



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

О. М. Гриб, А. В. Чугай

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНКА
ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Спеціальності 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю»

561975-ЕРР-1-2015-1-FI-ЕРРКА2-СВНЕ-JP

Одеса – 2019

Автоматизований моніторинг та оцінка якості атмосферного повітря. Методичні вказівки для підготовки студентів за спеціальностями 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю» / к. геогр. н., доц. Гриб О. М., к. геогр. н., доц. Чугай А. В. / Одеса: ОДЕКУ, 2019. 58 с.

Методичні вказівки «Автоматизований моніторинг та оцінка якості атмосферного повітря» призначені для самостійного вивчення основних положень щодо моніторингу та оцінки якості атмосферного повітря в Україні та інших країнах, зокрема, ЄС. Крім того, методичні вказівки дають можливість отримати знання про технічні характеристики та правила роботи найсучаснішого приладу AQT420 фірми Vaisala Oyj, призначеного для моніторингу атмосферного повітря. Використання приладу AQT420 дозволило щохвилинно вимірювати концентрації шістьох основних забруднюючих речовин – NO₂, SO₂, CO, O₃, PM₁₀ та PM_{2.5}, а також температури і вологості повітря та атмосферного тиску. Інформація про величини цих показників у вільному доступі в режимі реального часу можна знайти на офіційному сайті ОДЕКУ, сторінці Науково-експертного центру моніторингу навколишнього середовища ОДЕКУ у мережі Facebook, а також на Google Диск.

Ці методичні вказівки призначені для підготовки студентів ОДЕКУ за спеціальностями 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю» під час лабораторних і практичних робіт та на навчальних практиках, а також можуть бути вільно використані студентами інших спеціальностей, громадськістю, аспірантами, молодими вченими, науковцями і фахівцями у сфері моніторингу, контролю й оцінки стану навколишнього середовища в некомерційних цілях.

Видання підготовлено в рамках проекту 561975-EPP-1-2015-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP «Адаптивне навчальне середовище для забезпечення компетенцій в галузі впливу місцевих погодних умов, якості повітря та клімату на економіку та соціум». Підтримка Європейської Комісії видавництва цієї публікації не включає схвалення її змісту, що відображає тільки погляд авторів, і Європейська Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в цьому виданні.

The study guides on ‘Automated Monitoring and Assessment of Atmospheric Air Quality’ are intended for independent study of the basic provisions on monitoring and assessment of atmospheric air quality in Ukraine and other countries, in particular, the EU. In addition, the study guides provide an insight into the technical specifications and service instructions of the state-of-the-art instrument Vaisala Oyj AQT420 designed for ambient air monitoring.

These study guides are intended for training of OSENU students in the specialities 101 ‘Environmental Science’ and 103 ‘Earth Sciences’ during laboratory works, practical classes and internships, and can be freely used by students of other specialities, the public, post-graduate students, young scientists, researchers and experts in the field of environmental monitoring, control and assessment for non-commercial purposes.

The publication was prepared in the framework of the project of 561975-EPP-1-2015-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP ‘Adaptive Learning Environment for Competence in the Field of Impact of Local Weather, Air and Climate Quality on the Economy and the Social.’ The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМУ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ.....	7
1.1 Пости спостережень та їх категорії.....	7
1.2 Програми і строки спостережень	11
1.3 Критерії санітарно-гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря .	12
2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	14
2.1 Індекс забруднення атмосфери.....	14
2.2 Інтегральні показники оцінки якості атмосферного повітря	17
2.3 Показник гранично допустимого забруднення	18
3 ОСНОВНІ ВИМОГИ ВСЕСВІТНЬОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СПІВТОВАРИСТВА ЩОДО ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	21
4 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЕРІВНИЦТВО З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ VAISALA AQT420.....	23
4.1 Безпека використання приладу AQT420	25
4.1.1 Загальні попередження щодо запобіжних заходів	25
4.1.2 Захист від електростатичного розряду	25
4.2 Відповідність нормативним вимогам	26
4.3 Функціональний опис приладу AQT420	26
4.3.1 Структура приладу AQT420	26
4.3.2 Доступні вимірювання приладом AQT420	28
4.3.3 Електрохімічні осередки для вимірювань газу	29
4.3.4 Лазерний лічильник часток (<i>laser particle counter – LPC</i>)	29
4.3.5 Вплив умов навколишнього середовища	30
4.4 Встановлення приладу AQT420	31
4.4.1 Вибір місця встановлення AQT420	31
4.4.2 Необхідні інструменти та обладнання	31
4.4.3 Розпакування нового AQT420	31
4.4.4 Установка AQT420	31
4.4.4.1 Установка кронштейна на щоглі (або на трубі) діаметром 60-100 мм.....	33
4.4.4.2 Установка кронштейна на опорний кронштейн приладу або на щоглу діаметром 35-40 мм	33
4.4.4.3 Установка кронштейна на стіну.....	34
4.4.4.4 Установка AQT420 на монтажний кронштейн.....	35
4.4.5 Підключення кабелів і живлення до приладу AQT420	35

4.5 Конфігурація і експлуатація	37
4.5.1 Конфігурація приладу AQT420	37
4.5.2 Установка програми AQ Tool	37
4.5.3 Підключення AQT420 через RS-232 до комп'ютера з AQ Tool.....	38
4.5.4 Перегляд результатів вимірювань	39
4.5.5 Експорт даних в форматі CSV	43
4.6 Режим та формат передачі даних приладом AQT420	44
4.7 Обслуговування та налаштування приладу AQT420	44
4.7.1 Зняття радіаційного щита з приладу AQT420	44
4.7.2 Заміна базового модуля приладу AQT420	45
4.7.3 Зміна каліброваних електрохімічних елементів	46
4.7.4 Заміна фільтра LPC.....	48
4.8 Усунення несправностей.....	49
5 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МІСТА ОДЕСИ ЗА ДАНИМИ ВИМІРЮВАНЬ ПРИЛАДОМ AQT420 ФІРМИ VAISALA OYJ.....	50
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для підготовки студентів за спеціальностями 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю», а також можуть бути використані студентами інших спеціальностей, аспірантами, молодими вченими, науковцями та фахівцями для професійної діяльності.

У методичних вказівках представлені загальні положення щодо моніторингу та оцінки якості атмосферного повітря в Україні та світі, зокрема, Європейському Співтоваристві (ЄС), а також досвід використання в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ) сучасного приладу AQT420 фірми Vaisala Oyj для моніторингу атмосфери м. Одеса.

Розпочинаючи з 23 травня 2019 року в ОДЕКУ здійснюється безперервний довготривалий моніторинг шістьох основних показників якості атмосферного повітря – азоту діоксиду (NO_2), двоокису сірки (SO_2), вуглецю оксиду (CO), озону (O_3), пилу з частками розміром до 10 мікрон (PM_{10}) та до 2,5 мікрон ($\text{PM}_{2.5}$), а також температури і вологості повітря та атмосферного тиску. Ці вимірювання здійснюються з використанням найсучаснішого приладу – перетворювача якості повітря (Air Quality Transmitter) AQT420 фірми Vaisala Oyj (Фінляндська Республіка) [1], який придбано ОДЕКУ в 2018 році за міжнародним проектом Erasmus+ 561975-EPP-1-2015-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP (ECOIMPACT) (<http://e-impact.net/uk/>).

Прилад 20 грудня 2018 року ДП «УКРМЕТТЕСТСТАНДАРТ» внесений у «Реєстр затверджених типів засобів вимірювальної техніки» (<http://www.ukrcsm.kiev.ua/index.php/ru/services-ua/metrology-ua/registry-metrology-ua>): тип – газоаналізатор, номер сертифіката перевірки типу – UA.TR.001 231-18, строк дії сертифіката перевірки типу – до 20 грудня 2028 року.

Технічні можливості приладу AQT420 дозволяють вимірювати рекомендовані рівні основних показників якості повітря, вказаних у керівних принципах Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо якості повітря, оновлених у 2005 році ([https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)) [2], та контролювати відповідність граничним значенням головних показників якості повітря для захисту здоров'я населення згідно з вимогами Директиви 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950) [3].

Прилад AQT420 встановлено на території ОДЕКУ на висоті 3 метри від поверхні землі, на відстані 20 метрів від вул. Макаренка та 12 метрів від навчально-лабораторного корпусу № 2, на твердому ґрунті без дерев і кущів, який вкритий трав'янистою рослинністю. Тому результати моніторингу в цьому випадку можна вважати репрезентативними (достовірними та не спотвореними місцевими умовами).

Введення ОДЕКУ в експлуатацію такого приладу вперше дозволило отримувати в режимі реального часу (щохвилинно) репрезентативні дані про якість атмосферного повітря в курортно-рекреаційній зоні міста Одеси (вул. Львівська, буд. 15, ділянка між 13-ою та 14-ою станціями Великого Фонтану і 7-ою станцією Люстдорфської дороги).

Всі результати вимірювань у вигляді графіків, таблиць, файлів з масивами даних і поясненнями щодо перевищень величин гранично допустимих концентрацій та іншою інформацією можна знайти у вільному доступі на офіційному сайті ОДЕКУ (<http://odeku.edu.ua/>), сторінці Науково-експертного центру моніторингу навколишнього середовища у складі науково-дослідної частини (НДЧ) ОДЕКУ у мережі Facebook (<https://www.facebook.com/Науково-експертний-центр-моніторингу-навколишнього-середовища-ОДЕКУ-346553949377404>), а також за відповідним посиланням на Google Диск (<https://drive.google.com/drive/folders/1z0oX7G633g84JaXL97L3TMYXKJB9TSCv?usp=sharing>). Всі дані можуть бути вільно використані в некомерційних цілях (наприклад, для науково-практичних досліджень, навчання, інформування громадськості тощо) з посилання на першоджерело.

Результати вимірювань приладом AQT420 використовуються в ОДЕКУ для навчання студентів під час лабораторних і практичних робіт і на навчальних практиках, а також у науково-практичних цілях (для оцінки якості повітря в курортно-рекреаційній зоні міста Одеси).

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМУ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

1.1 Пости спостережень та їх категорії

На даний час мережа спостережень за забрудненням атмосфери в Україні включає пости ручного і автоматизованого відбору проб повітря для аналізу, а також автоматизовані системи спостережень.

Постом спостереження є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами [4]. Будь-який пост спостережень є комплектною лабораторією.

Комплектні лабораторії призначені для проведення спостережень за станом атмосферного повітря. Вони, зазвичай, встановлюються в містах та населених пунктах, які обслуговуються централізованими хімічними лабораторіями. До складу комплектної лабораторії входить вимірювальний комплекс, який забезпечує контроль рівня забруднення і метеорологічних величин, а також система життєзабезпечення, що включає підсистеми електропостачання, опалювання та освітлення [5].

В даний час на мережі контролю забруднення атмосферного повітря України використовується декілька типів стаціонарних і пересувних комплектних лабораторій.

Прикладом стаціонарної комплектної лабораторії може бути пост *АТМОСФЕРА-10* (рис. 1.1) – вимірювально-інформаційна система, призначена для автоматичного безперервного контролю і спостережень за станом приземного шару атмосфери міст і крупних промислових центрів.

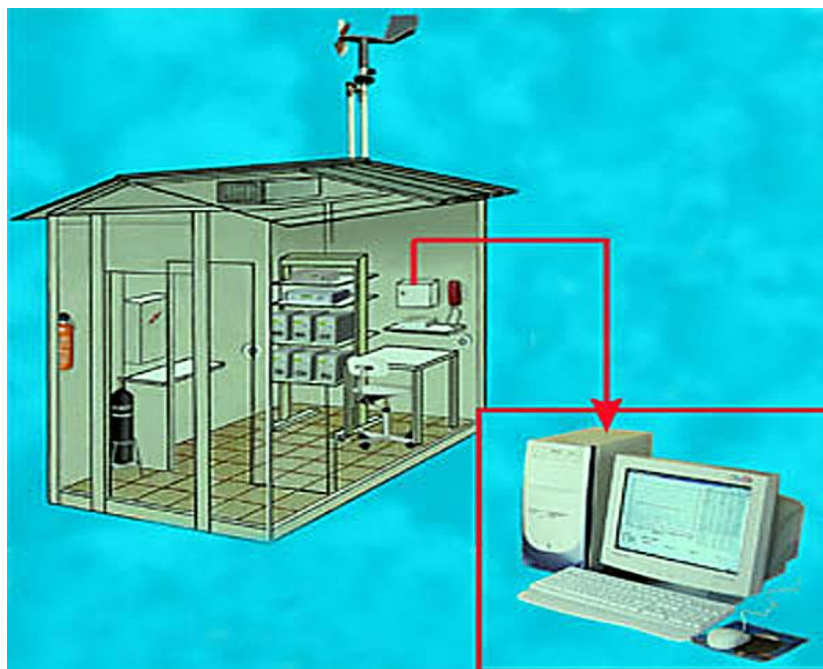


Рис. 1.1 – Стаціонарний пост *АТМОСФЕРА-10*

Пост *АТМОСФЕРА-10* здійснює автоматичний прийом вимірної інформації від газоаналізаторів та вимірювача метеорологічних параметрів, передачу даних через модеми в центральний персональний комп'ютер (ПК) споживача за запитом з ПК. Пост забезпечує накопичення, архівацію, обробку контрольно-виміральної інформації та її зберігання на протязі 5 років. Пост забезпечує ручний відбір проб повітря для визначення концентрацій пилю, бенз(а)пірена, свинцю, формальдегіду. У табл. 1.1 наведені основні технічні характеристики поста [5].

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики стаціонарного поста *АТМОСФЕРА-10* [5]

Вимірюваний компонент	Діапазон вимірювань	Допустима похибка
Діоксид азоту, мг/м ³	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид азоту, мг/м ³	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид вуглецю, мг/м ³	0,00 – 50,00	±0,2
Діоксид сірки, мг/м ³	0,000 – 1,000	±0,005
Температура, °С	мінус 40 – +50	±0,8
Відносна вологість, %	30 – 98	±10
Атмосферний тиск, гПа	650 – 1080	±1,0
Швидкість вітру, м/с	1,5 – 50	±0,5 при $v \leq 5$ м/с ±10 при $v > 5$ м/с
Напрямок вітру, град.	0 – 359	±10

Прикладом пересувної лабораторії є пересувна екологічна лабораторія контролю забруднення атмосфери *ПЕЛКЗА* (рис. 1.2), призначена для спостережень за станом повітря в населених пунктах, санітарно-захисних зонах та робочих зонах промислових підприємств.



Рис. 1.2 – Пересувна екологічна лабораторія *ПЕЛКЗА*

Лабораторія розміщується в мікроавтобусі «Газель» або аналогічному. До складу лабораторії входить контрольно-вимірювальний комплекс, збудований з урахуванням наявності автоматичних газоаналізаторів, портативних приладів для контролю повітря робочої зони, пробовідбірних приладів тощо. Основні технічні характеристики лабораторії наведені в табл. 1.2 [5].

Таблиця 1.2 – Основні технічні характеристики ПЕЛКЗА [5]

Вимірюваний компонент	Діапазон вимірювань	Допустима похибка
Діоксид азоту, мг/м ³	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид азоту, мг/м ³	0,000 – 10,000	±0,005
Оксид вуглецю, мг/м ³	0,00 – 50,00	±0,2
Діоксид сірки, мг/м ³	0,000 – 1,000	±0,005
Озон, мг/м ³	0,000 – 1,000	±0,005
Вуглеводні, мг/м ³	0,00 – 50,00	±0,3

Автоматизовані системи контролю забруднення природного середовища (АСКЗС) – це інформаційно-вимірювальні системи, які служать для оперативного збору, обробки і представлення даних про стан довкілля. Наявність таких даних є найважливішою умовою для здійснення оперативних і планування перспективних заходів з регулювання якості природного середовища, боротьби з його забрудненням.

У практиці екологічного моніторингу автоматизовані системи, головним чином, використовуються для контролю двох середовищ: атмосферного повітря та поверхневих і морських вод, а також для контролю радіаційної обстановки в районах розташування атомних електростанцій (АЕС) [5].

Автоматична станція контролю забруднення атмосфери (АСКЗА) призначена для здійснення безперервного тривалого спостереження за станом атмосферного повітря в населених пунктах, санітарно-захисних зонах промислових підприємств. Станція має засіб збору та обробки вимірюваної інформації, який через модем забезпечує передачу накопиченої інформації в центр по лініях зв'язку. Наявність комплексу метеоприладів дозволяє при організації мережі станцій спостережень отримувати інформацію не лише про концентрації забруднюючих речовин, але і про місце їх локалізації. Вимірювальний комплекс розміщується в павільйоні стаціонарної лабораторії ПОСТ-2 [5].

Інформацію про основні технічні характеристики АСКЗА, розташованої в павільйоні стаціонарної лабораторії ПОСТ-2, наведено у табл. 1.3. Вимірювана інформація представляється у вигляді миттєвих і усереднених значень та накопиченої інформації за останні 3 доби [5].

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики АСКЗА [5]

Вимірювані компоненти і параметри	Діапазон вимірювань
Діоксид сірки, мг/м ³	0 – 0,2 – 1,0 – 2,5
Оксид і діоксид азоту, мг/м ³	0 – 0,1 – 0,5 – 2,0 – 10,0
Вуглеводні (за виключенням метану), мг/м ³	0 – 5,0 – 15,0 – 50,0
Оксид вуглецю, мг/м ³	0 – 5,0 – 50,0
Озон, мг/м ³	0 – 0,1 – 0,5 – 1,0
Аміак, мг/м ³	0 – 0,2 – 1,0 – 5,0
Сірководень, мг/м ³	0 – 0,1 – 0,5
Пил, мг/м ³	0 – 3,0 – 10,0 – 30,0
Напрямок вітру, град.	0 – 360
Швидкість вітру, м/с	0 – 35
Відносна вологість, %	0 – 100
Температура, °С	мінус 40 – +50
Атмосферний тиск, гПа	650 – 1080

Пости спостережень відповідно встановлюються трьох категорій: стаціонарні, маршрутні, пересувні (підфакельні).

Стаціонарний пост (стаціонарна комплектна лабораторія) призначений для забезпечення безперервної реєстрації вмісту забруднюючих речовин або регулярного відбору проб повітря для подальшого аналізу. З числа стаціонарних виділяють *опорні стаціонарні пости*, які призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних (пил, CO , SO_2 , NO_2) і найбільш поширених специфічних забруднюючих речовин (ЗР). До основних в Україні рекомендовано віднести також формальдегід, бенз(а)пірен та *Pb*.

Маршрутний пост (пересувна комплектна лабораторія) призначений для регулярного відбору проб повітря, коли неможливо (недоцільно) встановити стаціонарний пост або необхідно більш детально вивчити стан забруднення атмосфери в окремих районах. Порядок об'їзду маршрутних постів (заздалегідь вибраних точок) повинен бути один і той же, щоб відбір проб в кожній точці призначався одними і тими ж строками діб.

