЕГІДУ У ПОВІТРІ.....	4
1.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	4
1.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	19
<i>Питання для самоконтролю</i>	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2	
ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ У ПОВІТРІ ...	24
2.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	24
2.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	37
<i>Питання для самоконтролю</i>	39
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3	
ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КИСНЮ У ПОВІТРІ	40
3.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	40
3.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	48
<i>Питання для самоконтролю</i>	49
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4	
ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ	50
4.1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	50
4.2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	62
<i>Питання для самоконтролю</i>	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65

**БОРИСОВСЬКА Олена Олександрівна
КОШКА Дмитро Олександрович**

**МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБИТИ**

для студентів
освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту
навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Друкується в редакційній обробці авторів

Підписано до друку 20.08.2022 р. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,8.
Обл.-вид. арк. 2,8. Тираж 30 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.