

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження та прогнозування розповсюдження шкідливих вибросів
у повітрі на базі апаратного приладу екологічного моніторингу
та карт повітряних потоків

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи РТ-519м

Спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка"
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
"Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки"

Неласий Олег Вікторович
(прізвище та ініціали)

Керівник Онищенко В.Ф.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Воскобойник В.О.
(прізвище та ініціали)

2020

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
 Кафедра Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніка"
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) "Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки"
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Шило Т.М.
д.т.н., доцент кафедри ТІКЗ
"15" грудня 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Неласого Олега Вікторовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження та прогнозування розповсюдження шкідливих викидів у повітрі на базі апаратного приладу екологічного моніторингу та карт повітряних потоків

керівник проєкту (роботи) Онищенко Вадим Федорович, к.ф.-м.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» листопада 2020 року № 325

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 22 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) характеристики джерел забруднення повітря, показання датчиків забруднення, погодні умови як сервіс

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз екологічного стану

2. Розробка математичної моделі розповсюдження шкідливих викидів у повітрі

3. Проектування та розробка веб- застосування

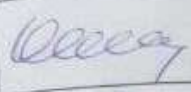
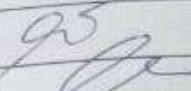
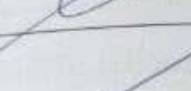
4. Економічна частина

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Слайди презентації

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймає виконавець завдання
Основна частина	Онищенко В.Ф., доцент		
Економічна частина	Левченко Н.М., професор		
Охорона праці	Якимцов Ю.В., доцент		
Нормоконтроль	Поспєєва І. Є., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання « 12 » листопада 2020 року:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

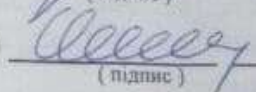
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітки
1	Аналіз предметної області та постановка задачі	01.10-05.10	
2	Розробка веб-інтерфейсу застосування	06.10-20.10	
3	Розробка бази даних	21.10-06.11	
4	Розробка моделі прогнозування	07.11-11.11	
5	Підготовка розділів з економіки	12.11-15.11	
6	Підготовка розділу з охорони праці	16.11-18.11	
7	Підготовка пояснювальної записки	19.11-21.11	
8	Підготовка презентації та доповіді	22.11-29.11	

Студент(ка)


 (підпис)

 Неласий О.В.
 (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


 (підпис)

 Онищенко В.Ф.
 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 96 сторінок, 26 рисунків, 14 таблиць, 28 джерел, 1 додаток.

Тема роботи – дослідження та прогнозування розповсюдження шкідливих викидів у повітрі на базі апаратного приладу екологічного моніторингу та карт повітряних потоків.

Об'єкт дослідження – процес забруднення повітряних мас шкідливими викидами промислових підприємств в атмосферу.

Предмет дослідження – методи збору та аналізу показників датчиків забруднення повітряних мас та прогнозування на основі цих показань та погодних умов розповсюдження шкідливих викидів у повітрі.

Мета дослідження – розробка веб-інтерфейсу системи екологічного моніторингу та зведення її до вирішення задачі прогнозування розповсюдження шкідливих викидів у повітрі на основі даних датчиків забруднення.

В ході роботи розроблено проект клієнт-серверного застосунку у вигляді UML діаграм, відповідний код на основі стеку технологій HTML+CSS+JS+PHP+MySQL та виконано прогнозування шляхом вирішення крайової задачі (диференційного рівняння з початковими та крайовими умовами).

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРОГНОЗУВАННЯ, ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК, ДАТЧИК ШКІДЛИВИХ ДОМІШОК, КОНЦЕНТРАЦІЯ РЕЧОВИНИ ЗАБРУДНЕННЯ, КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИЙ ЗАСТОСУНОК, БАЗА ДАНИХ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ	10
1.1 Екологічний стан Запорізької області.....	10
1.2 Охорона довкілля	11
1.3 Охорона атмосфери.....	12
1.4 Охорона водних ресурсів	13
1.5 Охорона земельних ресурсів.....	13
1.6 Охорона геологічного середовища.....	14
1.7 Комплексна охорона довкілля	14
1.8 Комп'ютеризація служб охорони довкілля	14
1.9 Соціоекологічні задачі захисту повітряного басейну від забруднення..	15
1.10 Джерела антропогенного забруднення повітря	16
1.11 Санітарно-гігієнічні й екологічні нормативи.....	18
1.12 Постановка задачі.....	20
2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У ПОВІТРІ	21
2.2 Математична модель локального викиду забруднення	22
2.2 Математична модель просторового перенесення забруднення	255
2.3 Розрахунок потужності викиду шкідливих речовин в атмосферу	299
2.4. Реалізація математичної моделі.....	322
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕБ- ЗАСТОСУВАННЯ.....	366
3.1 Вибір технологій	366
3.2 Розробка концептуальної моделі системи	399
3.3 Розробка інтерфейсу інформаційної системи екологічного моніторингу	511
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	566
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ..	688
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	811
ДОДАТОК А Код програми.....	83

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

БД – база даних;

СУБД – система управління базами даних;

ПК – персональний комп'ютер;

ПЗ – програмне забезпечення;

ГДК – гранична допустима концентрація;

ВСТУП

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову. Впровадження та нарощування на протязі десятиріч ресурсномістких та енергоємних технологій без будівництва відповідних очисних споруд, тобто без урахування вимог охорони довкілля, призвели до його значної деградації, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних, відходів виробництва.

Найбільшу шкоду навколишньому середовищу спричиняють транспорт, промисловість, енергетика та сільське господарство.

Транспорт належить до головних забруднювачів атмосферного повітря, водоймищ і ґрунтів. Відбувається деградація екосистем під впливом транспортних забруднень, особливо інтенсивно на урбанізованих територіях. Гостро стоїть проблема утилізації і переробки відходів, що з'являються при експлуатації транспортних засобів. Для потреб транспорту у великій кількості споживаються природні ресурси. Вихлопні гази автомобілів містять більш ніж 200 хімічних сполук-продуктів згорання палива, більшість з яких токсичні.

Не менш небезпечним забруднювачем оточуючого середовища є промислові відходи. В Україні основним джерелом утворення відходів є підприємства гірничо-промислового, хіміко-металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного, агропромислового комплексів, а також комунальне господарство. Найтоксичнішими серед них є відходи, що містять важкі метали, нафтопродукти, непридатні для застосування отрутохімікати (пестициди). Під сховищами токсичних відходів перебуває майже 20 тис.га земель. Це сміття звозиться на звалища, переважна більшість яких є джерелом інтенсивного забруднення води і повітря.

Добування, переробка й використання енергоресурсів призводять до шкідливих викидів у повітря. Особливо шкідливими є викиди сполук сірки в районах металургійних заводів. Сполучаючись з парами води в атмосфері, триоксид сірки утворює сірчану кислоту, суспензії якої є дуже небезпечними. У викидах ТЕЦ небезпечні також оксиди важких металів, фтористі сполуки, бензоперен, що відносяться до канцерогенних речовин. АЕС разом із електроенергією виробляють велику кількість надзвичайно небезпечних речовин.

Основними негативними наслідками сільськогосподарської діяльності людини є збідніння і виснаження родючих чорноземів, промислове забруднення ґрунтів та інтенсивне освоєння цілих земель, широке розповсюдження монокультур, застосування азотних і нітратних мінеральних добрив. Якісний стан земельного фонду постійно погіршується. В окремих районах, де проведено осушення земель, відбувається неконтрольоване зниження рівня ґрунтових вод, зменшення потужності органічної маси, а в районах зрошення - підтоплення і засолення ґрунтів, деградація чорноземів, що призводить до негативних екологічних наслідків. Збільшення мінералізації ґрунтових вод загрожує вторинним засоленням земель. Використання у великій кількості мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних препаратів разом з промисловим і радіаційним забрудненням може ще більше ускладнити екологічну ситуацію в Україні.