Пересувний (підфакельний) пост (пересувна комплектна лабораторія) призначений для відбору проб під димовим (газовим) факелом з метою виявлення зони впливу даного джерела промислових викидів. Підфакельні пости є точками, розташованими на фіксованих відстанях від джерела. Вони переміщуються відповідно до напрямку факела джерела викидів.

При виборі місця розміщення поста потрібно встановити, яку інформацію необхідно отримати: а) рівень забруднення атмосфери, характерний для даного району міста; б) концентрацію домішок в конкретній точці, що перебуває під впливом викидів окремого промислового підприємства, великої автомагістралі.

У першому випадку пост повинен бути розташований на ділянці, яка не підлягає впливу окремо розташованих джерел. У другому випадку пост розміщується в зоні максимальних концентрацій домішки, яку формує джерело викидів.

Кожний пост розміщується на відкритому майданчику, що провітрюється з усіх боків з непиловим покриттям: на асфальті, твердому ґрунті, газоні.

Пости необхідно встановлювати:

- в житлових, адміністративних районах;
- в районах з різним типом забудови;
- в місцях, де відмічаються найбільші середні рівні, що перевищують встановлені порогові значення;
- в парках і інших зонах відпочинку.

Число стаціонарних постів опосередковано визначається в залежності від чисельності населення в місті, площі населеного пункту, рельєфу місцевості і ступеня індустріалізації, розосередженості місць відпочинку [4].

1.2 Програми і строки спостережень

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться по одній з чотирьох програм спостережень: повній, неповній, скороченій, добовій.

Повна програма дозволяє отримати інформацію про разові та середньодобові концентрації щоденно шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичних пристроїв або дискретно через рівні інтервали часу не менш 4 разів при обов'язковому відборі в 1, 7, 13, 19 год. за місцевим декретним часом.

Неповна програма дозволяє отримати інформацію про разові концентрації щоденно в 7, 13, 19 год. місцевого декретного часу.

Скорочена програма дозволяє отримати інформацію тільки про разові концентрації щодня в 7 і 13 год. місцевого декретного часу. Допускається проведення спостережень по скороченій програмі при температурі менше мінус 45 °С і в місцях, де середньомісячні концентрації нижчі за $1/20 GDK_{mr}$ або нижньої межі діапазону вимірювань концентрації домішки за допомогою метода, що використовується. Допускається проведення спостережень по зміненому графіку: в 7, 10, 13 год. у вівторок, четвер, суботу і в 16, 19, 22 год. в понеділок, середу, п'ятницю.

Добова програма дозволяє отримати інформацію про середньодобову концентрацію. Спостереження проводяться шляхом безперервного добового відбору проб.

Всі програми дозволяють отримати концентрації середньомісячні, середньорічні і середні за більш тривалий термін.

Одночасно з відбором проб повітря визначають такі метеорологічні параметри: напрям і швидкість вітру, температура повітря, стан погоди і підстильної поверхні. Для стаціонарних постів допускається зміщення всіх строків спостережень на 1 год. в один бік. Допускається не проводити спостереження у неділю і святкові дні.

Спостереження на маршрутних постах проводяться по повній, неповній і скороченій програмі. Для цих постів допускається зміщення всіх строків спостережень на 1 год. в обидва боки від стандартних строків.

Строки відбору проб повітря при підфакельних спостереженнях повинні забезпечити виявлення найбільших концентрацій домішок, пов'язаних з особливостями режиму викидів і метеорологічних умов розсіювання домішок, і вони можуть відрізнятись від термінів на стаціонарних і маршрутних постах [4].

1.3 Критерії санітарно-гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря

Основним санітарно-гігієнічним нормативом якості атмосферного повітря в Україні є гранично допустима концентрація (*ГДК*) – максимальна концентрація шкідливої домішки в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичному впливі або протягом всього життя людини не надає і не надасть шкоди (включаючи віддалені наслідки) на неї та на навколишнє середовище в цілому [4].

Між концентрацією ЗР (q) та *ГДК* (мг/м^3) існує таке співвідношення:

$$q \leq \text{ГДК}. \quad (1.1)$$

Деякі ЗР володіють односпрямованою дією або *ефектом сумачії*. При наявності декількох (n) шкідливих речовин, що володіють сумачією дії, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати 1:

$$\frac{q_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{q_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{q_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1. \quad (1.2)$$

Ефектом сумачії володіють, наприклад: фенол і діоксид сірки; діоксид сірки і діоксид азоту; діоксид сірки і сірководень; озон, діоксид азоту і формальдегід тощо.

У залежності від часу впливу розрізняють: *ГДК* максимальні разові ($\text{ГДК}_{\text{мр}}$), середні добові ($\text{ГДК}_{\text{сд}}$) і робочої зони ($\text{ГДК}_{\text{рз}}$).

$\text{ГДК}_{\text{мр}}$ відноситься до 20-30-хвилинного інтервалу осереднення; встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку.

$ГДК_{cd}$ – це концентрація ЗР в повітрі, що не надає людині прямого або непрямого шкідливого впливу при цілодобовому вдиханні; відноситься до необмеженого періоду осереднення і вводиться з метою попередження загальнотоксичної, мутагенної, канцерогенної та іншої дії.

$ГДК_{pz}$ – це рівень концентрації інгредієнту, який не має викликати у робітників при щоденному вдиханні протягом 8 год. (але не більш 41 год. на тиждень) захворювань або призводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. *Робоча зона* – це двометровий шар повітряного простору, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

Якщо для ЗР не розроблені $ГДК$, то впроваджуються: орієнтовно безпечні рівні впливу (*ОБРВ*), тимчасово допустимі концентрації ($ТДК$) терміном на 2 роки, а також летальні концентрації ($ЛК_{50}$ і $ЛК_{100}$), що викликають при диханні загибель 50% і 100% тварин відповідно.

Розроблено чотири класи небезпеки шкідливих речовин:

1. *Надзвичайно небезпечні* (бенз(а)пірен, свинець, сполуки ртуті і хрому, гексахлоран, ціановодні, пентаоксид ванадію, ДДТ, озон та ін.).

2. *Високонебезпечні* (сірчана кислота, сірководень, кофеїн, феноли, бензол, хлор, оксиди марганцю та ін.).

3. *Помірно небезпечні* (діоксид азоту, діоксид сірки, тютюн, бутиловий спирт, пил, сажа та ін.).

4. *Малонебезпечні речовини* (оксид вуглецю, етиловий спирт, аміак, нафталін, ацетон, скипидар та ін.) [4].

Найчастіше для оцінки якості атмосферного повітря застосовуються $ГДК_{mp}$ (для порівняння з разовими концентраціями) і $ГДК_{cd}$ (для порівняння з будь-якими осередненими концентраціями). Приклади $ГДК$ деяких найбільш поширених ЗР та їх класів небезпеки наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – $ГДК$ ЗР в атмосферному повітрі населених місць [6]

Речовина	$ГДК_{mp}$	$ГДК_{cd}$	Клас небезпеки
Азоту діоксид, мг/м ³	0,2	0,04	3
Азоту оксид, мг/м ³	0,4	0,06	3
Бенз(а)пірен, мкг/100м ³	–	0,1	1
Вуглецю оксид, мг/м ³	5	3	4
Озон, мг/м ³	0,16	0,03	1
Пил, мг/м ³	0,5	0,15	3
Сажа, мг/м ³	0,15	0,05	3
Сірки діоксид, мг/м ³	0,5	0,05	3
Сірководень, мг/м ³	0,008	–	2
Фенол, мг/м ³	0,01	0,003	2
Формальдегід, мг/м ³	0,035	0,003	2

2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1 Індекс забруднення атмосфери

Для оцінки та аналізу стану забруднення атмосфери застосовуються ряд показників, що дозволяють оцінити рівень забруднення окремою домішкою або виконати оцінку фоновому рівня забруднення атмосфери.

Для оцінки ступеня забруднення атмосфери, отримані в результаті спостережень середні та максимальні концентрації нормуються на величину середньої (максимальної) концентрації для більш великого регіону або на санітарно-гігієнічний норматив, наприклад на ГДК. Нормовані характеристики забруднення називають *індексом забруднення атмосфери (ІЗА)*.

У різних країнах запропоновані й використовуються в практичній роботі декілька ІЗА. Деякі з них засновані на непрямих показниках забруднення атмосфери. До таких ІЗА можна віднести запропонований для Канади Інхабером індекс, заснований на даних про викиди завислих речовин і SO_2 . Такий індекс (I_{ki}) для різних районів Канади визначався за формулою:

$$I_{ki} = \frac{M_i / N}{\overline{M}_i / \overline{N}}, \quad (2.1)$$

де \overline{M}_i – сумарні викиди речовини для всієї території Канади;

M_i – сумарні викиди для окремого району;

N і \overline{N} – чисельність населення відповідно цього району і Канади в цілому.

Цей індекс є оцінкою внеску району (або міста) у загальний рівень забруднення повітря розглянутою домішкою в країні.

Крім ІЗА, що обчислюється за формулою (2.1), Інхабер увів також ІЗА, заснований на фізичному показнику забруднення повітря – видимості:

$$I_k = B_i / 2B, \quad (2.2)$$

де B_i – видимість для розглянутого району;

B – видимість в «чистому» повітрі, отримана осередненням результатів спостережень за видимістю на двох північних станціях Канади.

Є ІЗА, що виражаються через коефіцієнт прозорості атмосфери. В таких ІЗА використовується емпіричний кореляційний зв'язок між коефіцієнтом прозорості та запиленістю повітря [7].

Великий інтерес представляють ІЗА, отримані на основі даних спостережень за концентраціями домішок. Докладний огляд таких

індексів, які використовує агентство по контролю забруднення атмосфери США, був виконаний Оттом і Томом. На основі аналізу всіх цих індексів був запропонований єдиний підхід до розрахунку *ІЗА* за даними щоденних спостережень і складений відповідний документ. У ньому значення середніх концентрацій основних ЗР, що відповідають національним стандартам і критеріям небезпеки забруднення, пропонується приводити до деякого безрозмірного значення *ІЗА*, що змінюється в межах від 0 до 500 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Концентрації ЗР, що відповідають різним *ІЗА* [8]

<i>ІЗА</i>	Ступінь забруднення повітря	Середні концентрації ЗР, мкг/м ³				
		Пил (за 24 год)	<i>SO</i> ₂ (за 24 год)	<i>CO</i> (за 8 год)	<i>O</i> ₂ (за 1 год)	<i>NO</i> ₂ (за 24 год)
500	Значний	1000	2620	57	1200	3750
400	Критичний	875	2100	46	1000	3000
300	Попереджувальний	625	1600	34	800	2260
200	Тривожний	375	800	17	400	1130
100	Стандартний	260	365	10	160	–
50	50% нижче від стандартного	75	80	5	80	–

Ступінь забруднення атмосфери характеризується певним значенням *ІЗА*, наприклад, значному забрудненню атмосфери відповідає 500, критичному – 400, стандартному – 100. Отриману концентрацію домішки рекомендовано приводити до відповідного значення *ІЗА*. Однак цей підхід не припускає підсумовування індексів, отриманих для окремих шкідливих речовин, з метою одержання комплексних *ІЗА* [8]. Тому запропоновано також таку формулу для розрахунку *ІЗА* за *i*-ою домішкою (*I*_{*ki*}) [7]:

$$I_{ki} = \frac{1}{2} s_i \left(q_{сеп.i} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{n}} \right). \quad (2.3)$$

А.В. Приймак запропонував в якості *ІЗА* використати «індекс небезпеки забруднення» (*I*_{*n*}):

$$I_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2}, \quad (2.4)$$

де *k*_{*i*} – перевищення *ГДК* розглянутої домішки.

Комплексний *ІЗА* в роботі Томаса (I_T) розраховується за формулою:

$$I_T = c \sum q_{сер.i} / S_i, \quad (2.5)$$

де c – деякий коефіцієнт;

$q_{сер.i}$ – середнє значення i -ї домішки в місті;

S_i – стандарт якості повітря [7].

ІЗА, схожий з I_T , довгий час використовується на практиці при аналізі даних спостережень за рівнем забруднення повітря в Україні. В ньому за S_i частіше приймаються значення *ГДК*.

ІЗА окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left(\frac{q_p}{ГДК_{mp}} \right)^{C_i} \quad \text{або} \quad I = \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{co}} \right)^{C_i}, \quad (2.6)$$

де C_i – константа що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класів небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості i -ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Комплексний *ІЗА* (*КІЗА*) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного n речовинами, що присутні в атмосферному повітрі міста. *КІЗА* розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{co}} \right)_i^{C_i} \right), \quad (2.7)$$

де \bar{q} – осереднена за часом (доба, місяць, сезон, рік й ін.), розрахована для поста, міста або групи міст концентрація i -ої домішки.

Розраховується *КІЗА* за розглянутий період по одному або K постах міста як сума всіх *ІЗА*. Комплексний *ІЗА* враховує n речовин, що є присутніми в атмосфері. Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою *КІЗА* можна використати значення одиничних індексів *ІЗА* тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i. \quad (2.8)$$

Величина I_5 менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,6 до 7,5 – слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 – забрудненій; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері [7].

2.2 Інтегральні показники оцінки якості атмосферного повітря

Для оцінки фонового забруднення атмосфери використовуються *інтегральні показники*. Найбільш розповсюдженим є середнє значення концентрації інгредієнта, обчислене за даними вимірів за конкретний термін або за добу у всіх точках міста, нормованих на середньосезонну концентрацію (\tilde{q}):

$$\tilde{q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\bar{q}_{ci}}{\bar{q}_{cc}}, \quad (2.9)$$

де N – кількість контрольно-вимірювальних постів у місті;

\bar{q}_{ci} – середньодобова концентрація домішки на i -ому посту;

\bar{q}_{cc} – середньосезонна концентрація на i -ому посту.

У залежності від значення параметра \tilde{q} розрізняють такі класи забруднення повітря: 1 – високе забруднення ($\tilde{q} \geq 1,5$); 2 – підвищене забруднення ($1,0 \leq \tilde{q} < 1,5$); 3 – знижене ($0,6 \leq \tilde{q} < 1,0$); 4 – слабе забруднення ($\tilde{q} < 0,6$).

Для характеристики забруднення атмосферного повітря по місту в цілому, як узагальнений показник, також рекомендується використовувати параметр P :

$$P = \frac{m}{n}, \quad (2.10)$$

де n – загальна кількість спостережень за концентрацією домішок у місті протягом доби на всіх стаціонарних пунктах;

m – кількість спостережень протягом цієї ж доби з концентрацією q , що перевищує середньосезонне значення більш ніж у 1,5 рази.

При розрахунку параметра P з метою його використання як характеристики фонового забруднення повітря необхідно, щоб кількість стаціонарних постів у місті була не менше 3, а кількість спостережень за концентрацією домішок на всіх пунктах протягом доби не менш 20.

Параметр P може змінюватися від 1 (якщо всі вимірювані концентрації перевищують $1,5 \bar{q}_{cc}$) до нуля (якщо жодна з концентрацій не перевищує $1,5 \bar{q}_{cc}$).

У залежності від значень параметра P розрізняють три групи забруднення атмосферного повітря:

1 – високий рівень забруднення ($P \geq 0,35$);

2 – підвищений рівень забруднення ($0,20 \leq P < 0,35$);

3 – знижений рівень забруднення ($P < 0,20$).

Параметр P є відносною характеристикою і не залежить від середнього рівня забруднення повітря. Отже, його значення визначається в основному метеорологічними умовами. У зв'язку з цим для вивчення метеорологічних умов забруднення повітря із застосуванням параметра P виявляється можливим спільно аналізувати матеріали за кілька років, навіть якщо протягом цього періоду спостерігалися зміни сумарної кількості викидів і рівня концентрацій [9].

2.3 Показник гранично допустимого забруднення

Згідно з [10], оцінка і аналіз якості атмосферного повітря може проводитися на основі розрахунку показника гранично допустимого забруднення ($ГДЗ$).

Показник $ГДЗ$ атмосферного повітря – відносний інтегральний критерій оцінки забруднення атмосферного повітря населених місць, який характеризує інтенсивність та характер сумісної дії всієї сукупності присутніх у ньому шкідливих домішок. $ГДЗ$ розраховується для кожного випадку на основі визначених експериментально та затверджених у встановленому порядку коефіцієнтів комбінованої дії ($Ккд$). $Ккд$ відображає характер сумісної біологічної дії одночасно присутніх в атмосферному повітрі ЗР (сумація, посилення, послаблення або незалежна дія). Його цифрове значення встановлюється експериментальним (або розрахунковим) шляхом та виражається в долях від індивідуальних $ГДК$ ЗР (додаток). $ГДЗ$ розраховується за формулою (2.11):

$$ГДЗ = Ккд \cdot 100\%. \quad (2.11)$$

У випадках, коли значення $Ккд$ відсутні, їх визначення проводиться за формулою (2.12):

$$Ккд = \sqrt{n}, \quad (2.12)$$

де n – число речовин, присутніх у повітряному середовищі, для яких офіційно не встановлено характер комбінованої дії.

У випадках, коли присутні в атмосферному повітрі ЗР є складною сумішшю з встановленими і не встановленими коефіцієнтами комбінованої дії, для розрахунку $ГДЗ$ значення $Ккд$ цієї суміші визначається за формулою (2.13):

$$Ккд_{cc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Ккд_{i2} + Ккд_{22} + \dots + Ккд_{n2}) + n + Кт}, \quad (2.13)$$

де $K_{kd_{cc}}$ – коефіцієнт комбінованої дії складної суміші;

K_{kd} – коефіцієнти комбінованої дії сумісно присутніх речовин, 1, 2, n ;

n – число речовин в суміші, офіційні значення K_{kd} яких відсутні;

K_t – числове значення коефіцієнта для речовин з незалежним характером комбінованої дії.

В разі присутності у повітрі однієї домішки показник $ГДЗ = 100\%$.

Оцінка фактичного або прогнозного (розрахункового) рівня забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом співставлення показника забруднення ($ПЗ$) однією речовиною або сумарного показника забруднення ($\sum ПЗ$) сумішшю речовин з показником $ГДЗ$. Допустимим визнається рівень, що не перевищує $ГДЗ$.

Показник фактичного або прогнозного забруднення атмосферного повітря однією речовиною ($ПЗ$) розраховується за формулою (2.14):

$$ПЗ = \frac{C}{ГДК} \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

де C – фактична або прогнозна концентрація конкретної речовини, $мг/м^3$;

$ГДК$ – значення гранично допустимої концентрації цієї речовини, $мг/м^3$.

Сумарний показник забруднення ($\sum ПЗ$) сумішшю речовин розраховується за формулою (2.15):

$$\sum ПЗ = \sum_{i=1}^m \left(\frac{C_1}{ГДК_1 \cdot K_1} + \frac{C_2}{ГДК_2 \cdot K_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n \cdot K_n} \right) \cdot 100\%, \quad (2.15)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – значення фактичних або прогнозних концентрацій речовин, що входять до складу суміші, $мг/м^3$;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – значення $ГДК$ відповідних ЗР, що входять до складу суміші, $мг/м^3$;

K_1, K_2, \dots, K_n – значення коефіцієнтів, які враховують клас небезпечності відповідної речовини (для речовин 1-го класу – 0,8; 2-го класу – 0,9; 3-го класу – 1,0; 4-го класу – 1,1).

У випадку відсутності значень $ГДК$ при прогнозуванні приземних концентрацій приймаються значення $ОБРВ$ без врахування значень коефіцієнтів K .

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводиться з урахуванням кратності перевищення показників забруднення ($ПЗ$) їх нормативного значення ($ГДЗ$) і включає визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) та ступеню його небезпечності (безпечний, слабо небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний, дуже небезпечний) згідно з табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри оцінки забруднення повітря [10]

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДЗ	Відсоток випадків перевищення ГДЗ
Допустимий	Безпечний	< 1	0
Недопустимий	Слабко небезпечний	> 1 – 2	> 0 – 4
Недопустимий	Помірно небезпечний	> 2 – 4,4	> 4 – 10
Недопустимий	Небезпечний	> 4,4 – 8	> 10 – 25
Недопустимий	Дуже небезпечний	> 8	> 25

3 ОСНОВНІ ВИМОГИ ВСЕСВІТНЬОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СПІВТОВАРИСТВА ЩОДО ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

У керівних принципах Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), оновлених у 2005 р. ([https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)) [2], рекомендовані наступні рівні основних показників якості атмосферного повітря:

- тверді частинки (пил або суспендовані речовини) розміром (діаметром) до 2,5 мікрон (PM2.5) – середньорічний рівень 10 мкг/м³, середньодобовий рівень 25 мкг/м³;
- тверді частинки (пил або суспендовані речовини) розміром (діаметром) до 10 мікрон (PM10) – середньорічний рівень 20 мкг/м³, середньодобовий рівень 50 мкг/м³;
- озон (O₃) – середній рівень за 8 годин 100 мкг/м³;
- двоокис азоту (NO₂) – середньорічний рівень 40 мкг/м³, середній за годину рівень 200 мкг/м³;
- двоокис сірки (SO₂) – середньодобовий рівень 20 мкг/м³, середній рівень за 10 хвилин 500 мкг/м³.

Згідно з вимогами Директиви 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21.05.2008 р. про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950) [3, 11] Україна має встановити по всій своїй території зони та агломерації за ступенем забруднення атмосферного повітря, а також порядок їх перегляду.

У випадках, коли рівні вмісту забруднювачів перевищують будь-яку з нормативних граничних величин або існує ризик такого перевищення, треба розробити плани дій щодо якості повітря для відповідних територій.

Така класифікація в Україні раніше не використовувалася, а відповідні плани готувалися виключно за адміністративно-територіальним розподілом [5, 18, 19].

Директива 2008/50/ЄС встановлює наступні типи стандартів якості атмосферного повітря [3, 11-18]:

- граничні значення (для PM10/PM2.5, SO₂, NO₂, бензолу, СО та свинцю);
- цільові значення (для PM2.5 та O₃);
- порогові значення (для SO₂, NO₂ та O₃);
- критичні рівні (для SO₂ та NO₂);
- довгострокова мета (для O₃).

Відповідно до Директиви 2008/50/ЄС основні граничні та цільові значення для захисту здоров'я населення є такими:

- для PM10 середньорічне – 40 мкг/м³, 24-годинне граничне значення – 50 мкг/м³, не може перевищуватися більш ніж 35 разів протягом календарного року;

- для PM_{2.5} цільове значення та граничне значення для етапу 1 – середньорічне – 25 мкг/м³, а граничне значення для етапу 2 – середньорічне – 20 мкг/м³;

- для SO₂ погодинне граничне значення – 350 мкг/м³, не може перевищуватися більш ніж 24 рази протягом календарного року; 24-годинне граничне значення – 125 мкг/м³, не може перевищуватися більш ніж 3 рази протягом календарного року;

- для NO₂ середньорічне – 40 мкг/м³, погодинне граничне значення – 200 мкг/м³, не може перевищуватися більш ніж 18 разів протягом календарного року;

- для свинцю середньорічне – 0.5 мкг/м³

- для бензолу середньорічне – 5 мкг/м³;

- для CO граничне добове 8-годинне значення – 10 мг/м³;

- для O₃ цільове значення — граничне добове 8-годинне значення – 120 мкг/м³, не може перевищуватися більш ніж 25 днів протягом календарного року за 3 роки.

Крім стандартів якості повітря, Директива 2008/50/ЄС встановлює:

- докладні правила оцінки якості атмосферного повітря (верхній і нижній порогови оцінки, вимірювання, моделювання, комбінування, цілі щодо якості даних);

- принципи підготовки місцевих, регіональних або національних планів поліпшення якості атмосферного повітря, у тому числі перелік відомостей, які мають бути включені, та короткострокових планів дій, включаючи їх докладний зміст;

- принципи визначення зон та агломерацій;

- звітність до Європейської Комісії про якість атмосферного повітря;

- вимоги доступності інформації для громадськості.

Слід зазначити, що мета, поставлена Директивою 2008/50/ЄС, є для України надзвичайно амбітною – на залишках мережі контролю забруднення атмосферного повітря, що була створена ще за радянських часів, створити європейську систему моніторингу із сучасним обладнанням і багатьма новими постами спостереження, яка є надійним інструментом розробки та реалізації природоохоронної політики.

Це потребує корінного перегляду усієї системи діючих правил та нормативів, починаючи з базового 20-хвилинного інтервалу усереднення концентрації ЗР, який в ЄС не застосовується, та того, що концентрації найбільш важливих забруднювачів повітря – озону та дрібних фракцій суспендованих речовин PM_{2.5} і PM₁₀ – доки майже не контролюються.

Для більш ґрунтовного ознайомлення з вимогами ВООЗ та ЄС щодо якості атмосферного повітря у списку літератури є посилання на відповідні джерела інформації [2, 3, 11-18].

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЕРІВНИЦТВО З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ VAISALA AQT420

Перетворювач якості повітря Vaisala AQT420 (рис. 4.1) вимірює забруднення атмосферного повітря. Прилад належить до серії AQT400, яка складається з двох продуктів – AQT420 та AQT410 (табл. 4.1-4.3) [1].

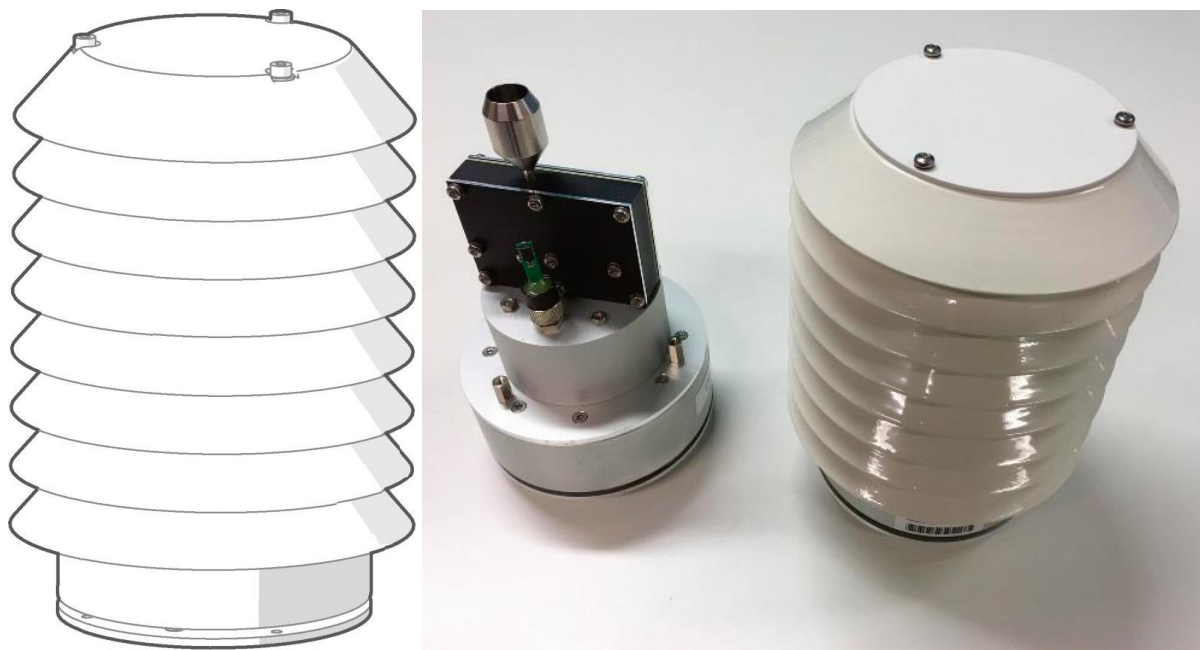


Рис. 4.1 – Перетворювач якості повітря AQT420

Продуктивність вимірювань приладів серії AQT400 заснована на запатентованих фірмою Vaisala Oyj передових алгоритмах, які дозволяють проводити вимірювання частин на мільярд (ppb) за доступною ціною за допомогою електрохімічних датчиків. Алгоритми компенсують вплив умов навколишнього середовища та старіння на сенсорні елементи й усувають необхідність в дорогому обладнанні для відбору проб газу і технічного обслуговування.

Серія AQT400 спеціально розроблена для мереж моніторингу якості повітря в міських районах, дорожніх мережах або навколо промислових майданчиків і транспортних вузлів. Завдяки невеликій вазі і компактним розмірам він ідеально підходить для розгортання навіть у великих мережах якості повітря.

Дані вимірювань можуть відправлятися бездротовим способом до веб-бази даних за допомогою шлюзу або доступні локально через послідовний інтерфейс. Залежно від місцевих умов пристрій серії AQT400 має інтервал технічного обслуговування і калібрування від 12 до 24 місяців.

Таблиця 4.1 – Порівняння продуктів серії AQT400

Показники вимірювання	AQT420	AQT410
NO ₂	+	+
SO ₂	+	+
CO	+	+
O ₃	+	+
PM2.5	+	–
PM10	+	–
Вологість	+	+
Температура	+	+
Тиск повітря	+	+

Таблиця 4.2 – Комплектація продукту AQT400

Вміст продукту	Подробиці
Монтажний кабель	3,5 м (11 футів 6 дюймів)
	5 м (16 футів 5 дюймів)
	10 м (32 фута 10 дюймів)
Монтажний комплект	+
Протокол випробувань	+
Інструкція користувача	+

Таблиця 4.3 – Додаткові аксесуари AQT400

Аксесуар	Подробиці
Калібрувальний адаптер	–
Монтажний комплект для щогли	Для 60 мм (2,36 дюйма) віхи
	Для 75 мм (2,95 дюйма) віхи
	Для 86 мм (3,39 дюйма) віхи
	Для 100 мм (3,94 дюйма) віхи
Штатив з щоглою (Fe/Zn)	1,72-2,13 м (5 футів 8 дюймів - 6 футів 12 дюймів)
	2,74-3,2 м (8 футів 12 дюймів - 10 футів 6 дюймів)
Комплект сервісного кабелю, включаючи адаптер, кабель, блок живлення і перетворювач USB-RS-232 ¹⁾	–

Примітка: ¹⁾ рекомендується замовляти 1 комплект для кожного продукту AQT [1].

4.1 Безпека використання приладу AQT420

Цей продукт був перевірений виробником (фірма Vaisala Oyj) на безпеку.

4.1.1 Загальні попередження щодо запобіжних заходів

При використанні приладу AQT420 необхідно звернути увагу на такі запобіжні заходи:

- не замінюйте деталі, не змінюйте систему і не встановлюйте в неї невідповідні деталі;

- не виконуйте установку або технічне обслуговування, якщо існує ризик грози або блискавки в цьому районі.

- дотримуйтеся оцінкам ризику, які ви провели для монтажних робіт (для забезпечення безпеки переконайтеся, що всі роботи організовані і сплановані, а також виконані компетентними особами);

- дотримуйтеся всіх місцевого та державного законодавства і правил з охорони праці;

- недотримання запобіжних заходів або конкретних попереджень, наведених в інструкції користувача [1], порушує стандарти безпеки при проектуванні, виготовленні і використанні виробів за призначенням, тому виробник (фірма Vaisala Oyj) не несе відповідальності за недотримання користувачем приладу цих вимог.

- якщо прилад використовується способом, не зазначеним виробником (фірма Vaisala Oyj), захист, що забезпечується захисним обладнанням, може бути порушений;

- неправильна модифікація може пошкодити виріб або привести до його несправності (будь-яка модифікація анулює гарантію виробника).

Перетворювач якості повітря AQT420 включає в себе лазерний лічильник частинок (laser particle counter – LPC), тому даний прилад класифікується як лазерний пристрій Класу 1 відповідно до міжнародного стандарту IEC/EN 60825-1. Лазер міститься в корпусі, що запобігає прямий фізичний доступ до лазерного випромінювання. Лазер Класу 1 безпечний при будь-яких умовах звичайного використання.

4.1.2 Захист від електростатичного розряду

Електростатичний розряд (electrostatic discharge – ESD) може пошкодити електронні схеми.

Продукти фірми Vaisala Oyj належним чином захищені від електростатичного розряду. Проте, можна пошкодити виріб, створюючи електростатичні розряди при торканні, видаленні або вставці будь-яких предметів в корпус устаткування.

Щоб уникнути подачі високого статичної напруги на виріб:

– поведіться з компонентами, чутливими до електростатичного розряду, на правильно заземленому і захищеному робочому місці від електростатичного розряду або заземлите себе на корпусі обладнання за допомогою браслета і резистивного з'єднувального шнура;

– якщо ви не можете прийняти будь-які запобіжні заходи, іншою рукою торкніться провідної частини шасі обладнання, перш ніж торкатися компонентів, чутливих до електростатичного розряду;

– тримайте плати компонентів за краї та уникайте торкання контактів компонентів.

4.2 Відповідність нормативним вимогам

Цей продукт відповідає європейським стандартам продуктивності та екологічних випробувань: EN/IEC 61326-1 та EN 55032 (Клас B).

Крім того, прилад AQT420 відповідає вимогам FCC (Federal Communications Commission USA – Федеральна комісія по зв'язку США), глава 47, частина 15.

Експлуатація AQT420 регулюється наступними двома умовами:

– цей пристрій не може створювати шкідливих перешкод;

– цей пристрій повинен приймати будь-які перешкоди, включно з перешкодами, які можуть викликати збої в роботі.

Також даний прилад було перевірено на відповідність обмеженням для цифрових пристроїв Класу А відповідно до частини 15 правил FCC. Ці обмеження призначені для забезпечення розумного захисту від шкідливих перешкод при роботі обладнання в комерційному середовищі. Це обладнання генерує, використовує і може випромінювати радіочастотну енергію і, якщо воно встановлено і використовується не у відповідності з інструкцією по експлуатації, може створювати шкідливі перешкоди для радіозв'язку. Слід зазначити, що експлуатація даного устаткування в житловому районі може викликати шкідливі перешкоди, та в цьому випадку користувач повинен буде усунути перешкоди за свій рахунок.

4.3 Функціональний опис приладу AQT420

4.3.1 Структура приладу AQT420

Прилад AQT420 складається з наступних компонентів (рис. 4.2): фільтр (1), лазерний лічильник часток (2), насос (3), основна плата електроніки (4), вбудований датчик атмосферного тиску (5), комбінований датчик температури і вологості повітря (6), радіаційний щит (7), блок з чотирма сенсорними елементами (8), штекер M12 (9).

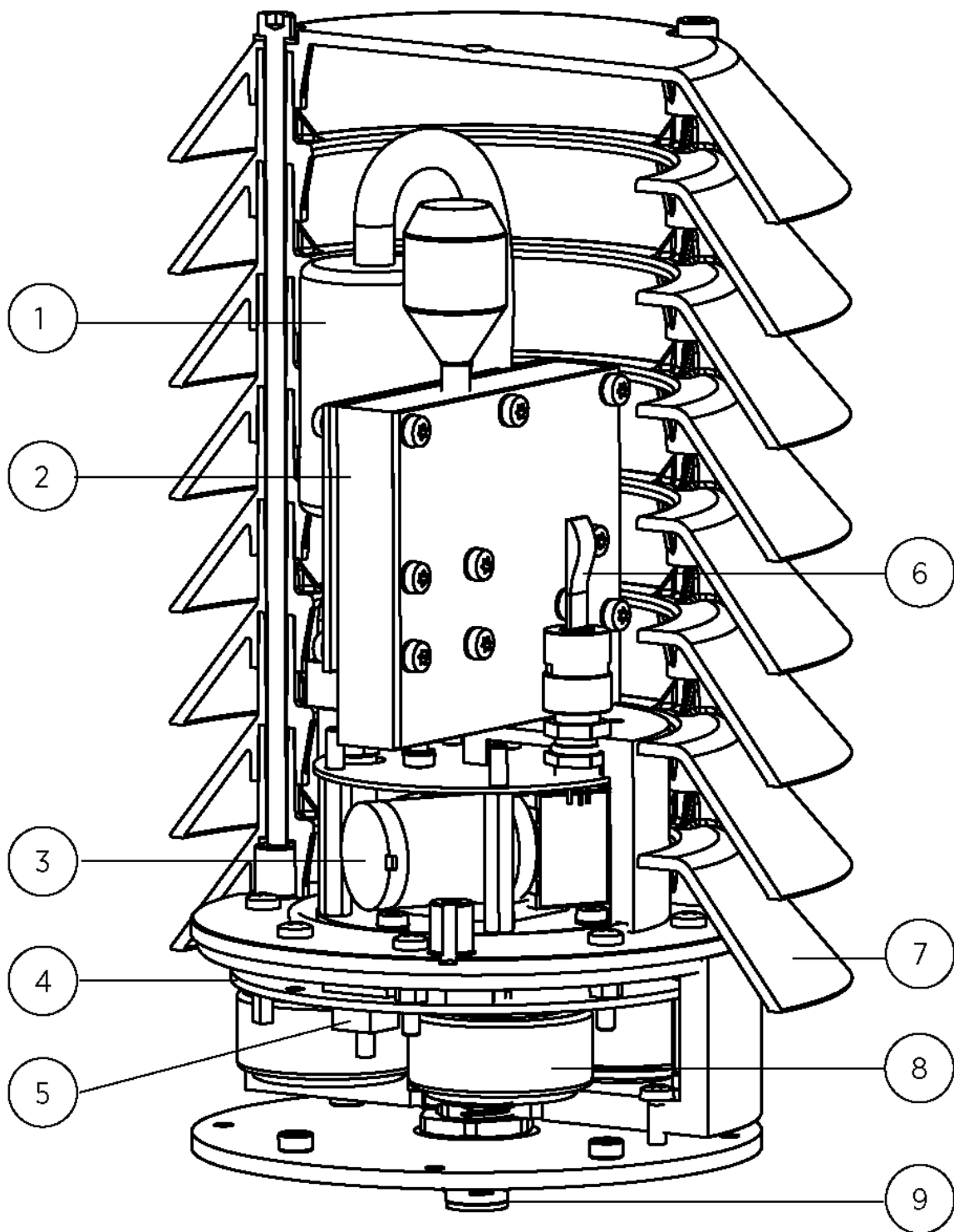


Рис. 4.2 – Структура АQT420:

1 – фільтр; 2 – лазерний лічильник часток; 3 – насос; 4 – основна плата електроніки; 5 – вбудований датчик атмосферного тиску; 6 – комбінований датчик температури і вологості повітря; 7 – радіаційний щит; 8 – блок з чотирма сенсорними елементами; 9 – штекер M12

4.3.2 Доступні вимірювання приладом AQT420

Доступні вимірювання залежать від варіанту продукту і конфігурації. Параметри, що вимірюються, налаштовуються на заводі виробника. При ввімкненому перетворювачі якості повітря, він безперервно проводить вимірювання, незалежно від того, як часто вимірювання відправляються в базу даних або роздруковуються з послідовного порту. Вимірювання лазерним лічильником часток засновані на визначенні кількості частинок, відібраних і усереднених за період 60 секунд, але інтервал вимірювання за замовчуванням становить 10 хвилин (табл. 4.4 та 4.5).