Основними джерелами забруднення повітря в житлово-комунальному господарстві України є підприємства з виробництва дорожніх будівельних матеріалів, котельні теплового господарства, промислові підприємства комунального машинобудування та автомобільний транспорт. Вони викидають в атмосферу значну кількість золи, оксидів вуглецю, сірки, азоту, а також скидають у каналізацію хімічні сполуки, що утворилися внаслідок реагентної обробки води, яка використовується в системах теплопостачання.

Актуальною для всіх водних басейнів України є проблема екологічного стану водних об'єктів. Так водосховища на Дніпрі стали акумуляторами

забруднюючих речовин. Значної шкоди завдано північній частині басейну внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; в критичному стані перебувають малі річки басейну, значна частина яких втратила природну здатність до самоочищення. Не в кращому, а подекуди і в гіршому стані перебувають басейни інших річок України.

На стан екологічної ситуації в регіонах України впливає також прояв еколого-географічних проблем. Серед них характерними є:

- зменшення запасів корисних копалин, вичерпання ресурсів, зниження їх якості й розмаїття,
- небезпека порушення середовища внаслідок добування корисних копалин тощо);
- зміна структури земельних ресурсів унаслідок вилучення земель під господарські потреби й забудови, а також через розвиток негативних процесів у ландшафтах (ерозії, абразії, карсту, суфозії та просідання ґрунтів, підтоплення і заболочення, тощо);
- зниження родючості ґрунтів унаслідок вимивання гумусу, засолення, підтоплення тощо;
- забруднення важкими металами, пестицидами й іншими речовинами;
- зменшення запасів і забруднення поверхневих та підземних вод унаслідок посиленого водозабору, внесення забруднюючих речовин у водні об'єкти в процесі виробництва й ведення комунального господарства;
- забруднення повітря та зміна його складу внаслідок промислових та інших викидів у атмосферу.

1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

1.1 Екологічний стан Запорізької області

Запорізька область - є однією з навантажених областей по промислового потенціалу, який обумовлений наявністю і концентрацією підприємств чорної і кольорової металургії, теплоенергетики, атомної енергетики, хімії, машинобудування. Регіон є провідним центром вітчизняного авіадвигунобудування, виробництва трансформаторів та іншої високотехнологічної продукції, яка є фірмовим запорізьким знаком, маркою світового класу якості та надійності.

Значна частина промислових підприємств розташована в центрі житлових забудов, що формує основне техногенне навантаження на навколишнє середовище населених пунктів.

Ситуацію загострює розташування основного промвузла з навітряної сторони стосовно житлових районів міста, що впливає на їх загазованість.

Основними забруднювачами атмосферного повітря в регіоні залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, на які припадає майже 90% викидів від загальної кількості забруднюючих речовин по області.

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять 60 - 70% від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин. Найбільшими Продовження додатка 4 забруднювачами атмосферного повітря в регіоні залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, харчової промисловості, на які припадає приблизно 90,0% викидів всіх забруднюючих речовин. Істотну частку в забрудненні атмосферного повітря міста вносить транзитний автотранспорт, що не підлягає обліку.

Систематичні спостереження за вмістом забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя проводяться Запорізьким обласним центром з гідрометеорології.

1.2 Охорона довкілля

Охорона довкілля — система заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, збереження особливо цінних та унікальних природних комплексів і забезпечення екологічної безпеки.

Це сукупність державних, адміністративних, правових, економічних, політичних і суспільних заходів, спрямованих на раціональне використання, відтворення і збереження природних ресурсів землі, обмеження негативного впливу людської діяльності на довкілля.

Включає охорону атмосферного повітря, вод суші та вод Світового океану, земель, флори і фауни, геологічного середовища.

Визначною особливістю є практичний напрям діяльності і широкий спектр соціально-культурних і природних відносин, яких вона стосується.

Мета охорони довкілля — протидія негативним змінам у довкіллі, які мали місце в минулому, відбуваються зараз або можуть бути.

Актуальність охорони довкілля пов'язана головним чином зі зростанням антропогенного впливу. Це зумовлено демографічним вибухом, урбанізацією, що прискорюється, і розвитком гірничих розробок і комунікацій, забрудненням довкілля відходами, надмірним навантаженням на орні землі, пасовища, ліси, водойми. Інколи порушення правил ведення гірничих робіт чи масштабна аварія призводить до катастрофічних незворотних наслідків. При експлуатації нафтопроводів та продуктопроводів найбільшої шкоди завдають аварійні витoki нафти, суспензій тощо.

Заходами, спрямованими на охорону довкілля можуть бути:

- обмеження викидів в атмосферу та гідросферу з метою поліпшення загальної екологічної обстановки;

- створення заповідників, заказників і національних парків з метою збереження природних комплексів;
- обмеження вилову риби, полювання з метою збереження певних видів;
- обмеження несанкціонованого викидання сміття. Використання методів екологічної логістики для тотального очищення від несанкціонованого засмічення території регіону.

1.3 Охорона атмосфери

Одна з найгостріших екологічних проблем, зумовлених посиленням техногенного впливу на природне середовище, пов'язана зі станом атмосферного повітря. Вона включає ряд аспектів.

По-перше, охорона озонового шару, необхідна у зв'язку із зростанням забруднення атмосфери фреонами, оксидами азоту тощо. До середини ХХІ ст. це може призвести, за оцінками, до зниження вмісту стратосферного озону на 15%.

По-друге, зростання концентрації CO_2 (це вуглекислий газ), що відбувається в основному за рахунок згоряння викопного палива, зменшення площ лісів, виснаження гумусового шару і деградації ґрунтів. До середини ХХІ ст. очікується подвоєння концентрації газу, що мала місце перед початком НТР.

У результаті «парникового ефекту» до 30-х рр. ХХІ ст. середня температура приземного шару повітря може підвищитися на $3 \pm 1,5^\circ\text{C}$, причому максимальне потепління станеться в приполярних зонах, мінімальне — біля екватора. Очікується збільшення швидкості танення льодовиків і підняття рівня океану з темпом понад 0,5 см/рік.

По-третє, кислотні осаді стали істотними компонентами атмосфери. Вони випадають в країнах Європи, Північній Америці, а також в районах найбільших агломерацій Азії і Латинської Америки. Головна причина кислотних осадів — надходження сполук сірки і азоту в атмосферу при

спаленні викопного палива в стаціонарних установках і двигунах транспорту. Кислотні осадки завдають шкоди будівлям, пам'ятникам і металевим конструкціям, викликають дигресію і загибель лісів, знижують урожай багатьох сільськогосподарських культур, погіршують родючість ґрунтів, що мають кислу реакцію, і стан водних екосистем.

1.4 Охорона водних ресурсів

Охорона водних ресурсів — це сукупність правових, організаційних, технологічних, економічних, наукових і соціальних заходів, спрямованих на попередження та усунення забруднення, засмічення та виснаження водних об'єктів з метою оптимального задоволення потреб населення та галузей економіки у воді нормативної якості.

Проблема забруднення та виснаження водних ресурсів викликана зростанням використання води промисловістю, сільським і житлово-комунальним господарствам, з одного боку, і забрудненням водних об'єктів — забруднення багатьох водних об'єктів суші (особливо в країнах Західної Європи та Північної Америки) і вод Світового океану досягло небезпечного рівня. Найбільш забруднені нафтою Північне і Карибське моря, Перська затока, а також прилеглі до Африки і Америки ділянки, де здійснюється її перевезення танкерним флотом.

1.5 Охорона земельних ресурсів

Одна з головних екологічних проблем пов'язана з погіршенням стану земельних ресурсів. Внаслідок вияву прискореної ерозії, дефляції та інших негативних процесів втрачаються продуктивні землі і утворюються пустелі. Також зникають ліси.

1.6 Охорона геологічного середовища

Важлива для людства проблема — охорона геологічного середовища, тобто верхньої частини літосфери, яка розглядається як багатокomпонентна динамічна система, що перебуває під впливом інженерно-господарської діяльності людини і, в свою чергу, певною мірою визначає цю діяльність. Найголовніший компонент геологічного середовища — гірські породи, що містять нарівні з твердими мінеральними і органічними компонентами газу, підземні води. Особливо великий негативний вплив на довкілля від техногенних катастроф, найбільша з яких у XX ст. — на Чорнобильській атомній електростанції — сталася в Україні. Охорона довкілля суттєвим чином залежить від технічного рівня вугільної енергетики.

1.7 Комплексна охорона довкілля

Комплексна охорона довкілля здійснюється на рівні підприємств, населених пунктів, регіонів, держав і глобально — в масштабах всієї планети. Велика робота ведеться під егідою ООН, з ініціативи якої в 1972 р. створена постійно діюча “Програма ООН з довкілля”(ЮНЕП)[1].

В Україні питання охорони довкілля офіційно перебувають у компетенції Міністерства екології і природних ресурсів, але існує низка формальних і неформальних організацій, товариств і рухів охорони довкілля, що дозволяють діяти локально і більш оперативно, ніж державним структурам.

1.8 Комп’ютеризація служб охорони довкілля

Охорона довкілля — є ключовим напрямом стратегії суспільства і передбачає застосування відповідального підходу до екологічних питань. Перехід на цифровий документообіг і застосування хмарних сховищ для взаємодії між службами охорони довкілля сприяють більш ефективному

використанню природних ресурсів. Тому практично всі служби охорони довкілля органів самоврядування мають сайти з екологічними розділами.

Так на сайті департаменту захисту довкілля Запорізької обласної державної адміністрації є розділ «Стан довкілля в запорізькій області» в якому наводиться узагальнена інформація стосовно забруднення атмосферного повітря Запорізької області, стану поверхневих вод суші та радіаційного стану за поточний місяць поточного року.

1.9 Соціоекологічні задачі захисту повітряного басейну від забруднення

Розвиток промисловості і транспорту загострює проблему захисту населення від забруднення атмосфери. Якщо в недалекому минулому це була соціальна проблема густонаселених районів і промислових центрів, то нині забруднення повітряного басейну стає більш глобальною проблемою географічних районів, часто віддалених від головних джерел забруднення.

Збільшення фонових концентрацій, перенесення забруднюючих речовин на великі відстані обумовлює завдання глобального соціально-екологічного захисту населення.

Так, у Канаді давно існує проблема «кислотних» дощів, місцем зародження яких є територія США. А в Європі нині набирає гостроти проблема переносу забруднених повітряних мас із західних і центральної її частин у Південну Скандинавію і Східну Європу, у тому числі і в Україну.

Рішення завдань оптимізації взаємодії суспільства і природи вимагає кілька аспектів розгляду проблеми захисту повітряного басейну.

- По-перше, необхідно розглянути основні джерела забруднення повітря, вивчити можливості мінімізації антропогенного впливу на навколишнє середовище шляхом упровадження нових або більш раціональних в екологічному плані технологій.

- У – других, необхідно провести гігієнічне й екологічне нормування викидів з метою соціального захисту населення, недопущення негативного

впливу забруднень на здоров'я людей, збереження комфортного їхнього проживання. Однак і перший, і другий аспекти є тільки елементами загального, системного підходу до рішення проблеми. Він полягає в тому, що на основі вивчення процесів впливу і поширення забруднення в природній і урбанізованій середовищі важливо сформулювати соціоекологічні критерії і поставити цілий ряд завдань керування взаємодією суспільства і навколишнього середовища і планування цього процесу.

Виконання цих завдань дало би можливість шляхом послідовних компромісів здійснювати ефективну екологічну діяльність і забезпечувати комфортні умови проживання, поліпшення природного середовища. Системний аналіз і системне моделювання – ефективний інструментарій такої оптимізації.

1.10 Джерела антропогенного забруднення повітря

Основними джерелами забруднення повітря є енергетика, промисловість і транспорт. Як показує статистика, приблизно 80% усіх видів забруднень з'являється внаслідок енергетичних процесів – видобуток, переробка і використання енергоресурсів. Понад 85% світової потреби в енергії задовольняється за рахунок використання органічного палива – нафти, вугілля, природного газу, сланців, торфу, деревини. Енергетика дає понад 30% викидів шкідливих речовин, у тому числі – 46% діоксида сірки, 59% оксидів азоту, 38.5% пилу, 1.5 % окису вуглецю.

Рівень забруднення повітря енергетичними підприємствами залежить від технологічних процесів згоряння палива, видів використаної сировини, рівнів і технологій очищення.

Основними джерелами забруднення є продукти повного (окис сірки і зола) і неповного (окис вуглецю, сажа і вуглеводні) згоряння.

При високих температурах з азоту в повітрі утвориться окис азоту. На швидкість окислювання SO_2 у SO_3 у повітрі як каталізatori діють суспензії наявних у повітрі металів (заліза, цинку, марганцю й ін.), а

триокись сірки, що з'єднується з водяною парою, перетворюється в сірчану кислоту. Забруднення атмосфери з'єднаннями сірки – причина поширення кислотних дощів.

Високі температури згоряння палива дають можливість зменшити утворення окису вуглецю в топках, однак у повітрі є причиною утворення окису азоту. Окису азоту відіграють вирішальну роль в утворенні фотохімічного смогу. В атмосфері окис азоту переходить у діоксид, що у сімох разів більш токсичний, чим окис. Діоксид азоту у випадку короткочасних «пікових» концентрацій діє на людину набагато гірше, ніж при відносно невеликому середньому змісті в повітрі.

При відсутності систем пиловловлення з твердого палива (вугілля) в атмосферу надходить у 100...200 разів більше твердих часточок, чим з рідкого. Якщо ТЕЦ, що працюють на мазуті і нафті, майже не викидають золу, то вони виділяють у порівнянні з вугіллям, у 2 – 3 рази більше двоокису сірки.

Екологічно безпечним є спалювання газу, що дає мінімальне в порівнянні з рідким і твердим паливом, кількість викиду окису азоту, пилу й інших шкідливих речовин.

Крім енергетики (27% викидів) на загрозу повітря впливають також інші галузі промисловості: чорна (18.2%) і кольорова (10.5%) металургія, нафтопереробна і нафтохімічна (7.1%), вугільна і нафтова (9.4%), будівельна (2.3%), хімічна (1.5%), газова (1.9 %), інші галузі (16.6%)

Автомобільний транспорт також став найбільш масовим і могутнім джерелом забруднення в містах у всіх розвитих країнах. На його частку випадає в середньому 31%, а в деяких місцях – до 80 % шкідливих викидів.

Особливу небезпеку складають окис вуглецю (78.5%), вуглеводні (14.2%), окис азоту (7.3%), альдегіди, сажа, аерозоль свинцю й інші. На вулицях сучасних міст у період інтенсивного руху автотранспорту зміст CO у повітрі в десятки разів перевищує гранично-допустимі концентрації.

1.11 Санітарно-гігієнічні й екологічні нормативи

Для обмеження техногенного (антропогенного) впливу на екосистеми Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендує використовувати для визначення якості повітря 4 рівні ГДК:

I – немає прямого або непрямого впливу на людину, тваринний світ або рослинність;

II - можливість роздратування органів почуттів, негативна дія на рослинність, зменшення прозорості повітря і так далі;

III - порушення життєво-важливих фізіологічних функцій і виникнення хронічних захворювань;

IV - виникнення гострих захворювань, загибель людей і тварин.

У різних країнах розділяють гігієнічні і санітарні стандарти.. Під першими розуміють оптимальні умови, до яких необхідно прагнути, але які на даному етапі не завжди досяжні; інші (санітарні) нормативи є деяким компромісом між вимогами науки і практики і мають тимчасовий характер. В міру розвитку суспільства санітарні стандарти можуть наближатися до гігієнічного.