Таблиця 4.4 – Характеристики вимірювань приладом AQT420

Показник вимірювання	Одиниця виміру	Інтервал вимірювання	Вимірювання на виході
Азоту діоксид (NO ₂)	ppm / µg/m ³	1 хвилина	щохвилинне середне
Двоокис сірки (SO ₂)	ppm / µg/m ³		
Вуглецю оксид (CO)	ppm / µg/m ³		
Озон (O ₃)	ppm / µg/m ³		
Тверді частинки PM _{2.5}	µg/m ³	10 хвилин	щохвилинне середне (за останню хвилину 10-хвилинного інтервалу)
Тверді частинки PM ₁₀	µg/m ³		
Температура повітря	°C / °F	1 хвилина	щохвилинне середне
Вологість повітря	%RH		
Тиск повітря	mbar (hPa)		

Таблиця 4.5 – Перерахунок з ppb в µg/m³ (згідно з [1])

Газ	Коефіцієнт конверсії (перерахунковий коефіцієнт) ¹⁾
NO ₂	1 ppb = 1,880 µg/m ³
SO ₂	1 ppb = 2,620 µg/m ³
CO	1 ppb = 1,145 µg/m ³
O ₃	1 ppb = 2,000 µg/m ³

Примітка:¹⁾ при атмосферному тиску навколишнього середовища в 1 атмосферу і температурі +25°C (або 77°F); 1 ppb (частин на мільярд) дорівнює 0,001 ppm (частин на мільйон); «µg/m³» відповідає «мкг/м³».

Після включення AQT420, прилад має стабілізуватися протягом не менше 24 годин (стабілізаційний період або період прогрівання), перш ніж результати вимірювань можуть бути використані. Для забезпечення оптимальної точності вимірювань Vaisala рекомендує 48-годинний період стабілізації. Під час стабілізаційного періоду прилад AQT420 проводить вимірювання, але вони позначені як недійсні.

4.3.3 Електрохімічні осередки для вимірювань газу

Технологія вимірювання газу в AQT420 заснована на запатентованих Vaisala передових алгоритмах і електрохімічної технології.

Відібраний газ викликає реакцію відновлення або окислення в електрохімічних осередках, які створюють слабкий електричний струм. Електричний струм безпосередньо залежить від об'єму вимірюваного газу.

Вимірюючи електричний струм і використовуючи передові алгоритми розрахунку і компенсації, AQT420 розраховує концентрацію газу. Більшість електрохімічних осередків дуже чутливі до умов навколишнього середовища (температури і вологості повітря), але AQT420 усуває (компенсує) цей вплив за допомогою запатентованої Vaisala системи регулювання та компенсації, яка гарантує точні вимірювання концентрації.

Електрохімічні осередки вимагають періоду стабілізації не менше 24 годин після включення приладу AQT420 перед використанням результатів вимірювань. Вимірювання концентрації газів за останні 5 днів впливають на результати вимірювань.

Протягом періоду стабілізації після запуску приладу AQT420 та при подальших вимірюваннях у результатах можуть бути від'ємні значення концентрації газів. Від'ємні значення пов'язані зі зміною калібрування нульової точки.

Всі виміряні значення відображаються і зберігаються на комп'ютері, щоб гарантувати, що ніякі дані не будуть втрачені, і щоб мати можливість виявляти та коригувати дані в подальшій обробці.

4.3.4 Лазерний лічильник часток (*laser particle counter – LPC*)

Технологія датчика часток лазерного лічильника часток в AQT420 заснована на розсіюванні лазерного світла, викликаного частинками, які проходять крізь це світло. За допомогою оптики і світлочутливих датчиків лазерний лічильник частинок вимірює дані про інтенсивність кутового розсіювання і аналізує їх за допомогою цифрової обробки сигналів (*digital signal processing – DSP*). Цей метод дозволяє вимірювати частки розміром 0,3 ... 10 мкм і розраховувати маси частинок $PM_{2,5}$ та PM_{10} .

Лазерний лічильник часток (LPC) є лазерним продуктом Класу 1.

Вимірювання лічильника часток засновані на кількості частинок, відібраних за період 60 секунд, а інтервал вимірювання за замовчуванням становить 10 хвилин. Інтервал можна налаштувати через інтерфейс командного рядка. Під час відбору проби LPC-насос в пристрої видає звук.

4.3.5 Вплив умов навколишнього середовища

Умови навколишнього середовища (температура та відносна вологість повітря) можуть впливати і спотворювати результати вимірювань.

Прилад AQT420 включає в себе складну функцію компенсації для усунення спотворень. Якщо умови змінюються дуже швидко (наприклад, відносна вологість раптово падає), може бути деяка похибка вимірювання, яка тимчасово перевищує технічні характеристики.

Висока відносна вологість впливає на лічильник частинок лазера (LPC). Щоб усунути ефекти, AQT420 компенсує це, але можуть виникати піки в результатах вимірювань PM10 в умовах конденсації.

Температура повітря. Для робочого середовища характеристики вимірювання повністю працездатні та відповідають специфікаціям для температур від мінус 30 до +40°C (від мінус 22 до +104°F), а обмежуючим параметром є електрохімічний осередок для вимірювань газу. У діапазоні температур від мінус 40 до +50°C (від мінус 40 до +122°F) прилад AQT420 залишається працездатним, але вимірювання можуть не відповідати технічним характеристикам (обмежена продуктивність).

Увага, необхідно уникати потрапляння прямих сонячних променів при високих температурах протягом тривалого часу. Наприклад, вплив прямих сонячних променів при температурі +50°C (+122°F) може пошкодити датчик якості повітря.

Вологість. При вимірюванні вологості обмежуючий фактор при низькій <15% відносної вологості пов'язаний з висушуванням електрохімічного осередку, а при високих значеннях вологості >95% відносної вологості – з поглинанням вологи в осередку. Висока вологість повітря (>95% відносної вологості) також впливає на продуктивність лазерного лічильника частинок, тому що частинки поглинають воду з повітря і збільшуються в розмірах, впливаючи на еквівалентний діаметр, поділ між бункерами різних розмірів і масу. Цей ефект в деякій мірі компенсується, що призводить до обмеженої продуктивності.

Атмосферний тиск. Прилад AQT420 повинен використовуватися в діапазоні тиску, в якому він калібрований. Стандартне калібрування дійсне для атмосферного тиску від 800 до 1200 гПа. Екстремальні значення атмосферного тиску впливають на точність калібрування, оскільки прилад AQT420 вимірює концентрацію газу в обсязі повітря.

4.4 Встановлення приладу AQT420

4.4.1 Вибір місця встановлення AQT420

Компактний і захищений від атмосферних впливів AQT420 може бути встановлений в різних місцях на відкритому повітрі.

Для забезпечення репрезентативних вимірювань навколишнього середовища, необхідно дотримуватися таких інструкцій при установці приладу AQT420:

- не встановлюйте пристрій поряд з потужними радіопередавачами або антенами метеостанції;
- переконайтеся, що інше локальне устаткування, таке як лінії електропередач і генератори, не може вплинути на продуктивність;
- якщо ви використовуєте радіозв'язок, наприклад, MOG100, встановіть її на іншій висоті і далеко від AQT420;
- переконайтеся, що лінії електроживлення та зв'язку доступні;
- уникайте потрапляння прямих сонячних променів при високих температурах протягом тривалого часу (наприклад, їх тривалий вплив при +50°C (+122°F) може пошкодити AQT420).

4.4.2 Необхідні інструменти та обладнання

Для установки AQT420 знадобляться наступні інструменти:

- хрестова викрутка;
- 5-мм шестигранний ключ (для установки на опору щогли/датчика);
- викрутка та 2 гвинта (для настінного монтажу).

4.4.3 Розпакування нового AQT420

Вийміть перетворювач (датчик) якості повітря AQT420 з картонної упаковки (рис. 4.3) і переконайтеся, що під час транспортування не виникли видимі пошкодження. Якщо буде виявлено будь-яке пошкодження, необхідно негайно зв'язатися з постачальником приладу AQT420 та технічною підтримкою Vaisala. Контейнер і пакувальні матеріали зберігаються для майбутнього транспортування або доставки.

4.4.4 Установка AQT420

Встановіть прилад AQT420 на висоті 1,5-4,0 м (5-13 футів) від поверхні землі. Місцеві (державні) стандарти і рекомендації можуть впливати на висоту установки. Щоб зменшити накопичення відкладень, обробіть пристрій безворсовими рукавичками і видаліть все мастило з поверхні приладу після його установки.

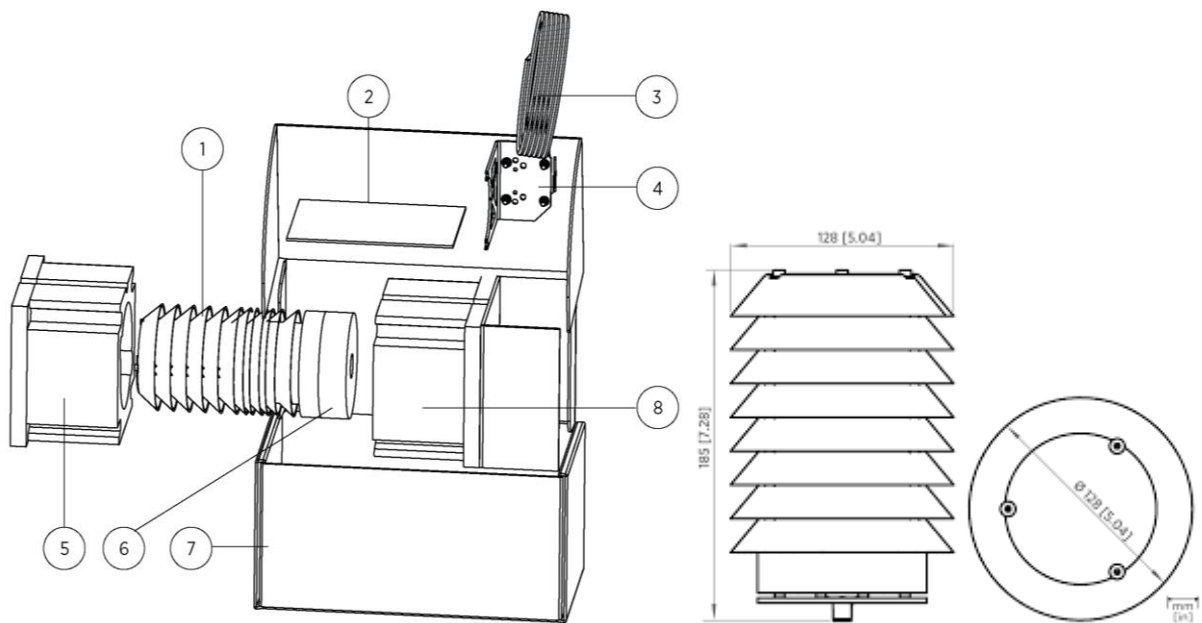


Рис. 4.3 – Вміст транспортувального контейнера та розміри AQT420:
 1 – перетворювач (датчик) якості повітря; 2 – керівництво користувача і протокол випробувань; 3 – кабель M12; 4 – монтажний комплект;
 5 – захисна упаковка (верх); 6 – захисна упаковка AQT420;
 7 – пакувальна коробка; 8 – захисна упаковка (нижня)

Спочатку необхідно прикріпити кронштейн на щоглі, до кронштейну приладу або до стіни, в залежності від вибору установки, а потім прикріпити AQT420 на монтажний кронштейн (рис. 4.4).

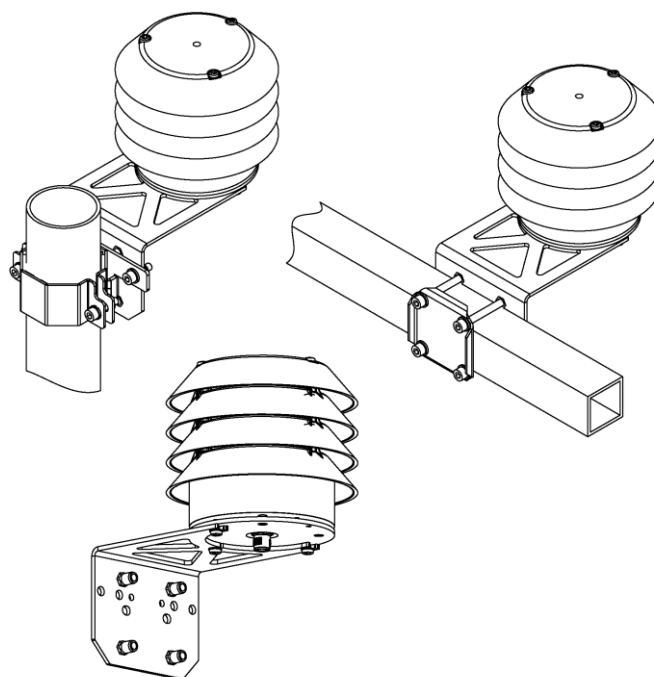


Рис. 4.4 – Варіанти установки (монтажу) приладу AQT420

4.4.4.1 Установка кронштейна на щоглі (або на трубі) діаметром 60-100 мм

Для установки кронштейна на щоглі діаметром 60-100 мм потрібен 5-мм шестигранний ключ.

Для оптимальної установки матеріал труби або щогли повинен мати товщину не менше 3 мм (0,12 дюйма), а зовнішній діаметр труби або щогли – 60-100 мм (2,36-3,94 дюйма).

Прикріплення кронштейну до затискача і встановлення вузла на щоглі здійснюється згідно схеми, показаної на рис. 4.5.

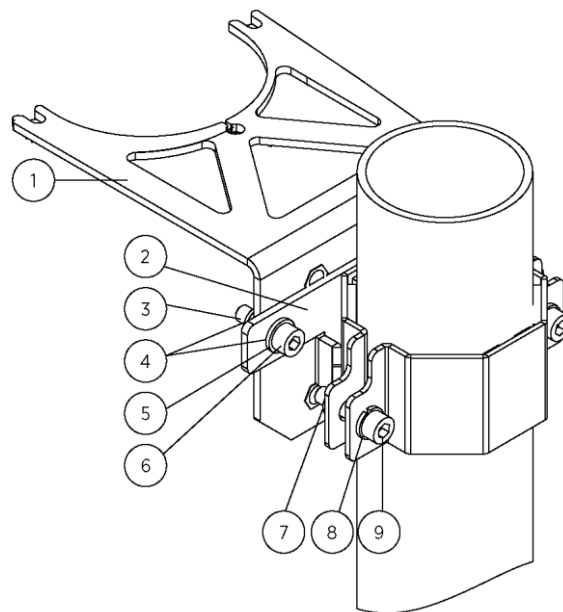


Рис. 4.5 – Схема установки кронштейна на щоглі діаметром 60-100 мм:

- 1 – кронштейн; 2 – затискач; 3 – гайки DIN985 M6 (2 шт.);
- 4 – шайба DIN125 M6 (4 шт.); 5 – пружинна шайба DIN127 M6 (2 шт.);
- 6 – гвинт з шестигранною головкою DIN912 M6×16 (2 шт.);
- 7 – гайка DIN929 M6 (2 шт.); 8 – пружинна шайба DIN127 M6 (2 шт.);
- 9 – гвинт з шестигранною головкою DIN912 M6×25 (2 шт.)

4.4.4.2 Установка кронштейна на опорний кронштейн приладу або на щоглу діаметром 35-40 мм

Для установки кронштейна на опорний кронштейн приладу або на щоглу діаметром 35-40 мм потрібен 5-мм шестигранний ключ.

Для оптимальної установки матеріал труби або щогли повинен мати товщину не менше 3 мм (0,12 дюйма), а зовнішній діаметр труби або щогли – 35-40 мм (1,38-1,57 дюйма).

Установка кронштейна на опорний кронштейн приладу або до стіни здійснюється згідно схеми, показаної на рис. 4.6.

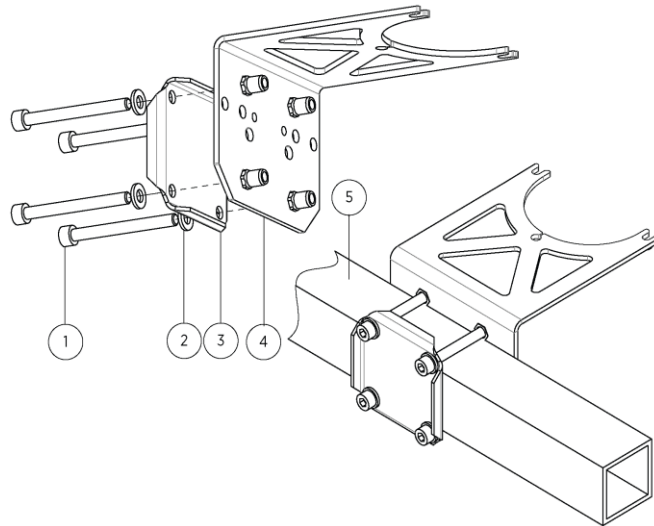


Рис. 4.6 – Схема установки кронштейна на опорный кронштейн прибора
 або до стіни: 1 – гвинт з внутрішнім шестигранником М6×60 DIN912 А4
 (4 шт.); 2 – плоска шайба А6,4 DIN125 А4 (4 шт.); 3 – затискна пластина;
 4 – монтажний кронштейн; 5 – кронштейн приладу

4.4.4.3 Установка кронштейна на стіну

Для установки кронштейна на стіну потрібні шурупи (2 шт.),
 відповідно для матеріалу стіни, та викрутка.

Установка кронштейна на стіну виконується за наступними етапами:

1) просвердлите отвори в стіні, використовуючи монтажний
 кронштейн в якості шаблону (рис. 4.7);

2) прикріпіть кронштейн до стіни (див. схему на рис. 4.6).

При необхідності використовуйте дюбелі та шурупи, які підходять
 для матеріалу стіни.