В Україні при встановленні ГДК розуміють рівень I, коли максимальні домішки в атмосфері, віднесені до визначеного часу осереднення за умови періодичної дії або протягом життя людини не роблять шкідливого впливу ні на людей, ні на навколишнє середовище.

У залежності від токсичності виділяють 4 класи небезпеки інгредієнтів: 1 – надзвичайно небезпечні; 2 – високобезпечні; 3 – помірковано небезпечні; 4 – малобезпечні.

Для оцінки атмосферних забруднень установлюють два нормативи ГДК: максимально разова і середньодобова [2].

Санітарними нормами СНіП 245 – 71 умови сумарної небезпечної дії різних інгредієнтів визначаються співвідношенням:

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + \dots + C_n / \text{ГДК}_n < 1, \quad (1.1)$$

де $C_1, \dots, C_n$; $\text{ГДК}_1, \dots, \text{ГДК}_n$ - виявлені концентрації і їх ГДК.

Адитивний характер обліку дії різних шкідливих речовин не завжди є оптимальним. Одні речовини в повітрі виділяються посиленням ефекту взаємодії, інші – ослабленням (антагонізмом).

Тому розроблюються різні показники сумарної оцінки забруднення повітря. Однак кожний з них не є універсальним.

Для сумарної дії не тільки окремих речовин, але і їхніх сумішей виконана стандартизація рівня небезпеки забруднення атмосфери різних класів і рекомендована формула сумарної оцінки забруднень – *індексу небезпеки забруднення* :

$$P = \sqrt{\sum_{i=1} K_i^2}, \quad (1.2)$$

де K_i^2 – сума стандартизованих коефіцієнтів перевищення ГДК по 3-му класі небезпеки.

Гранично припустимі концентрації розроблені для 600 хімічних речовин і 33 їхніх комбінацій, що дає можливість використовувати їхні кількісні показники для контролю забруднення навколишнього середовища і для оптимізації планованих заходів [2].

Таким чином актуальною є задача моделювання інформаційної системи екологічного моніторингу повітря на основі даних, отриманих з датчиків забруднюючих речовин та погодних умов.

1.12 Постановка задачі

Зважаючи на вищевикладене, зробимо постановку задачі розробки автоматизованої системи екологічного моніторингу повітря в межах географічних границь м. Запоріжжя.

Вхідними даними моделі прогнозування швидкості та напрямку розповсюдження забруднення повітря є потужність викиду шкідливої речовини кожним джерелом викиду, яка обчислюється на основі характеристик джерела викиду, показань відповідних датчиків та погодних умов. Інформацію про характеристики джерела викиду та іншу апріорну інформацію будемо зберігати у базі даних на сервері, а погодні умови: температуру та напрямок і силу вітру будемо автоматично отримувати за допомогою он-лайн сервісу погоди в режимі реального часу.

Датчики, що вимірюють концентрацію кожної шкідливої речовини необхідно поставити як біля кожного джерела викиду на висоті труби для розрахунку потужності джерела, так і в вузлах уявної сітки, що досить рівномірно покриває зону моніторингу, для формування крайових та початкових умов моделі, яка в загальному вигляді представляє собою диференціальне рівняння в часткових похідних. Від кількості датчиків у контрольних точках зони моніторингу залежить точність математичної моделі, що будується.

2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У ПОВІТРІ

2.1 Основи моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами

Теоретичні моделі розрахунку забруднення атмосферного повітря не відображають безлічі усіх факторів, що впливають на забруднення від промислових джерел в екстремальних умовах, і є тільки наближеними моделями, що вимагають складних додаткових досліджень (теоретичного й експериментальних) для визначення коефіцієнтів моделей і параметрів процесу у випадку їхнього використання на практиці. Екстремальні умови внаслідок забруднення, що виникають при приземних інверсіях в атмосфері і відсутності розвинутого турбулентного обміну, описується часткою случаємо більш загального рівняння дифузії. Але саме такі умови найбільш небезпечними для здоров'я людини і можуть бути об'єктом гігієнічних прогнозів у випадку планування взаємного розміщення промислових підприємств [3].

На процес розсіювання викидів шкідливих речовин впливає швидкість вітру, яка збільшується, як правило, з висотою, і на рівні 10 м від землі вона може дорівнювати 4-6 м/с.

Якщо викиди в атмосферу здійснюються кількома трубами, розташованими близько одна від одної, те їх можна приймати за одне джерело тієї самої висоти, просумувавши всі викиди й розташувавши початок системи координат у центрі їх групування або в місці розташування джерела.

Регламентування викидів здійснюється на підставі визначення гранично допустимих концентрація викидів (ГДК). Для цього спочатку визначають максимально можливу концентрацію шкідливих речовин C_{max} і відстань X_{max} , від джерела викиду, на якій спостерігається максимальна приземна концентрація викидів шкідливих речовин.

Розрахунок забруднення атмосферного повітря викидами одинарного джерела проводиться згідно вимог нормативного документу ОНД-86[4]. Ця методика призначена для розрахунку приземних концентрацій в двометровому шарі над поверхнею землі, а також вертикального розподілу концентрації.

Ступінь небезпеки забруднення атмосферного повітря характеризується найбільшим розрахованим значенням концентрації, що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, в тому числі небезпечності швидкості вітру. Норми не розповсюджуються на розрахунок концентрацій на дальніх (більше 100 км) відстанях від джерела викиду.

Для джерел в розрахункових формулах довжина (висота) виражена в метрах, час – у секундах, маса забруднюючих речовин – в грамах, їх концентрація в атмосферному повітрі – в міліграмах на кубічний метр, концентрація на виході з джерела – грамах на кубічний метр [5].

2.2 Математична модель локального викиду забруднення

Для обчислення концентрації атмосферного забруднення у разі локального викиду як базовою можна скористатися нестационарною моделлю Гауса. Для відстаней до 10 км використовують уточнюючою модель Паскуїлла-Гиффорда [6], яка є також робочою моделлю «Міжнародного агентства з атомної енергії» (МАГАТЕ). Тому найбільш часто респонденти користуються послугами моделі цієї моделі. Така модель поширення домішок в атмосфері є емпіричною. В її основі лежить уявлення про концентрації домішки, що викидається безперервним точковим джерелом в атмосфері, як струмені з гауссовими розподілами по вертикалі і в поперечному до вітру напрямку. Вона дозволяє отримати миттєві значення концентрації забруднення у вигляді розподілу в просторі та часі:

$$C(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{(x - \bar{U}t)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z - H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \gamma \exp\left[-\frac{(z + H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (2.1)$$

де $C(x,y,z,t)$ - концентрації забруднення в точці (x,y,z) у момент часу t ;

Q - потужність точкового джерела;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – дисперсії розподілу концентрації забруднення;

x - відстань від джерела;

y - поперечна відстань від осі шлейфу;

z - висота над поверхнею землі;

H - висота підняття шлейфу;

$\bar{U}$ - середня швидкість вітру на висоті H ;

Υ - параметр, що описує граничні умови.

Для визначення дисперсій скористаємося формулами Паскуїлла – Бріггса:

$$\sigma_y = p_1 x (1 + q_1)^{-1/2},$$

$$\sigma_z = p_2 x (1 + q_2)^{-1}.$$

Розрахунок коефіцієнтів p і q наведений в таблиці 2.2, в залежності від класу стійкості атмосфери за вертикальним градієнтом температури (табл. 2.1).

За допомогою параметра Υ враховується простір, в якому визначається концентрація забруднення:

Якщо $\Upsilon=0$ - необмежений простір чи півпростір $z = 0$ з однорідними граничними умовами першого (другого) роду на межі $z = 0$.

Якщо $\Upsilon=1$ - непроникна межа $z=0$ (однорідна гранична умова другого роду).

Якщо $\Upsilon= -1$, маємо повне поглинання (однорідна гранична умова першого роду).

Таблиця 2.1 – Класифікація класів стійкості за Паскуїллом[7]

Вертикальний градієнт температури ($\Delta T/\Delta z$) Град. / 100 м	Клас стійкості
Менше ніж -1,9	A - сильна конвекція
-1,9 - -1,7	B - конвекція
-1,7 - -1,5	C - помірна конвекція
-1,5 - -0,5	D - нейтральна
-0,5 - 1,5	E - інверсія
1,5 - 4,0 і більше	F - сильна інверсія

Таблиця 2.2 – Формули для σ_y , σ_z , запропоновані Бріггсом[7]

Клас стійкості	σ_y (м)	σ_z (м)
Відкрита місцевість		
A	$0.22x (1 + 0.0001x)^{-1/2}$	$0.2x$
B	$0.16x (1 + 0.0001x)^{-1/2}$	$0.12x$
C	$0.11x (1 + 0.0001x)^{-1/2}$	$0.08x (1 + 0.0002x)^{-1/2}$
D	$0.08x (1 + 0.0001x)^{-1/2}$	$0.06x (1 + 0.0015x)^{-1/2}$
E	$0.06x (1 + 0.0001x)^{-1/2}$	$0.03x (1 + 0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x (1 + 0.0001x)^{-1/2}$	$0.016x (1 + 0.0003x)^{-1}$
Міська місцевість		
A – B	$0.32x(1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x(1 + 0.001x)$
C	$0.22 x(1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.2x$
D	$0.16x (1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.14x (1 + 0.0003x)^{-1/2}$
E - F	$0.11x (1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x (1 + 0.0015x)^{-1/2}$

2.3 Математична модель просторового перенесення забруднення

Потоки повітря переносять в атмосфері забруднювальні речовини з урахуванням їх дрібномасштабних флуктуацій. Усереднений потік субстанцій, що переносяться повітряними масами, має зазвичай адвентивну та конвективну складові.

Нехай $C(x,y,z,t)$ - інтенсивність забруднення, поширюваного разом із потоком повітря в атмосфері, де:

f - потужність джерел забруднення,

q - питомий потік маси домішок.

Будуючи математичну модель перенесення забруднень, будемо використовувати ейлереву балансову модель для довільного об'єму G з межею S . Тоді рівняння збереження маси в об'ємі G можна записати в інтегральній формі

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_G C dV = \int_S q_n dS + \int_G f dV, \quad (2.2)$$

де dV – елемент об'єму,

q_n – проекція вектора питомого потоку маси q на зовнішню нормаль.

Скориставшись формулою Остроградського – Гауса, перепишемо співвідношення (2.2) у вигляді

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_G C dV = - \int_G \operatorname{div} q dV + \int_G f dV,$$

звідки маємо

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\operatorname{div} q + f. \quad (2.3)$$

Співвідношення (2.3) означає, що локальна змінна домішок у фіксованому об'ємі зумовлена дивергенцією сумарного потоку домішок.

Потік концентрації домішок ураховує дифузійне та конвективне перенесення

$$q = VC - \mu \text{grad} C, \quad (2.4)$$

де $V = (u, v, w)$ – швидкість повітряних мас середовища,

μ - тензор вихрової, турбулентної дифузії.

Підставивши праву частину співвідношення (2.4) в (2.3), отримаємо диференціальне рівняння перенесення забруднення в атмосфері:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial(wC)}{\partial z} = \text{div}(\mu \text{grad} C) + f, \quad (2.5)$$

де $C(x, y, z, t)$ - концентрація забруднювальної речовини в одиниці об'єму повітря;

u, v, w – компоненти вектора швидкості повітряного середовища в декартовій системі координат x, y, z (площина xOy відповідає земній поверхні) відповідає земній поверхні;

$\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ – коефіцієнти турбулентної дифузії;

$f(x, y, z, t)$ – функція, що характеризує джерела забруднення в просторі та часі.

Надалі будемо розглядати аерозольні забруднення. Вони переміщуються зі швидкістю мас повітря.

Рівняння (2.5) ураховує як конвективне перенесення забруднення в просторі, так і турбулентне дифузійне перенесення, спричинене турбулентним характером течій повітря в атмосфері.

Місцеположення викидів забруднення та характер їх розміщення в просторі описують функцією $f(x, y, z, t)$. Для області з характерним розміром у декілька кілометрів велику кількість викидів (димові труби, тощо) доцільно

моделювати точковими джерелами заданої інтенсивності у вигляді дельта – функцій Дірака.

З урахуванням цього отримаємо наступне диференціальне рівняння

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial(wC)}{\partial z} = \text{div}(\mu \text{grad} C) + \sum Q_i(t) \delta(P - P_i). \quad (2.6)$$

де Q_i – інтенсивність точкових джерел забруднення;

$P_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координати місцеположення точкових джерел забруднення;

$\delta(P - P_i)$ – дельта - функція Дірака.

Отримане тривимірне рівняння з частинними похідними використовують для математичного моделювання перенесення забруднень в атмосфері ближньої від джерел викидів області розміром до десятків кілометрів: в атмосфері міст, промислових зон тощо. Висота розповсюдження забруднень обмежена характерною висотою хмарності і становить менше 1...2 км.

Обчислення інтенсивності точкового джерела забруднення Q розглянуто у розділі 2.3.

За умови сталої за просторовими координатами концентрації ($C = \text{const}$) у диференціального рівняння (2.6), якщо немає джерел забруднення, має бути розв'язок у вигляді $C = \text{const}$, тобто маса домішок зберігається в разі довільного конвективного перенесення. Звідси випливає умова нерозривності, яку задовольняє поле швидкостей повітряної маси:

$$\frac{\partial(u)}{\partial x} + \frac{\partial(v)}{\partial y} + \frac{\partial(w)}{\partial z} = 0. \quad (2.7)$$

Для визначення незалежних параметрів диференціальної задачі рівняння (2.6) доцільно записати у безрозмірному вигляді. Для цього розглянемо характерні розмірні величини:

$L(\text{м})$ – характерний розмір розрахункової області;

$V(\text{м/с})$ – характерна швидкість повітряного потоку в регіоні;

$Q(\text{кг/с})$ – потужність викиду точкового джерела з максимальною інтенсивністю.

Позначимо безрозмірні параметри рівняння (2.6) символом « $\sim$ ».

Їх значення такі:

$$\tilde{C} = CVL^2/Q;$$

$$\tilde{t} = tV/L;$$

$$\tilde{u} = u/V, \quad \tilde{v} = v/V, \quad \tilde{w} = w/V;$$

$$\tilde{x} = x/L, \quad \tilde{y} = y/L, \quad \tilde{z} = z/L;$$

$$\tilde{\mu} = \mu/V/L.$$

Отже, в області $G = \{0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2, 0 \leq z \leq l_3\}$ будемо розглядати рівняння (2.6) з відповідними початковими та граничними умовами.

Розглянемо деякі варіанти початкових і граничних умов.

На бічних гранях області G для $t > 0$ обирають такі граничні умови, що моделюють процеси втікання чи витікання забруднення. На частині межі Γ , де повітряні маси втікають у розрахункову область, можна вважати, що концентрація забруднення C відома. Найчастіше забруднення, що втікає в G , не враховують, тому на межі Γ^- (ділянці межі Γ , де $V_n < 0$) ставлять умову

$$C|_{\Gamma^-} = 0. \quad (2.8)$$

Тут $V_n = \mathbf{V} \cdot \mathbf{n}$ – проекція вектора швидкості течії повітря на нормаль;
 $\mathbf{n}$ – одиничний вектор зовнішньої нормалі до межі Γ^- .