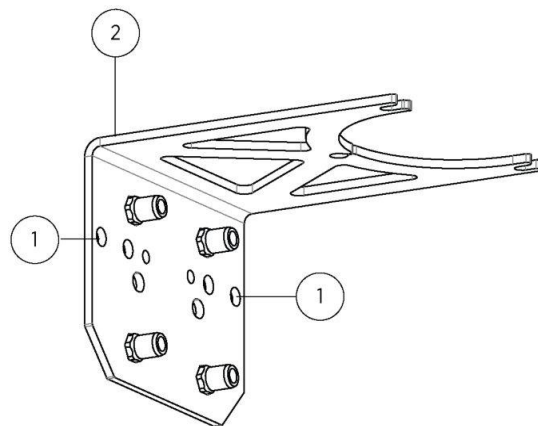


Рис. 4.7 – Схема використання монтажний кронштейн в якості шаблону
 при просвердленні отворів в стіні: 1 – отвір для настінного монтажу (2 шт.);
 2 – монтажний кронштейн

4.4.4.4 Установка AQТ420 на монтажный кронштейн

Для установки приладу AQТ420 на монтажный кронштейн (рис. 4.8) потрібна хрестова викрутка.

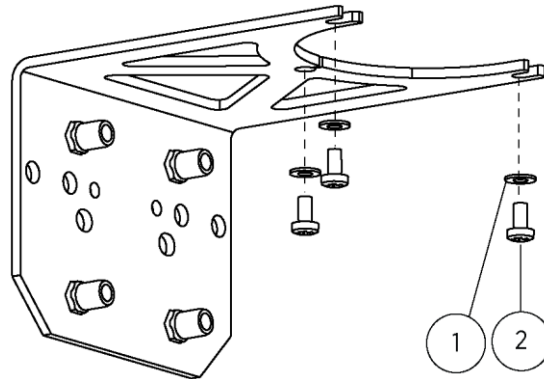


Рис. 4.8 – Схема монтажного кронштейну для установки приладу AQТ420:
1 – плоска шайба А4,3 DIN125 А4 (3 шт.); 2 – гвинт з напівкруглою
головкою М4×8 DIN7985 PZ А4 (3 шт.)

Установка приладу AQТ420 на монтажный кронштейн здійснюється згідно схеми, показаної на рис. 4.9, за наступними етапами:

1) вставте 2-а гвинта з напівкруглими головками і плоскими шайбами в отвори на протилежних сторонах нижньої пластини приладу, залишивши гвинти на відстані приблизно 5 мм (0,20 дюйма) від поверхні приладу (рис. 4.9, 1);

2) вставте гвинти в пази в монтажному кронштейні (рис. 4.9, 2), переконавшись, що отвір у монтажному кронштейні збігається з отвором в нижній пластині приладу;

3) вставте 3-й гвинт з шайбою в отвір в монтажному кронштейні, прикріпіть до приладу та затягніть гвинт(рис. 4.9, 3);

4) затягніть 2-а інших гвинта і переконайтеся, що пристрій надійно прикріплений до монтажного кронштейну.

4.4.5 Підключення кабелів і живлення до приладу AQТ420

Прилад AQТ420 використовує напругу постійного струму 8-30 В. Потрібно використовувати джерело живлення, що відповідає цій напрузі. Заборонено перевищувати вказаний діапазон вхідної напруги. Джерело живлення повинно забезпечувати потужність не менше 5 Вт, хоча AQТ420 може споживати менше енергії, ніж 5 Вт. Крім того, Vaisala дозволяє використовувати тільки рекомендовані типи і довжини кабелів.

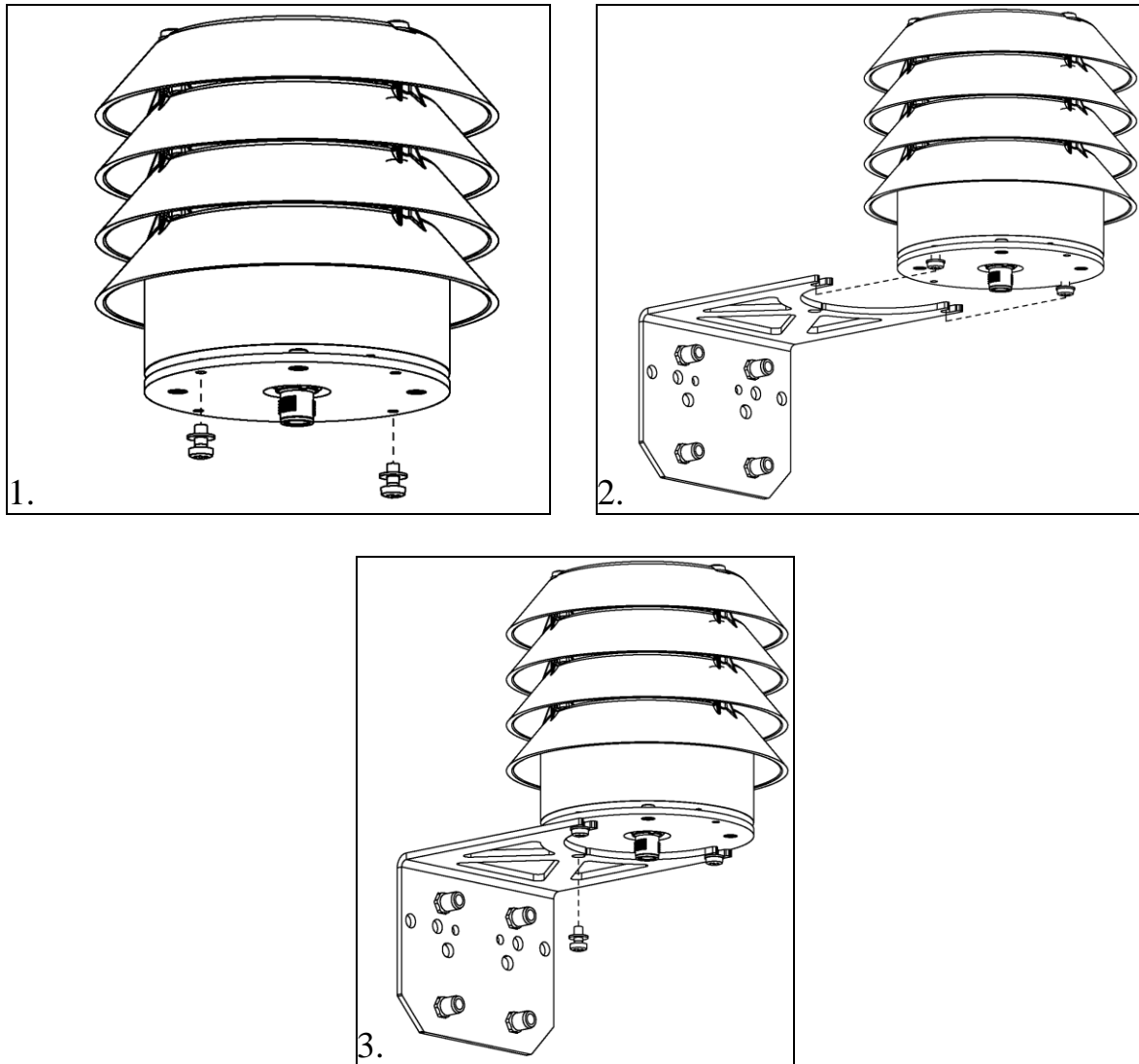


Рис. 4.9 – Схема установки приладу AQT420 на монтажний кронштейн

Підключення кабелів і живлення до приладу AQT420 здійснюється за наступними етапами:

1) підключіть 8-контактний кабель M12 до роз'єму M12 в AQT420 і вручну затягніть зовнішню втулку;

2) простягніть кабель M12 уздовж щогли/труби і використовуйте відповідний обмежувач натягу з кабелем;

3) підключіть інший кінець кабелю до зовнішнього джерела живлення або до будь-яких інших необхідних систем, ізолюйте всі не використані дроти кабелю на кінцевому обладнанні та щоб зберегти характеристики електромагнітної сумісності, зберігайте цілісність екрану кабелю в місцях, де кабелі обрізані та повторно підключені (наприклад, розподільні коробки, вилки і розетки);

4) переконайтеся, що AQT420 правильно підключений до джерела живлення і до будь-яких інших систем (див. табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Підключення кабелю M12 до RS-485

Штир M12	Колір проводу	RS-485
5	сірий	B (-)
6	рожевий	A (+)
7	синій	земля (заземлення)
8	червоний	8-30 В (потужність постійного струму)

Увімкніть джерело живлення і перш ніж використовувати результати вимірювань, дайте приладу стабілізуватися протягом не менше 24 годин. Для забезпечення оптимальної точності вимірювань Vaisala рекомендує 48-годинний період стабілізації. Прилад AQT420 проводить вимірювання протягом періоду стабілізації, але вимірювання позначаються як недійсні. Результати вимірювань концентрації газу (включаючи NO₂, O₃, SO₂, CO) зберігаються в пам'яті протягом 5 днів.

Фірма-виробник приладу AQT420 (Vaisala Oyj) рекомендує використовувати акумуляторну батарею або джерело резервного безперебійного живлення (uninterrupted power source – UPS). Якщо джерела резервного безперебійного живлення немає, то збій у живленні приладу або його втрата хоча б на декілька секунд можуть призвести до переривання вимірювання на кілька годин (до 24 годин).

4.5 Конфігурація і експлуатація

4.5.1 Конфігурація приладу AQT420

Переглядати дані вимірювань і змінювати налаштування приладу AQT420 можна через послідовний інтерфейс RS-232. Даний інтерфейс використовується в основному для технічного обслуговування.

Для підключення AQT420 до комп'ютера Vaisala рекомендує використовувати комплект сервісного кабелю (рис. 4.10) та інструмент графічного інтерфейсу користувача – програма AQ Tool.

Для більш універсального управління й усунення несправностей необхідно використовувати стандартний термінал програми з інтерфейсом командного рядка (command line interface – CLI) [1].

4.5.2 Установка програми AQ Tool

Для установки програми AQ Tool потрібен комп'ютер з однією з наступних операційних систем:

- Microsoft Windows 7;
- Microsoft Windows 8;
- Microsoft Windows 10.

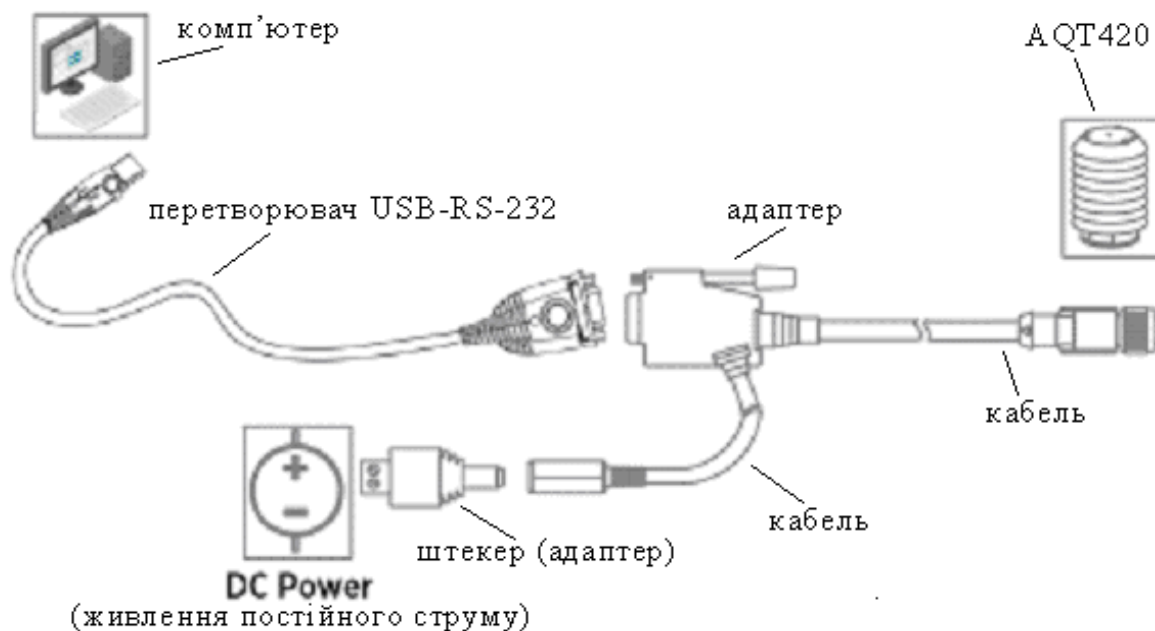


Рис. 4.10 – Схема підключення AQT420 до комп'ютера і джерела живлення

Установка програми AQ Tool на комп'ютер здійснюється за наступними етапами:

1) знайдіть на веб-сайті www.vaisala.com завантаження для «AQ Tool» (AQ Tool Configuration Tool + USB Driver) і збережіть установочний файл програми AQ Tool на своєму комп'ютері;

2) розпакуйте установочний файл програми AQ Tool та двічі клацніть файл EXE, щоб запустити програму установки (якщо буде запропоновано довіряти програмі, виберіть «Run»);

3) дотримуйтесь інструкцій на екрані та прийміть розташування установки за замовчуванням або виберіть «Browse», щоб вибрати інше місце розташування;

4) для завершення установки виберіть «Finish».

4.5.3 Підключення AQT420 через RS-232 до комп'ютера з AQ Tool

Для підключення AQT420 до комп'ютера потрібна викрутка.

Підключення AQT420 через інтерфейс RS-232 до комп'ютера здійснюється за наступними етапами:

1) з використанням комплекту сервісного кабелю з'єднують прилад AQT420 з комп'ютером (рис. 4.10);

2) відкриті кабелі джерела живлення підключають до адаптера, який підключають до відповідного роз'єму джерела постійного струму («плюс» з'єднують з червоним проводом, «мінус» – з чорним проводом), а також підключають власне джерело живлення безпосередньо до відповідного роз'єму постійного струму;

3) на комп'ютері, до якого підключений прилад AQT420, запускається програма AQ Tool;

4) для підключення до приладу AQT420 та початку вимірювань у відкритому вікні програми AQ Tool вибираємо (натискаємо) «Connect».

4.5.4 Перегляд результатів вимірювань

Програма AQ Tool відображає результати поточних вимірювань AQT420 у вікні «Measurements» (вимірювання).

Протягом періоду стабілізації (24 години) результати вимірювань у цьому вікні відображаються червоний кольором (рис. 4.11), а внизу вікна програми AQ Tool буде червоний напис «Device is warming up» (прилад прогрівається).

Після завершення періоду стабілізації (рис. 4.12) внизу вікна програми AQ Tool буде відображатися зелений текст «Device is ready for measurements» (вимірювання надійні), тобто прилад AQT420 готовий (дані вимірювань надійні).

В програмі AQ Tool можна змінити одиниці вимірювання даних, які відображаються у вікні «Measurements».

Для зміни одиниць вимірювань необхідно в «Measurement units:» (одиниці виміру) вибрати «ppm» або « $\mu\text{g}/\text{m}^3$ » (« $\text{мкг}/\text{м}^3$ ») та «°C» або «°F».

Щоб переглянути дані вимірювань за ретроспективний період в графічному форматі необхідно вибрати (натиснути) «Show graph» (показати графік).

Графіки відкриються у окремому вікні «Measurements» (рис. 4.13), в якому необхідно встановити наступне:

1) натиснувши «Device» (пристрій) вибрати потрібний прилад AQT420 із списку відображених пристроїв, які були підключені до комп'ютера і для яких є дані вимірювань;

2) далі у «Measurements» виберіть виміряні показники, для яких необхідно побудови графіки (графік коригується, як тільки буде зроблено вибір) або очистити всі вибори, використовуючи «Clear» (очистити);

3) з використанням «Date range» (діапазон дат) визначте інтервал, для з якого потрібно переглянути вимірювання (при необхідності виберіть «Always show latest» (завжди показувати останні), щоб включити найостанніші вимірювання);

4) використовуючи «Graph» (графік) виберіть «Manual range» (діапазон в ручну), якщо необхідно налаштувати вісі X і Y графіка (в іншому випадку вісі розпочинаються з 0).

Програма AQ Tool показує вимірювання лише для одного приладу AQT420 за один раз. Щоб переглянути вимірювання по іншому приладу, його необхідно вибрати з використанням «Device».

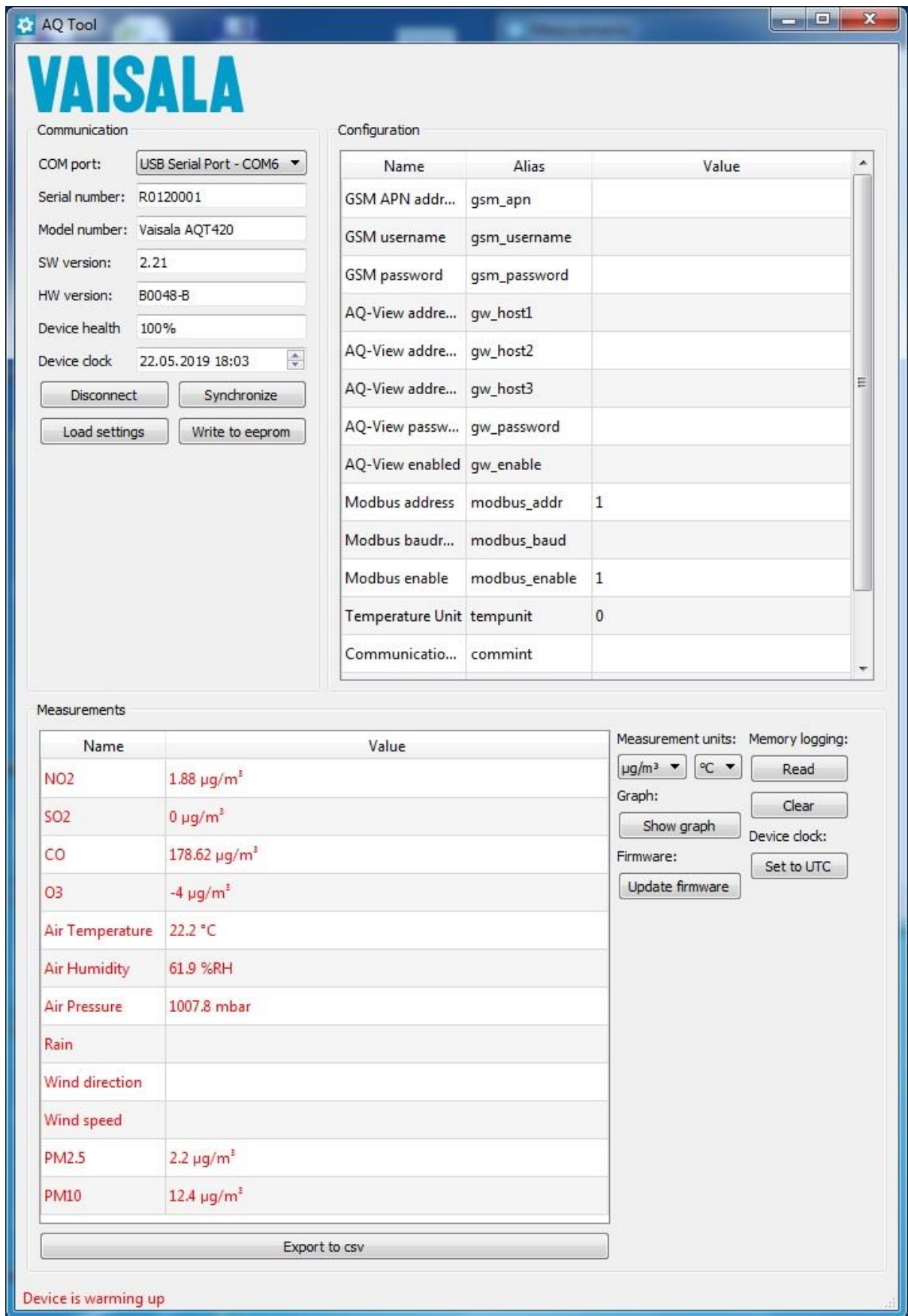


Рис. 4.11 – Вікно програми AQ Tool під час періоду стабілізації AQT420

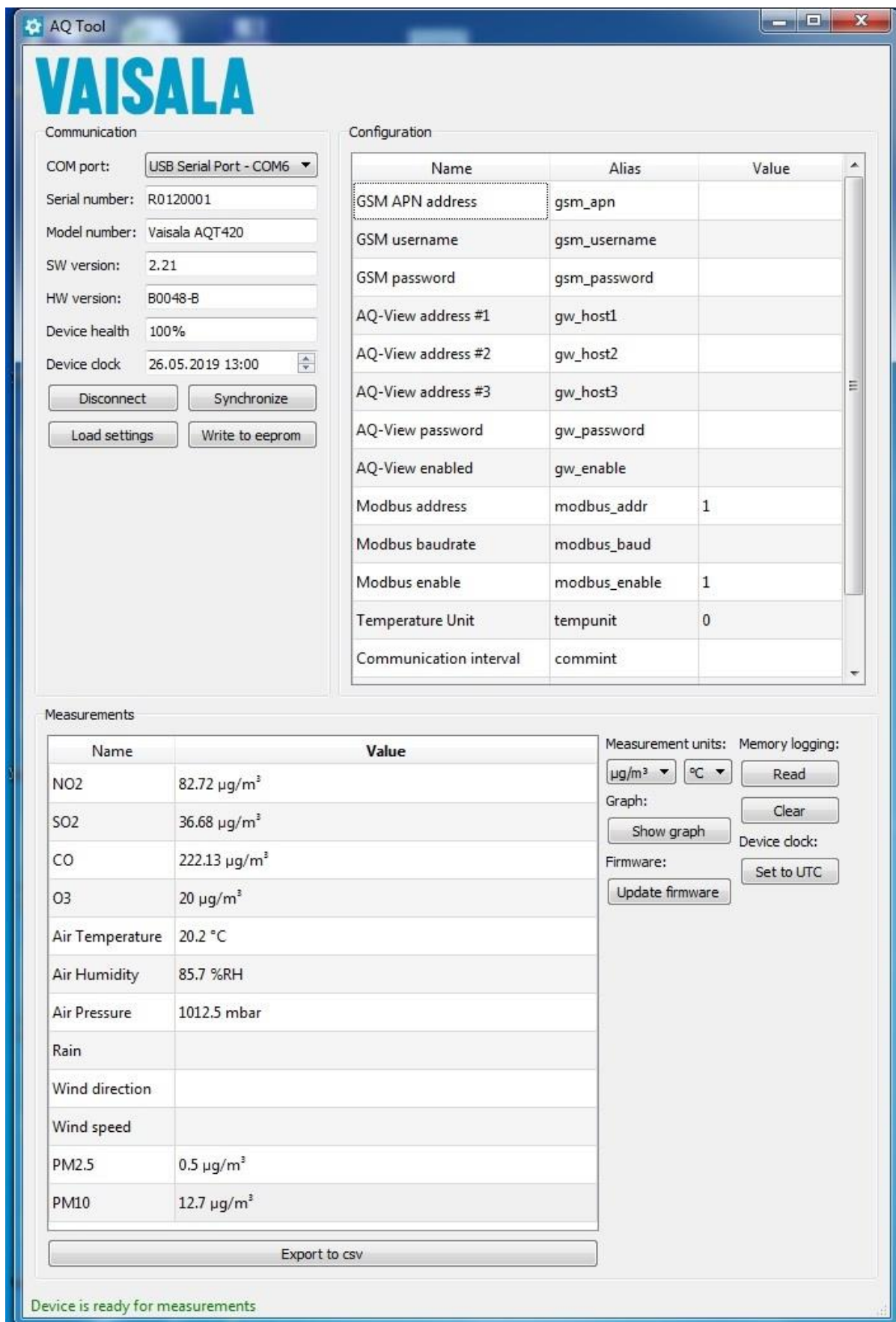


Рис. 4.12 – Вікно програми AQ Tool після завершення стабілізації AQT420

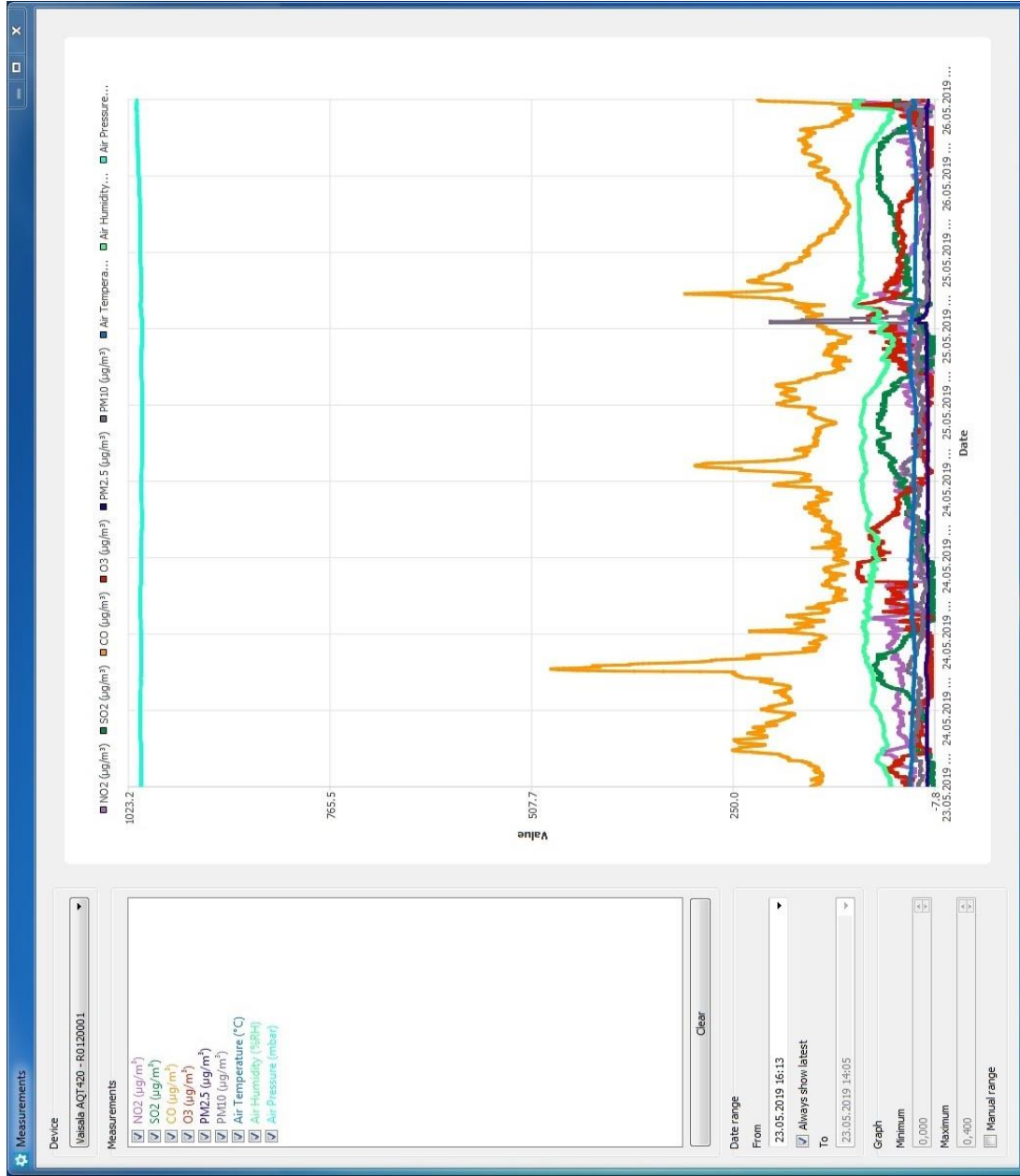


Рис. 4.13 – Вікно програми AQ Tool для перегляду даних вимірювань у графічному форматі

4.5.5 Експорт даних в форматі CSV

Експортувати дані фактичних вимірювань можна у форматі CSV, використовуючи програму AQ Tool, яка отримує ці дані з бази даних. Для експорту даних підключення до AQT420 не потрібно. Експорт даних за допомогою програми AQ Tool здійснюється наступним чином:

1. Вибирають «Export to csv» (експорт в csv).
2. У вікні «Select measurements to export» (вибір вимірювань для експорту), приклад якого показаний на рис. 4.14, здійсніть наступні дії:
 - виберіть зі списку необхідний «Device» (пристрій);
 - визначте дату і час початку «From» (від) та закінчення «To» (до) вимірювань для експорту;
 - за допомогою «Measurement types» (типи вимірювань) виберіть вимірювання, які ви хочете включити в експорт.
3. Виберіть «OK» і місце для експорту файлу CSV.

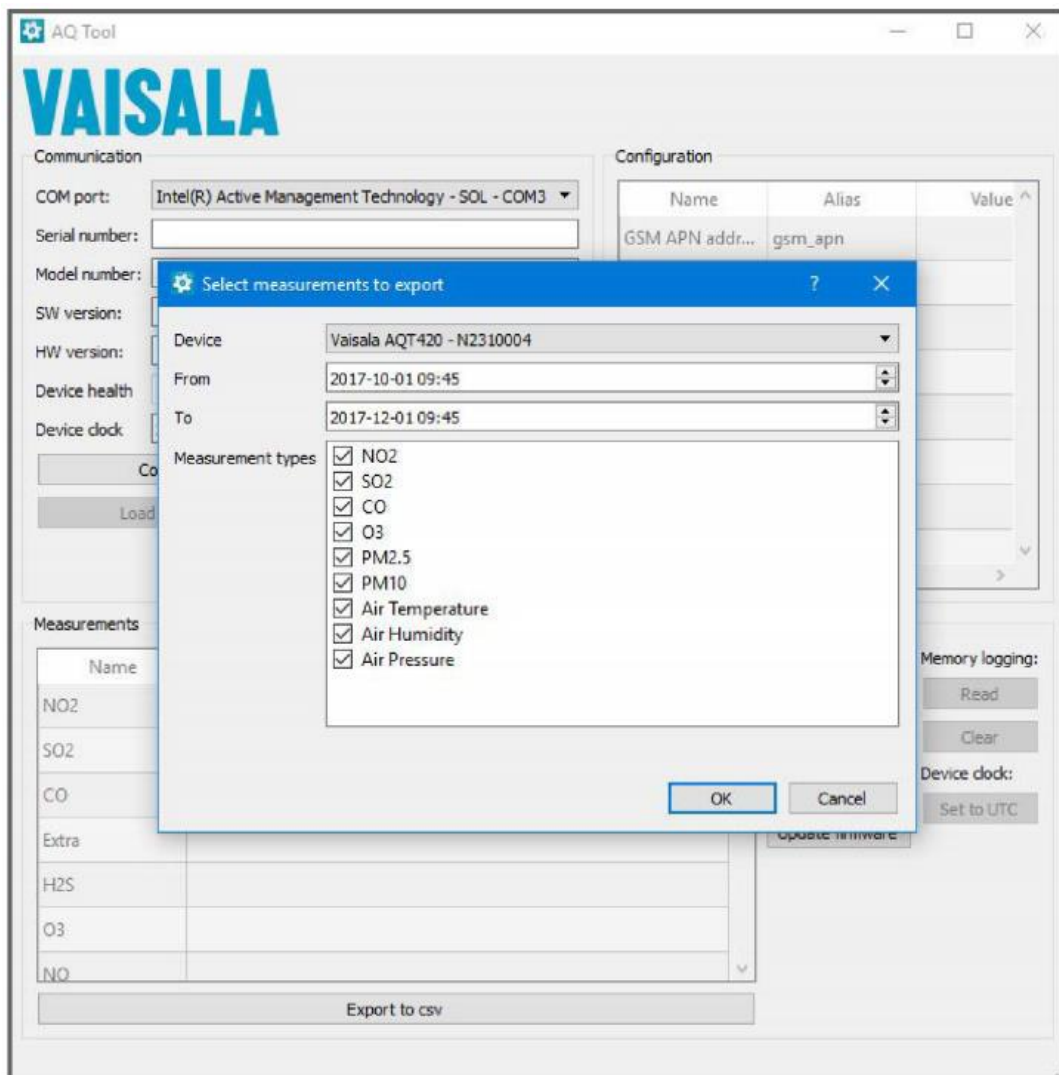


Рис. 4.14 – Вікно «Select measurements to export» програми AQ Tool [1]

4.6 Режим та формат передачі даних приладом AQT420

Щоб змінити режим передачі даних Modbus RS-485, встановіть з'єднання з технічним обслуговуванням з RS-232. Якщо використовується MOG100, то не потрібно коригувати налаштування.

Інтерфейс RS-485 використовується в основному для передачі даних. Інтерфейс підтримує такі протоколи передачі даних: Modbus ASCII та Modbus RTU.

При використанні інтерфейсу RS-485 на великі відстані використовується захищений і кручений парний кабель з обох кінців, що закінчується кінцевим резистором 120 Ом.

Щоб використовувати порт RS-485 в режимі Modbus ASCII, використовуються наступні налаштування: швидкість передачі даних – 9600, режим – ASCII, налаштування порту – 7E1 (7 бітів даних, парний пар, один стоп-біт).

Щоб використовувати порт RS-485 в режимі Modbus RTU, використовуйте наступні налаштування: швидкість передачі даних – 9600, режим – RTU, параметри порту – 8E1 (8 бітів даних, парний пар, один стоп-біт).

Режим Modbus RTU може спричинити помилки зв'язку. Це не впливає на передачу даних або на доступність і точність даних вимірювань. Такі помилки можна ігнорувати.

Прилад AQT420 відповідає режимам Modbus ASCII та Modbus RTU. Реєстр – 16-бітове ціле число (- або +). Повні технічні характеристики представлені на наступному веб-сайті: <http://www.modbus.org/> [1].

4.7 Обслуговування та налаштування приладу AQT420

4.7.1 Зняття радіаційного щита з приладу AQT420

Для зняття радіаційного щита з приладу AQT420 потрібний 3-мм шестигранний ключ.

Щоб замінити модулі в AQT420, необхідно зняти екран захисту від випромінювання (рис. 4.15).

Процедура зняття екрану захисту від випромінювання з приладу AQT420 здійснюється у наступній послідовності:

- 1) послабте 3 гвинта, які утримують радіаційний екран, витягніть їх і зніміть захисний екран;
- 2) проведіть необхідне технічне обслуговування;
- 3) щоб прикріпити екран захисту від випромінювання, використовуйте 3-и шайби і гвинти, затягнувши гвинти.

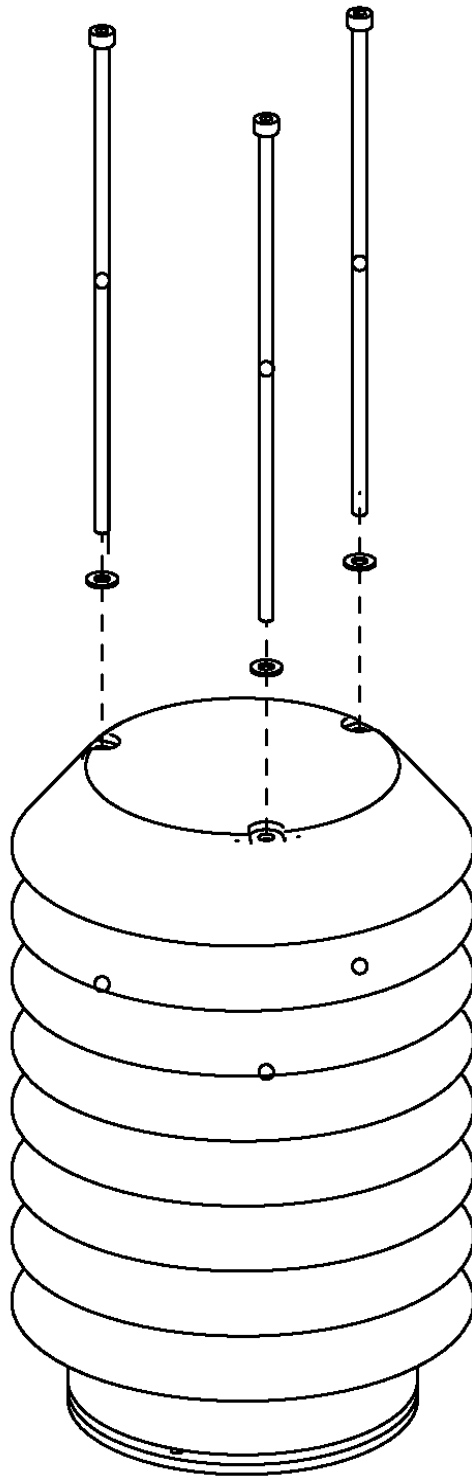


Рис. 4.15 – Схема зняття радіаційного щита з приладу AQT420 [1]

4.7.2 Заміна базового модуля приладу AQT420

Для заміни базового модуля приладу AQT420 потрібні: 3-мм шестигранний ключ, хрестова викрутка, ноутбук або інший комп'ютер зі стандартною термінальною програмою, комплект сервісного кабелю.

Базовий модуль приладу AQT420 замінюється у випадку, якщо стан приладу (індикатор обслуговування) нижче 30%. Щоб не пошкодити прилад AQT420 заміну необхідно виконувати у приміщенні.