Коли повітряні маси на межі витікають з області G , дифузійними перенесеннями нехтують порівняно з конвективними, тобто припускають, що

$$\frac{\partial C}{\partial n}|_{\Gamma^+} = 0,$$

де Γ^+ – частині межі, де $V_n > 0$.

На площині $z = 0$ задають умову третього роду $\frac{\partial C}{\partial z}|_{z=0} = \alpha C$, $\alpha > 0$,

де коефіцієнт α враховує характер взаємодії забруднювальної речовини з підстильною поверхнею.

Якщо викидів немає, початкова умова для рівняння (2.6) має вигляд:

$$C|_{t=0} = 0.$$

Для задач розсіювання початкового викиду використовують умову:

$$C|_{t=0} = C_0(x, y, z).$$

Таким чином маємо математичну модель просторового перенесення забруднення.

2.3 Розрахунок потужності викиду шкідливих речовин в атмосферу

Потужність викиду Q , відповідна заданому значенню максимальної концентрації, визначається за формулою [4]:

$$Q = \frac{c_m H^2}{A F m n \eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}, \quad (2.9)$$

де A - коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери (для України значення коефіцієнта дорівнює 200 [5]);

Q (г/с) - маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу;

F - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m і n - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

$H(m)$ - висота джерела викиду над рівнем землі (для наземних джерел при розрахунках приймається $= 2$ м);

η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, в разі рівної місцевості з перепадом висот, що не перевищує 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

$\Delta T(^{\circ} \text{C})$ - різниця між температурою що викидається газоповітряної суміші T_2 і температурою навколишнього атмосферного повітря $T_в$;

$V_1(\text{м}^3/\text{с})$ - витрата газоповітряної суміші, що визначаються при проектуванні підприємств розрахунком у технологічній частині проекту або приймаються відповідно до діючих для даного виробництва (процесу) нормативами. Також її можна визначити за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} w_0, \quad (2.10)$$

де $D(\text{м})$ - діаметр гирла джерела викиду;

$w_0(\text{м/с})$ - середня швидкість виходу газоповітряної суміші з джерела викиду.

Значення безрозмірного коефіцієнта F приймається:

а) для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пилу, золи і т.п., швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) - 1;

б) для дрібнодисперсних аерозолів при середньому експлуатаційному коефіцієнті очищення викидів не менше 90% - 2; від 75 до 90% - 2,5; менше 75% і при відсутності очистки - 3.

Значення f визначається за формулою:

$$f = 1000 \frac{w_0^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (2.11)$$

Коефіцієнт m визначається за формулами:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100; \quad (2.12)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100. \quad (2.13)$$

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається за формулами:

$$n=1, \quad \text{при } v_m \geq 2; \quad (2.14)$$

$$n = 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13, \quad \text{при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (2.15)$$

$$n = 4,4v_m, \quad \text{при } v_m < 0,5. \quad (2.16)$$

Де значення v_m обчислюється як:

$$v_m = 0,65\sqrt[3]{\frac{V_1\Delta T}{H}}; \quad (2.17)$$

Для $f \geq 100$ Коефіцієнт n визначається за формулами (2.14)-(2.16), але замість v_m використовується v'_m :

$$v'_m = 1,3\frac{\omega_0 D}{H}; \quad (2.18)$$

Таким чином маємо повний алгоритм розрахунку потужності джерела викиду (промислової труби).

2.4. Реалізація математичної моделі

Вихідні дані для формування крайової задачі (диференційного рівняння):

- H – висота труби;
- $P_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координати місцеположення точкових джерел забруднення; (кількість датчиків та їх координати, тут для кожного підприємства – один датчик, на майбутнє база даних допускає зберігання декількох датчиків для кожного підприємства);
- граничні умови для $C(x, y, z, t)$ – (по периметру території міста, в нашому випадку це тривіальні нулі);
- початкові умови для $C(x, y, z, t)$ – це покази датчиків, що приймаємо за початкову точку відліку.

Будимо реалізувати модель розповсюдження шкідливих викидів у повітрі з припущенням відсутності турбулентного дифузійного перенесення. Тоді замість диференціального рівняння (2.6) ми будимо мати наступне рівняння:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial(wC)}{\partial z} = \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(P - P_i) \quad (2.19)$$

Параметри рівняння (2.19) обчислюємо за наведеною вище методикою на основі погодних умов, які програмно отримуємо з сервісу [8] та показань датчиків, які заносяться в БД розробленого веб-застосунку з файлів текстового формату, що формує датчик и на виході.

Значення $[u, v, w]$ обчислюються в залежності від напрямку та швидкості вітру. Для спрощення моделі будемо вважати $w=0$, тобто параметри вітру незмінними від висоти. Напрямок осі Ox співпадає з напрямком на північ(див. рис. 2.1). Відповідно напрямок осі Oy – під прямим кутом до Ox паралельно поверхні Землі.

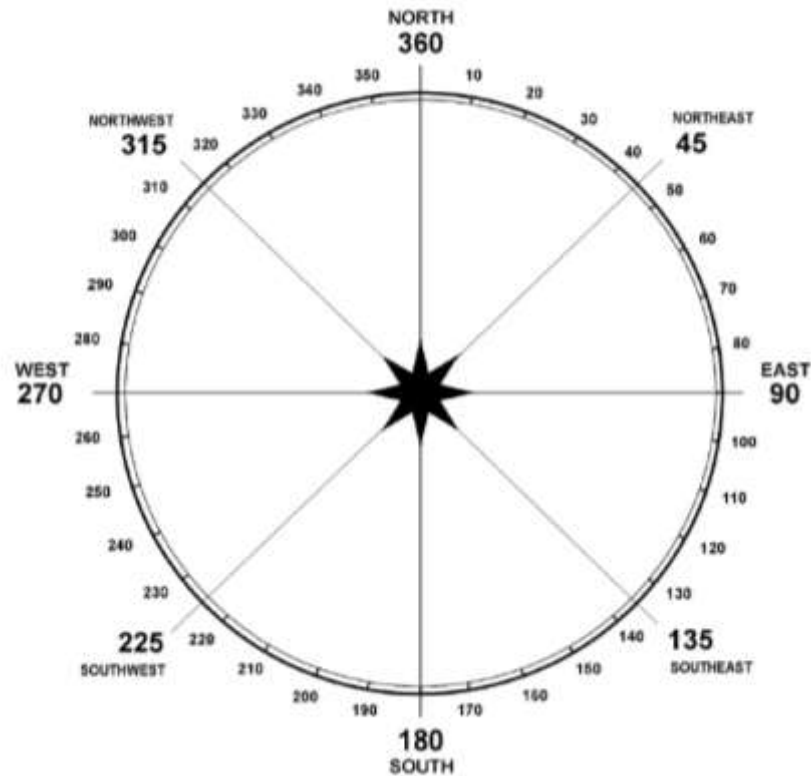


Рисунок 2.1 – карта напрямків вітру

Сервіс [8] надає напрямок вітру в градусах, а швидкість в м/сек. При виконанні обчислень градуси переводимо в радіани:

$$1^{\circ} \times \pi/180 = 0,01745 \text{ рад}$$

Тоді значення змінних u та v в РНР-кодi формуються наступним чином:

$$u = \text{wind_speed} \cdot \cos(\text{wind_deg} \cdot \pi/180);$$

$$v = \text{wind_speed} \cdot \sin(\text{wind_deg} \cdot \pi/180);$$

де wind_speed – швидкість вітру, wind_deg – напрямок вітру.

При наявності записаних в БД даних про вітер за деякий проміжок часу можна значно поліпшити якість прогнозування, якщо змінні u та v представити у вигляді лінійних або поліноміальних функцій, обчислених за

цими даними. Однак тоді отримане диференційне рівняння моделі забруднення буде більш складно залежати від часу (змінна t), та потребуватиме більшої кількості крайових та початкових умов та відповідно встановлення більшої кількості датчиків у контрольних точках зони моніторингу.