Заміна базового модуля приладу AQT420 здійснюється у наступній послідовності:

1. Якщо раніше були створені спеціальні конфігурації для базового модуля, встановіть з'єднання з AQT420 за допомогою RS-232 і скопіюйте конфігурацію і налаштування на свій комп'ютер.
2. Зніміть AQT420 з кронштейну на місці установки.
3. Зніміть захисний екран (рис. 4.15).
4. Видаліть 8-и гвинтів, які утримують кришку на місці.
5. Підніміть кришку, щоб можна було бачити роз'єм кришки, та від'єднайте роз'єм від друкованої плати базового модуля (рис. 4.16).
6. Вийміть новий калібрований базовий модуль з коробки.
7. Підключіть роз'єм до друкованої плати нового базового модуля, перевірте, щоб кільце ущільнювача було на місці, і закрийте кришку.
8. Щільно закрутіть гвинти.
9. Прикріпіть захисний екран за допомогою 3 гвинтів і затягніть їх.
10. Перевірте установку базового модуля AQT420. Згідно з настройками за замовчуванням запасна частина повністю сумісна з AQT420. Якщо раніше були створені спеціальні конфігурації, скопіюйте конфігурацію і налаштування з вашого комп'ютера на новий базовий модуль. Перевірте правильність годин, хвилин і секунд реального часу і при необхідності відрегулюйте. В програмі AQ Tool виберіть «Set to UTC». У спеціальній термінальній програмі використовуйте команду «date»: date [YYYY-MM-DDTHH: II: SS], наприклад, date 2019-05-24T12: 34:11.
11. Перевірте установку базового модуля AQT420. Для цього встановіть з'єднання для технічного обслуговування за допомогою термінальної програми і введіть наступне: `initconf – aqt420, write – really`. Для перевірки правильності налаштувань, введіть наступне: `show unit`. Щоб переконатися, що все працює належним чином, використовуйте AQ Tool.

4.7.3 Зміна каліброваних електрохімічних елементів

В приладі AQT420 використовуються електрохімічні елементи для вимірювання забруднюючих газів. Електрохімічні елементи є витратними матеріалами, які необхідно замінювати через рівні проміжки часу. Розрахунковий термін служби елементи становить 12-36 місяців, в залежності від умов експлуатації приладу та елементів. Необхідно слідкувати за індикатором обслуговування (працездатності) приладу в програмі AQ Tool. Коли працездатність приладу AQT420 нижче 30%, Vaisala рекомендує замінити електрохімічні елементи.

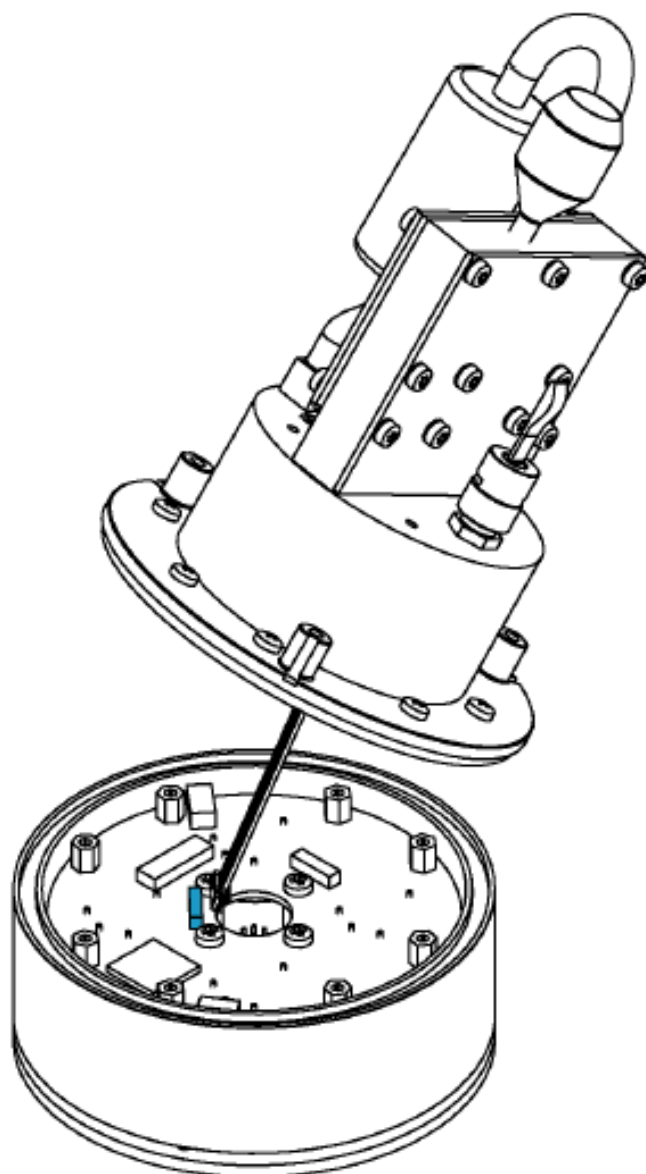


Рис. 4.16 – Схема заміни базового модуля приладу AQT420 [1]

Щоб замінити електрохімічні елементи, виконайте одну з таких дій:

1. Рекомендується надіслати прилад AQT420 для профілактичного обслуговування в сервісний центр фірми Vaisala або до кваліфікованого представника Vaisala. В рамках планового технічного обслуговування Vaisala очищає AQT420, замінює калібровані електрохімічні елементи на новий базовий модуль AQT420 і замінює фільтр LPC.

2. Придбайте базовий модуль AQT420, включаючи нові калібровані електрохімічні елементи. Замініть базовий модуль на новий згідно з наданими інструкціями, викладеними у посібнику з налаштування перетворювача якості повітря AQT420 фірми Vaisala. Тільки досвідчений електромеханік може виконати цю процедуру обслуговування.

4.7.4 Заміна фільтра LPC

Для заміни фільтра LPC у приладі AQT420 потрібний 3-мм шестигранний ключ.

Фільтр для лазерного лічильника частинок (LPC) у приладі AQT420 необхідно замовляти в фірмі Vaisala.

Щоб не пошкодити прилад, виконуйте заміну в приміщенні.

Заміна фільтра LPC у приладі AQT420 здійснюється у наступній послідовності:

1. Зніміть AQT420 з кронштейну на місці установки.
2. Зніміть захисний радіаційний екран (рис. 4.15).
3. Зніміть фільтр (рис. 4.17), від'єднавши трубки від їх нижньої точки кріплення.
4. Замініть фільтр на новий.
5. Прикріпіть захисний екран за допомогою 3-ох гвинтів і затягніть гвинти.

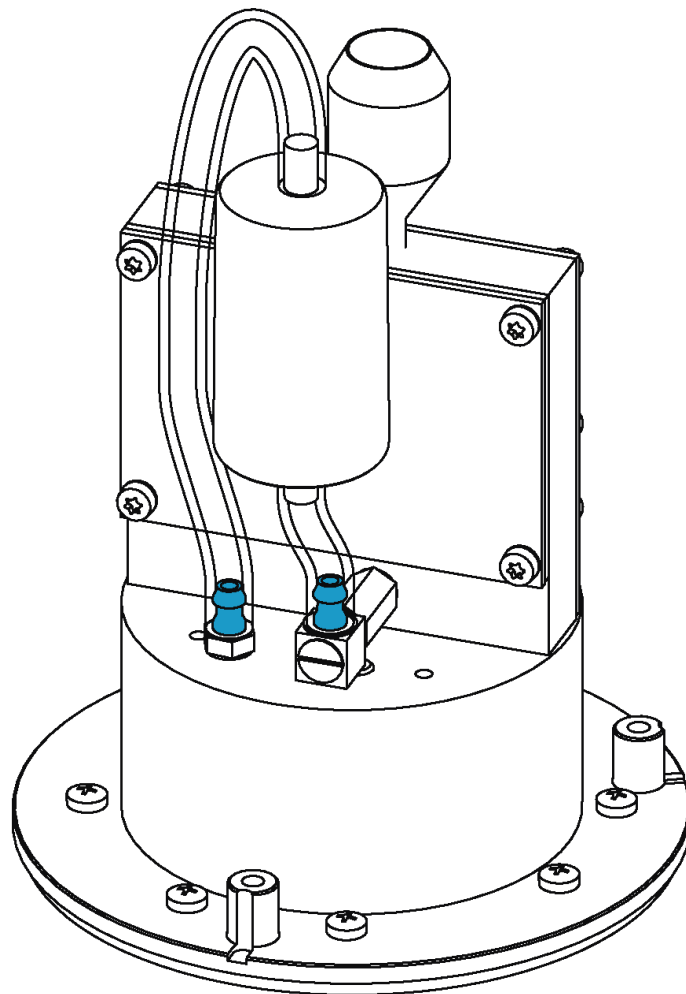


Рис. 4.17 – Схема заміни фільтра LPC у приладі AQT420 [1]

4.8 Усунення несправностей

Якщо прилад AQT420 не працює належним чином, необхідно перевірити всі кабелі і роз'єми на цілісність, погані контакти або корозію (табл. 4.7). Крім того, перевірте потреби (строки) в обслуговуванні.

Таблиця 4.7 – Усунення несправностей AQT420 [1]

Несправність	Ймовірна причина	Спосіб усунення
Помилка вимірювання або невідповідні значення даних	Налаштування невірні	Зверніться до служби технічної підтримки Vaisala
	Стався збій обладнання	
Немає відповіді на будь-які команди	Неправильне підключення	Перевірте проводку, терморегулятори і підключення M12
	Експлуатаційна потужність не підключена	Перевірте робочу напругу.
	Швидкість передачі даних або інше серійна властивість пристрою відрізняється від хосту	Підключіть серійний кабель і перевірте налаштування послідовного порту пристрою за допомогою AQ Tool або термінальної програми

Якщо несправність не зникла, необхідно звернутися до служби технічної підтримки Vaisala, попередньо підготувавши звіт про проблему, яка виникла. В цьому звіті слід вказати наступне [1]:

- Що не вдалося (що спрацювало / не спрацювало)?
- Де стався збій (місце розташування та оточення)?
- Коли стався збій (дата, відразу / через деякий час / періодично / випадково)?
- Скільки несправностей (тільки один дефект / інші однакові або схожі дефекти / кілька збоїв в одному пристрої)?
- Що було зроблено, коли була помічена несправність?
- Що було підключено до продукту і до яких роз'ємів?
- Тип джерела живлення, напруга і список інших елементів (таких як освітлення, нагрівачі та двигуни), які були підключені до тієї ж вихідної потужності.
- Чи всі частини підключені і заземлені правильно?
- Зробіть фотографію, щоб допомогти в усуненні неполадок.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МІСТА ОДЕСИ ЗА ДАНИМИ ВИМІРЮВАНЬ ПРИЛАДОМ AQT420 ФІРМИ VAISALA OYJ

За даними фактичних безперервних вимірювань за показниками якості атмосферного повітря з використанням приладу AQT420 на автоматичному контрольно-вимірювальному посту (АКВП) НЕЦ МНС ОДЕКУ, розташованому в м. Одеса на вул. Львівська, буд. 15 (рис. 5.1-5.7), за певний період спостережень (добу, місяць, сезон або ін.) виконати розрахунки основних статистичних характеристик та індексу забруднення повітря для окремих ЗР (табл. 5.1).



Рис. 5.1 – АКВП НЕЦ МНС ОДЕКУ з встановленим приладом AQT420

Розрахунки здійснюються за наступними етапами.

1. Визначається середнє арифметичне значення концентрації (\bar{q}_j) за необхідний період спостережень (доба, місяць, сезон й ін.):

$$\bar{q}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (5.1)$$

де n – число разових чи середньодобових концентрацій q_i , що отримані протягом j -того періоду спостережень ($n \geq 20$ за місяць для разових).

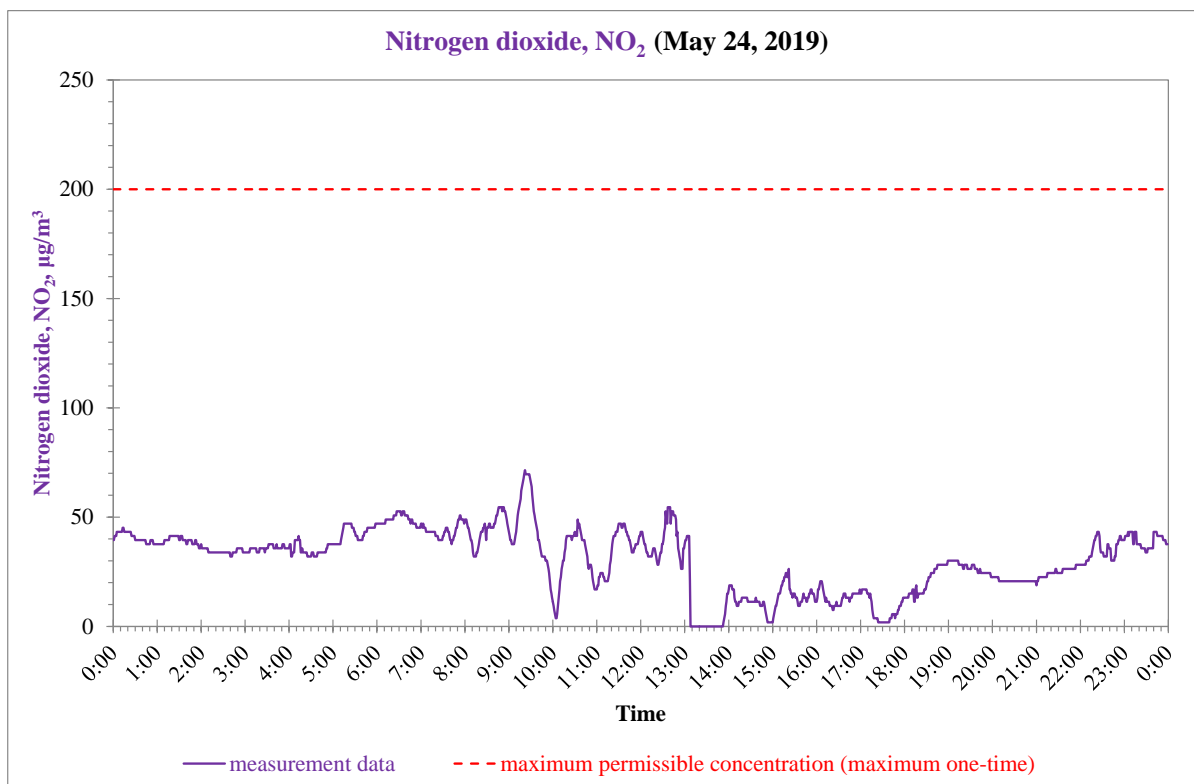


Рис. 5.2 – Результати вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) щохвилинних концентрацій азоту діоксиду (NO₂, мкг/м³), 24.05.2019 р.

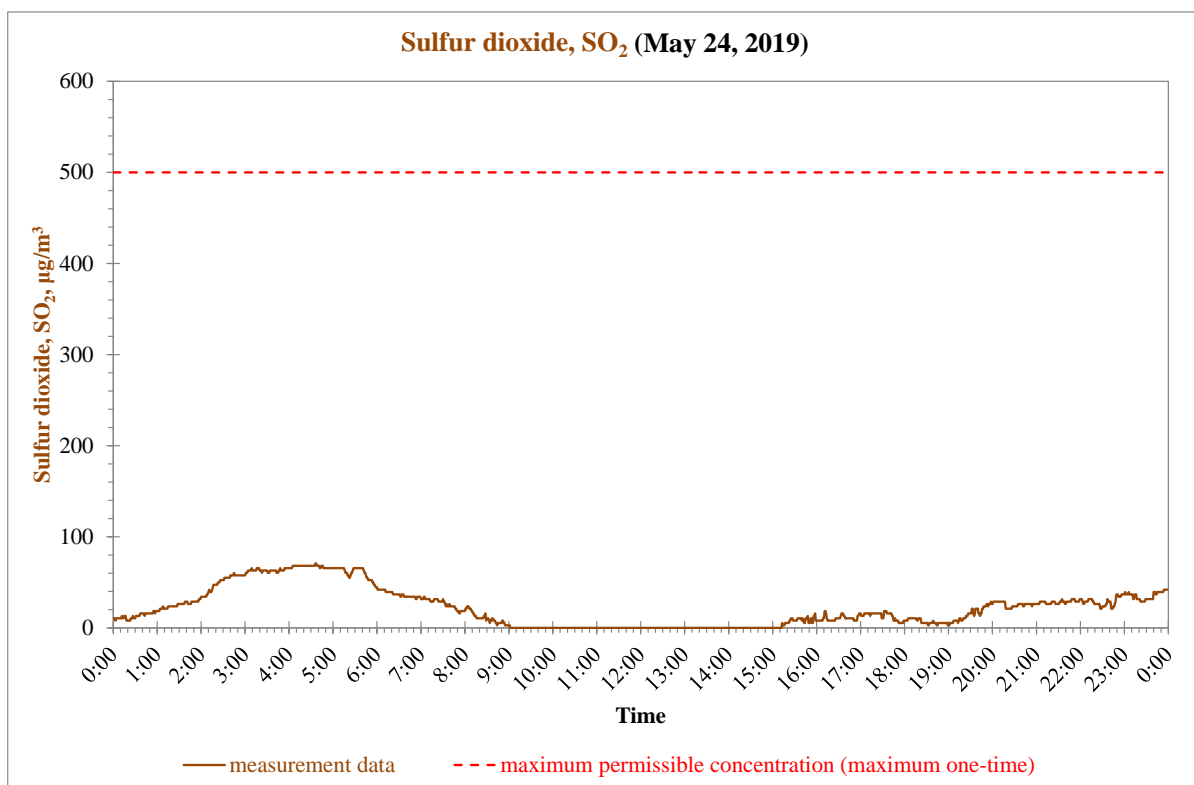


Рис. 5.3 – Результати вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) щохвилинних концентрацій двоокису сірки (SO₂, мкг/м³), 24.05.2019 р.

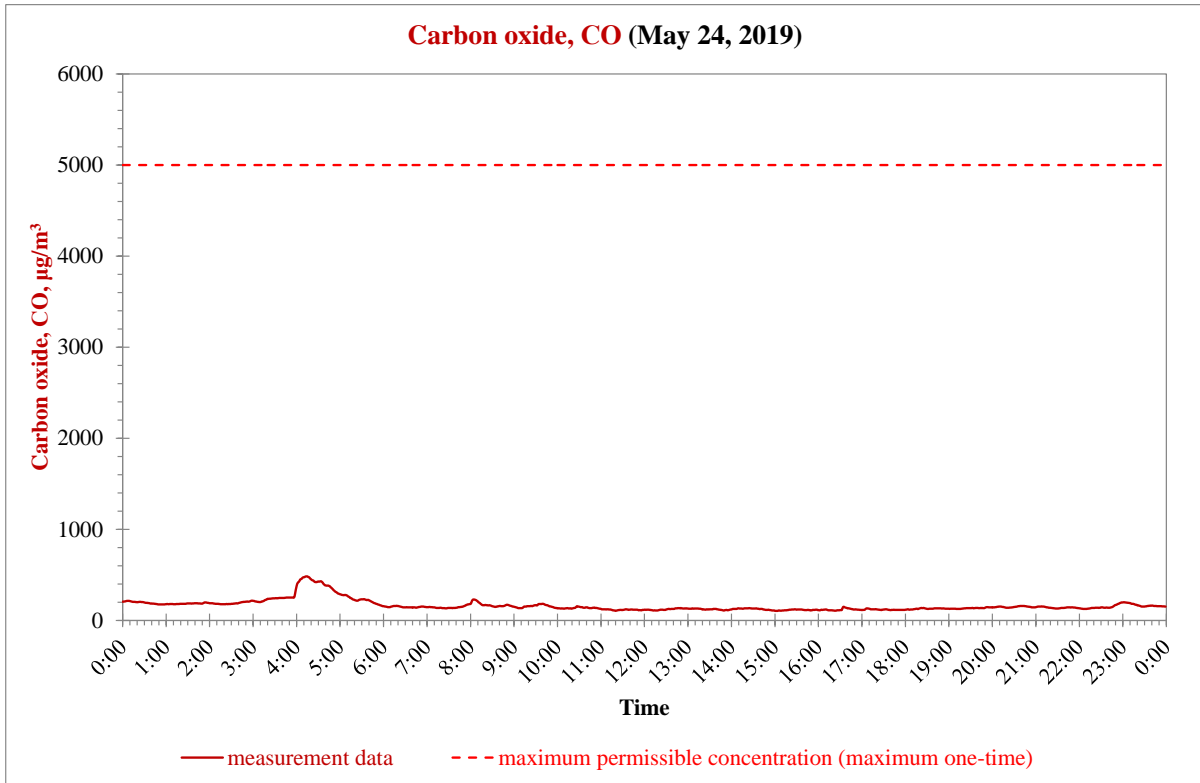


Рис. 5.4 – Результати вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) щохвилинних концентрацій вуглецю оксиду (CO , $\text{мкг}/\text{м}^3$), 24.05.2019 р.

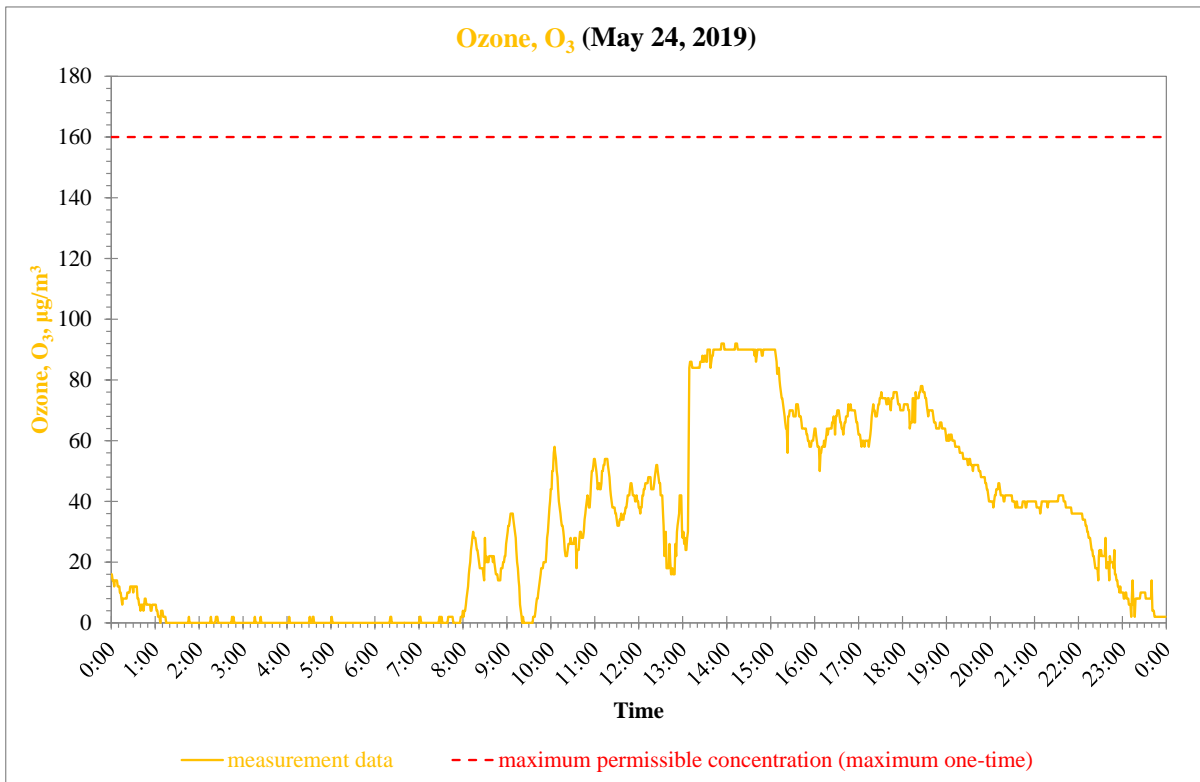


Рис. 5.5 – Результати вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) щохвилинних концентрацій озону (O_3 , $\text{мкг}/\text{м}^3$), 24.05.2019 р.

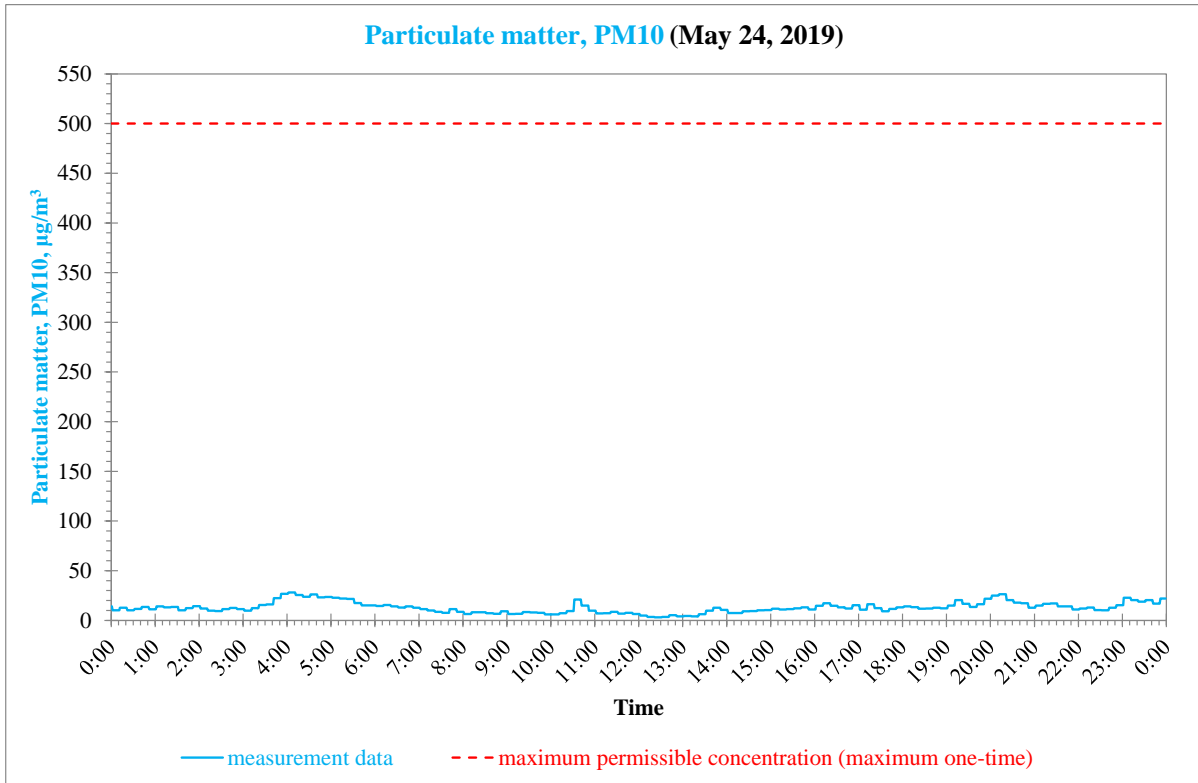


Рис. 5.6 – Результати вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) концентрацій пилу (PM10, мкг/м³), 24.05.2019 р.

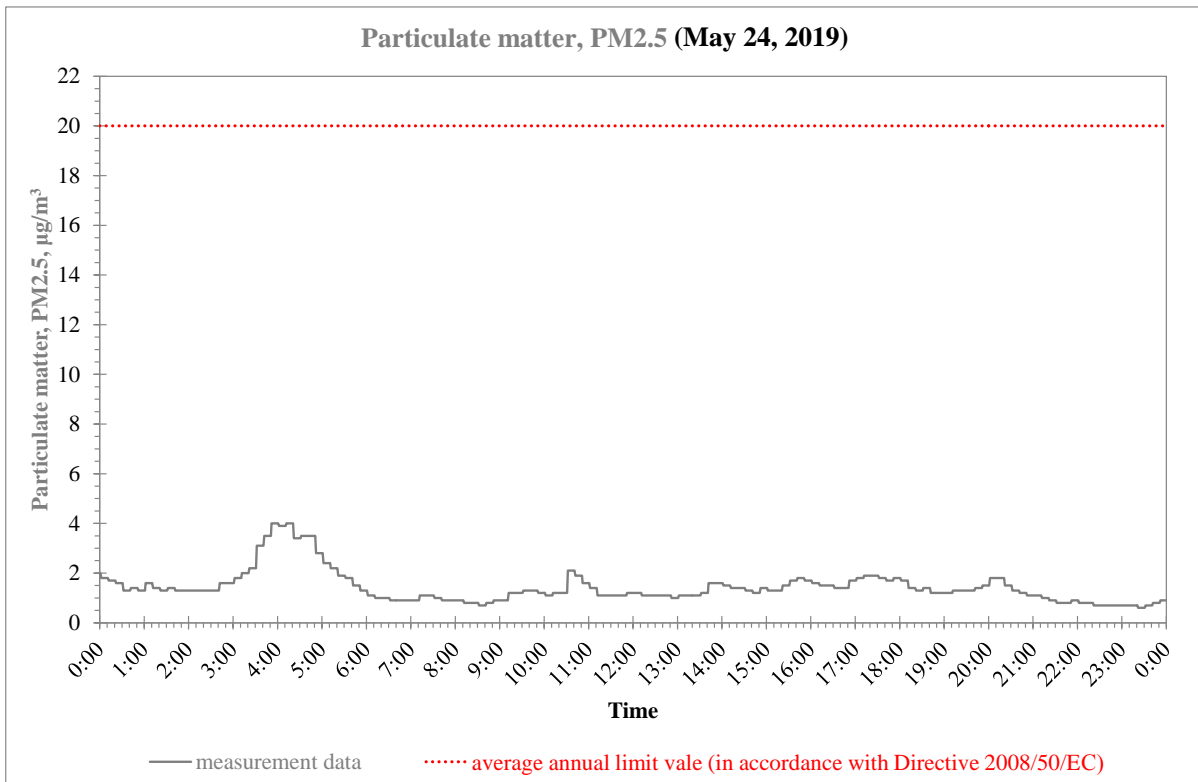


Рис. 5.7 – Результати вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) концентрацій пилу (PM2.5, мкг/м³), 24.05.2019 р.

Табл. 5.1 – Узагальнені за добу (24.05.2019 р.) результати вимірювань приладом АQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ)

Показник	Клас небезпеки*	Найменше за добу значення	Найбільше за добу значення	ГДКм.р.* (максимальні разові)	Індекс забруднення атмосфери (ІЗА), I _{м.р}	Середньодобове значення	ГДКс.д.* (середньодобові)	Індекс забруднення атмосфери (ІЗА), I _{с.д}
Азоту діоксид, NO ₂ , мкг/м ³	3	0,00	71,44	200	0,00	30,61	40	0,77
Двоокис сірки, SO ₂ , мкг/м ³	3	0,00	70,74	500	0,00	21,73	50	0,43
Вуглецю оксид, CO, мкг/м ³	4	104,20	483,19	5000	0,25	162,08	3000	0,07
Озон, O ₃ , мкг/м ³	1	0,00	92,00	160	0,00	31,86	30	1,11
Пил (PM10), мкг/м ³	3	3,00	28,10	500	0,11	12,90	150	0,09
Пил (PM2.5), мкг/м ³	-	0,60	4,00	-	-	1,43	-	-
Температура повітря, °С	-	16,8	23,8	-	-	20,2	-	-
Вологість повітря, %	-	62,9	86,3	-	-	76,1	-	-
Атмосферний тиск, гПа	-	1006,0	1008,1	-	-	1007,1	-	-
Комплексний ІЗА (КІЗА), I ₅	-	-	-	-	0,4	-	-	2,5
Стан атмосфери	-	-	-	-	Чиста	-	-	Чиста

Примітка. * згідно з «Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», затверджених т.в.о. головного державного санітарного лікаря України 03.03.2015 р.

Середнє арифметичне значення концентрації використовується при складанні довідок про стан забруднення атмосфери протягом періоду спостережень (добу, місяця, сезону й ін.), для оцінки однорідності рядів даних, аналізу ходу змін концентрацій домішки за період спостережень та для подальших розрахунків.

2. За потреби, обчислюється середнє квадратичне відхилення (σ_i) разових концентрацій від середньодобової або середньомісячної й ін.:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q}_j)^2}{n-1}}, \quad (5.2)$$

де n – число спостережень.

Середнє квадратичне відхилення (σ_i) – статистична характеристика ряду випадкових величин (разових чи середньодобових концентрацій), які отримані на стаціонарному чи маршрутному посту, що дозволяє оцінити діапазон концентрацій відносно середнього за період спостережень значення. Використовується для отримання інформації про мінливість середнього значення для статистичного аналізу розподілу концентрації.

3. Знаходиться максимальне значення концентрації, яке виміряне за період спостережень (добу, місяць, сезон й ін.).

4. За даними фактичних спостережень визначається число випадків перевищення $ГДК_{mp}$ та $ГДК_{cd}$, якщо вони були

5. За формулою (2.6) розраховується $ІЗА$ для кожної окремої ЗР.

6. З використанням формули (2.8) розраховується $КІЗА$ за даними одиничних $ІЗА$ і надається характеристика рівня забруднення атмосфери за період спостережень (добу, місяць, сезон й ін.).

Спостереження за АКВП ОДЕКУ проводяться за вмістом п'яти ЗР: діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю, озон, пил (PM_{10} , $PM_{2,5}$). При оцінці для пилу слід враховувати рекомендації ВООЗ [2, 20], згідно яких норматив для PM_{10} за 24 год складає $0,05 \text{ мг/м}^3$, для $PM_{2,5}$ – $0,025 \text{ мг/м}^3$ (умовно їх можна прирівняти до $ГДК_{cd}$).

7. Результати оцінки оформлюються у вигляді таблиці (наприклад, за зразком табл. 5.1).

Для автоматизованого розрахунку основних характеристик та індексу забруднення атмосфери м. Одеси за даними вимірювань ОДЕКУ приладом AQT420, рекомендується комп'ютерне програмне забезпечення, яке розроблене фахівцями НЕЦ МНС ОДЕКУ. Для підготовки комп'ютерного програмного забезпечення використано програму Microsoft Excel, за допомогою якої створені файли-шаблони, де здійснюються креслення графіків і необхідні розрахунки основних характеристик та індексу забруднення атмосферного повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. AQT400 Series Configuration Guide. M212059EN-B. Helsinki: Vaisala Oyj, 2018. 28 p. Електронний ресурс (URL: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/AQT400-Configuration-Guide-in-English-M212059EN-B.pdf>).
2. Качество атмосферного воздуха и здоровье. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. Електронний ресурс (URL: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/AQT400-Configuration-Guide-in-English-M212059EN-B.pdf>).
3. Якість атмосферного повітря: короткий опис Директив ЄС та графіку їх впровадження. Київ: Проект технічної допомоги ЄС «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні секторальної бюджетної підтримки», 2015. 15 с.
4. Полетаєва Л. М., Сафранов Т. А. Моніторинг навколишнього природного середовища. Навчальний посібник. К.: КНТ, 2007. 172 с.
5. Чугай А. В. Моніторинг довкілля. Методи вимірювань параметрів навколишнього середовища. Конспект лекцій. Одеса: ТЕС, 2014. 66 с.
6. «Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», затверджених т.в.о. головного державного санітарного лікаря України 03.03.2015 р. Електронний ресурс (URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81980 та http://oblvet.org.ua/data/Normativna_Baza_CEC/GDK_Atmosfera_miscb15_1.doc).
7. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.
8. Сонькин Л. Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Труды ГГО. 1971. Вып. 10. 31 с.
9. Сонькин Л. Р. Синоптико-статистический анализ и прогноз загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
10. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) / Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201.
11. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21.05.2008 р. про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи (офіційний переклад на сайті Верховної Ради України). Електронний ресурс (URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950).
12. Оригінальний текст Директиви 2008/50/ЄС (англійською). Електронний ресурс (URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:EN:PDF>).
13. Пояснення Європейської Комісії до Директиви 2008/50/ЄС. Електронний ресурс (URL: https://ec.europa.eu/environment/air/quality/existing_leg.htm).

14. Керівництво з імплементації природоохоронного законодавства ЄС, Розділ 3 – Якість атмосферного повітря. – Handbook on the Implementation of EC Environmental Legislation, Section 3 – Air Quality Legislation. Електронний ресурс (URL: <http://ec.europa.eu/environment/archives/enlarg/handbook/handbook.pdf>).

15. Сближение с воздухоохранной политикой ЕС – краткий путеводитель для стран-партнёров по Европейской политике добрососедства и России. Електронний ресурс (URL: http://ec.europa.eu/environment/enlarg/pdf/pubs/air_ru.pdf).

16. Вказівки стосовно стандартів якості повітря (Шотландія) 2010 року при імплементації Директиви 2008/50 /ЕС та Директиви 2004/107/ЕС – The Air Quality Standards (Scotland) Regulations 2010 on implementation Directive 2008/50/EC, together with Directive 2004/107/EC. Електронний ресурс (URL: http://www.legislation.gov.uk/ssi/2010/204/pdfs/ssien_20100204_en.pdf).

17. Пояснювальна записка до вказівок стосовно стандартів якості повітря (Уельс) 2010 року при імплементації Директиви 2008/50 /ЕС та Директиви 2004/107/ЕС – Explanatory Memorandum to The Air Quality Standards (Wales) Regulations 2010 on implementation Directive 2008/50/EC. Електронний ресурс (URL: [http://www.assembly.wales/Laid%20Documents/SUB-LD8064-EM%20-%20The%20Air%20Quality%20Standards%20\(Wales\)%20Regulations%202010%20-%20EXPLANATORY%20MEMORANDUM-19052010-182614/sub-ld8064-em-e-English.pdf](http://www.assembly.wales/Laid%20Documents/SUB-LD8064-EM%20-%20The%20Air%20Quality%20Standards%20(Wales)%20Regulations%202010%20-%20EXPLANATORY%20MEMORANDUM-19052010-182614/sub-ld8064-em-e-English.pdf)).

18. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка] / Кольцов М., Шевченко Л. Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. 13 с.

19. Проблеми забруднення атмосферного повітря при експлуатації аеропортів цивільної авіації: брошура / [О. Запорожець, К. Синило, К. Ульянова, А. Крупко, В. Паращанов]; за ред. К. Синило. Київ: НЕЦУ, 2018. 20 с.

20. Пономарева С. Д., Юрченко В. А., Аксенова Е. Ф. Рассеивание мелкодисперсной пыли кондитерского предприятия за пределами санитарно-защитной зоны // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2018. Вип. 1 (27). С. 344-355.

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНКА
ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Спеціальності 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, к. геогр. н., доц.,
Чугай Ангеліна Володимирівна, к. геогр. н., доц.,