Код на РНР виконує обробку даних датчиків, занесення їх в БД та розрахунок на основі даних БД параметрів моделі. В результаті маємо однорідне диференційне рівняння в часткових похідних з константною правою частиною (див. формулу 2.19).

Для його вирішення використаємо пакет комп'ютерної алгебри MAPLE [9-11]. Для зручності обчислень скористуємось безкоштовним варіантом з веб-інтерфейсом [12], виклик якого автоматизуємо в меню розробленого застосунку. Використаємо функцію **pdsolve()**.

Для отримання загального розв'язку сформованого програмно диференційного рівняння достатньо скопіювати його в буфер та перенести у вікно вводу даних, що відкривається через пункт меню застосунку «Maple», наприклад:

```
>> pdsolve(diff(C(x,y,t),t)+3*diff(C(x,y,t),x)+5*diff(C(x,y,t),y)=1277.2435021506);
```

Отримаємо загальне рішення у формі :

$$C(x,y,t) = 212873917/500000*x + _F1(-5/3*x+y, -1/3*x+t)$$

де явний вигляд функції

$$_F1(-5/3*x+y, -1/3*x+t)$$

необхідно визначити за допомогою початкових та крайових умов.

Як бачимо, функція $_F1$ – поліном другого ступеня від двох змінних. Перепишемо її у вигляді:

$$F1 = a1(-5/3*x+y) + b1(-1/3*x+t) + a2(-5/3*x+y)^2 + b2(-1/3*x+t)^2 + d(-5/3*x+y)(-1/3*x+t).$$

Тоді, знаючи значення вимірів концентрації $C(x, y, t)$ як мінімум в п'яти точках, маємо систему 5 рівнянь з 5 невідомими, вирішивши яку отримаємо значення коефіцієнтів. Далі можна вирішити цю систему для моментів часу t_2, t_3, t_4 , і т.д., переконатися в незначних коливаннях їх значень (або прагненню до межі) і усереднити значення коефіцієнтів. Приклад розрахунку коефіцієнтів і отримання прогнозу наведено на рис. 2.2.

```

> F1:=(x,y,t) ->a1*(-5/3*x+y)+b1*(-1/3*x+t)+a2*(-5/3*x+y)^2+b2*(-1/3*x+t)^2
+d*(-5/3*x+y)*(-1/3*x+t);
SysEqv:={F1(100,20,0)=56, F1(10,200,0)=78, F1(100,100,0)=43,
F1(1000,2000,0)=0, F1(2000,1000,0)=0};
fsolve(SysEqv,{a1,b1,a2,b2,d});
F2:=(x,y,t)
->.779071361e-1*(-5/3*x+y)+(-1.808607993)*(-1/3*x+t)+.1658080773e-2*(-5/3*
x+y)^2+(-.1071712901e-1)*(-1/3*x+t)^2
+(-.3399502850e-2)*(-5/3*x+y)*(-1/3*x+t);
F2(10,10,2);

```

$$F1 = (x, y, t) \rightarrow a1 \left(-\frac{5}{3}x + y \right) + b1 \left(-\frac{1}{3}x + t \right) + a2 \left(-\frac{5}{3}x + y \right)^2 + b2 \left(-\frac{1}{3}x + t \right)^2 + d \left(-\frac{5}{3}x + y \right) \left(-\frac{1}{3}x + t \right)$$

$$SysEqv = \left\{ -\frac{440}{3}a1 - \frac{100}{3}b1 + \frac{193600}{9}a2 + \frac{10000}{9}b2 + \frac{44000}{9}d = 56, \right.$$

$$\frac{550}{3}a1 - \frac{10}{3}b1 + \frac{302500}{9}a2 + \frac{100}{9}b2 - \frac{5500}{9}d = 78, -\frac{200}{3}a1 - \frac{100}{3}b1 + \frac{40000}{9}a2 + \frac{10000}{9}b2 + \frac{20000}{9}d = 43,$$

$$\frac{1000}{3}a1 - \frac{1000}{3}b1 + \frac{1000000}{9}a2 + \frac{1000000}{9}b2 - \frac{1000000}{9}d = 0,$$

$$\left. -\frac{7000}{3}a1 - \frac{2000}{3}b1 + \frac{49000000}{9}a2 + \frac{4000000}{9}b2 + \frac{14000000}{9}d = 0 \right\}$$

$$\{d = -.003399502850, b2 = -.01071712901, a1 = .0779071361, b1 = -1.808607993, a2 = .001658080773\}$$

$$F2 = (x, y, t) \rightarrow .4730241042x + .0779071361y - 1.808607993t + .001658080773 \left(-\frac{5}{3}x + y \right)^2$$

$$- .01071712901 \left(-\frac{1}{3}x + t \right)^2 - .003399502850 \left(-\frac{5}{3}x + y \right) \left(-\frac{1}{3}x + t \right)$$

1.916518419

Рисунок 2.2 – приклад розрахунку коефіцієнтів та отримання прогнозу

Таким чином вирішено задачу побудови математичної моделі розповсюдження шкідливих викидів в повітрі у вигляді однорідного диференційного рівняння в часткових похідних. Знаходження загального та конкретного рішення цього рівняння для заданих початкових та крайових умов. На прикладі показано процес подальшого прогнозування.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕБ- ЗАСТОСУВАННЯ

3.1 Вибір технологій

Для реалізації проекту оберемо один з найбільш популярних стеків сучасних веб-технологій:

- HTML (Hyper Text Markup Language – мова гіпертекстової розмітки) – це стандартизована мова розмітки веб-сторінок у інтернеті [13];
- CSS (Cascading Style Sheets – каскадні таблиці стилів) – це мова яка описує зовнішній вигляд веб-сторінок [14];
- JS (JavaScript) – це мова за допомогою якої ми описуємо послідовність дій які необхідно буде виконати програмі при виконанні деяких умов [15].
- PHP – серверна скрипкова мова програмування [16].
- MYSQL – система керування базами даних [17].

Основи сучасних інформаційних технології складають бази даних і системи керування базами даних, роль яких як єдиного засобу постійно зростає. Зараз із поширенням сфери використання баз даних ставляться все більші вимоги до роботи систем управління базами даних. Серед них: швидкодія; захист від будь-яких нештатних ситуацій; надійність зберігання; розмежування доступу до даних; можливість підтримки цілісності даних тощо [18].

Бази даних класифікують за різними критеріями. За *моделлю організації даних* розрізняють такі бази даних: ієрархічна, мережна, реляційна, об'єктно-орієнтована, документно-орієнтована та інші. *Ієрархічна БД* може бути представлена як дерево, що складається з об'єктів різних рівнів. Між об'єктами існують зв'язки типу «предок-нащадок». При цьому можлива ситуація, коли об'єкт не має нащадків або має їх декілька, тоді як у об'єкта-нащадка обов'язково тільки один предок. *Мережна БД* подібна до ієрархічної, за винятком того, що кожен об'єкт може мати більше одного предка. *Реляційна БД* зберігає дані у вигляді таблиць. Найуживаніші СКБД

використовують реляційну модель даних. У *об'єктно-орієнтованій БД* дані оформляють у вигляді моделей об'єктів.

За *розміщенням* даних виділяють локальну (централізовану) БД, яка підтримується на одному комп'ютері та розподілену БД, частини якої розміщують на різних комп'ютерах мережі.

Структуровані БД використовують структури даних, тобто структурований опис типу фактів за допомогою схеми даних, більш відомої як модель даних. Модель даних описує об'єкти та взаємовідношення між ними. Існує декілька моделей (чи типів) баз даних, основні: ієрархічна, мережна та реляційна. До *неструктурованих БД* належать повнотекстові бази даних, які містять неструктуровані тексти статей чи книг у формі, що дозволяє здійснювати швидкий пошук (наприклад, як Вікіпедія).

У сучасних інформаційних системах для забезпечення роботи з базами даних використовують системи керування базами даних (СКБД). *Система керування базами даних* — це система, заснована на програмних та технічних засобах, яка забезпечує визначення, створення, маніпулювання, контроль, керування та використання баз даних. Застосунки для роботи з базою даних можуть бути частиною СКБД або автономними. Найпопулярнішими СКБД є MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle, Sybase, Interbase, Firebird та IBM DB2. СКБД дозволяють ефективно працювати з базами даних, обсяг яких робить неможливим їх ручне опрацювання.

При роботі з базами даних використовують мови спеціального призначення. *Мова визначення даних* (Data definition language, DDL) — це мова, яка описує дані та структури даних, а також визначає взаємозв'язки між ними. *Мова маніпулювання даними* (Data manipulation language, DML) — це мова, яку підтримує СКБД і яка забезпечує виконання операцій отримання, додавання, зміни та видалення даних. *Мова запитів* (Query language) — це мова для користувачів, яка забезпечує отримання та оброблення даних у базі даних.

При роботі з реляційними базами даних використовують *мову структурних запитів SQL* (Structured Query Language), яка поєднує всі три функції (визначення даних, модифікація даних та формування вибірок). Мова SQL стандартизована ANSI та ISO: починаючи з 1986 року, регулярно виходять поновлені стандарти. Слід зауважити, що кожна сучасна СКБД (MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server та інші) підтримує свою власну модифікацію SQL, так що SQL-запит для однієї СКБД може не працювати в середовищі іншій. Але головні принципи формування SQL-запитів та їх структура однакові та відповідають стандартам ANSI/ISO. При необхідності виконання якоїсь операції над даними клієнт формує лінгвістичну конструкцію мовою SQL, яку називають SQL-запитом, і надсилає її до СКБД. СКБД опрацьовує запит, і результат його виконання (наприклад, вибірку даних) повертає клієнту. Мова, якою оперує СКБД, також може містити засоби для конфігурування СКБД; модифікації, форматування даних та розрахунків; формування обмежень даних [19].

На основі аналізу інструментарію сучасних СКБД приходимо до висновку, що для розробки бази даних для моделювання системи екологічного моніторингу доцільно використати СУБД MySQL, яка є простою у використанні та наочною при проектуванні, достатньо потужною для забезпечення всіх етапів проектування додатку для веб.

Основу бази даних складають дані, які в неї зберігаються в MySQL у вигляді реляційних таблиць. *Таблиці* призначені для внутрішнього зберігання даних або підключення зовнішніх даних. У таблицях дані розміщені по стовпцях, які називають полями (атрибутами), та рядках (кортежах), які називають записами. Всі дані одного стовпця мають бути одного типу та описувати інформацію однієї категорії. Різні поля можуть містити дані різного типу (числа, текст, дату, логічні значення). Сукупність даних у всіх стовпцях таблиці, які розміщені на одному рядку, створює запис. Функціональні можливості СУБД MySQL, максимально можливий об'єм баз

даних, підтримка сучасних веб-технології та кросплатформеність цілком задовольняють поставленим завданням.

3.2 Розробка концептуальної моделі системи

Концептуальна модель — модель предметної області, що складається з переліку взаємопов'язаних понять, що використовуються для опису цієї області, разом з властивостями й характеристиками, класифікацією цих понять, за типами, ситуацій, ознаками в даній області і законів протікання процесів в ній. Концептуальна (змістовна) модель — це абстрактна модель, що визначає структуру модельованої системи, властивості її елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі і суттєві для досягнення мети моделювання.

Концептуальна модель предметної області будується першою та полягає у структуризації наочної області: об'єкти реального миру піддаються класифікації, фіксується сукупність тих, що підлягають відображенню в БД об'єктів.

На основі попередньо проведеного аналізу предметної області визначимо перелік сутностей, інформація про які зберігатиметься у базі даних:

- сутність "речовина" (substance);
- сутність "датчик" (sensor);
- сутність "вимірювання" (measure);
- сутність "підприємство" (factory);
- сутність "труба" (tube);
- сутність "викид" (ejection);
- сутність "датчик температури" (temperature_sensor).

Сутність "речовина" має такі атрибути: ідентифікатор речовини, назва українською, назва англійською, ГДК (гранична допустима концентрація), коефіцієнт розсіювання (безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість

осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі), одиниці виміру, базове ім'я файлу для вимірів.

Сутність "датчик" має такі атрибути: ідентифікатор датчика, тип, ідентифікатор вимірюваної речовини, ім'я файлу з вимірами, координата довготи, координата широти.

Сутність "вимірювання" має такі атрибути: ідентифікатор датчика, : ідентифікатор речовини, мітка часу, концентрація. Одночасно вона є асоціативною (реляційним відношенням), так як поєднує базові сутності "датчик" та "речовина".

Сутність "підприємство" має такі атрибути: ідентифікатор підприємства, назва, адреса, координата довготи, координата широти.

Сутність "труба" має такі атрибути: ідентифікатор труби, ідентифікатор підприємства якому вона належить, висота підняття шлейфу, висота труби, діаметр гирла джерела викиду, середня швидкість виходу газоповітряної суміші з джерела викиду, температура викиду, кількість речовин, що викидаються, координата довготи, координата широти.

Сутність "викид" є реляційним відношенням, що встановлює зв'язки між сутностями "труба" та "речовина" і має такі атрибути: ідентифікатор труби, ідентифікатор речовини та потужність точкового джерела (розраховується в процесі моделювання на основі характеристик труби, погодних умов та речовини, що викидається).

Сутність "датчик температури" має такі атрибути: мітка часу, температура(в Кельвінах), висота вимірювання.

На підставі опису предметної області визначимо наступні зв'язки:

- сутність "датчик" і сутність "вимірювання" мають зв'язок один-до багатьох між первинним ключем "датчик -> ідентифікатор датчика" та зовнішнім ключем "вимірювання -> ідентифікатор датчика";

- сутність "речовина" і сутність "вимірювання" мають зв'язок один-до багатьох між первинним ключем "речовина -> ідентифікатор речовини" та зовнішнім ключем "вимірювання -> ідентифікатор речовини ";

- сутність "речовина" і сутність "викид" мають зв'язок один-до багатьох між первинним ключем "речовина -> ідентифікатор речовини" та зовнішнім ключем "викид -> ідентифікатор речовини";

- сутність "труба" і сутність "викид" мають зв'язок один-до багатьох між первинним ключем "труба -> ідентифікатор труби" та зовнішнім ключем "викид -> ідентифікатор труби";

- сутність "підприємство" і сутність "труба" мають зв'язок один-до багатьох між первинним ключем "підприємство -> ідентифікатор труби" та зовнішнім ключем "труба -> ідентифікатор труби".

Сутність "датчик температури" не зв'язана з іншими таблицями бази даних та використовується для визначення класу стійкості погодних умов за Паскуїллом на основі обчислення градієнта температури в порівнянні з температурою, що отримана з сервісу погодних умов.

Наступні етапи - логічне та фізичне проектування бази даних, а саме процес перетворення концептуальної моделі в логічну модель з урахуванням особливостей обраної СУБД. Основним завданням логічного проектування є розробка логічної схеми, орієнтованої на вибрану СУБД. Оскільки для розробки додатку обрано реляційну СУБД MySQL, то і розроблену концеп

Логічна модель даних залежить тільки від прийнятої в СКБД моделі організації даних (реляційна, мережева тощо), фізична – від конкретної СКБД, з вибору якої власне і починається етап фізичного проектування. Між логічним і фізичним проектуванням існує нерозривний зворотний зв'язок: рішення, прийняті на етапі фізичного проектування для підвищення продуктивності системи можуть впливати на структуру логічної моделі даних. Представлення адміністратора. Фізичний рівень : групування даних, індекси, методи доступу. Основною метою фізичного проектування БД є опис способу фізичної реалізації логічного проекту БД. Фізичне проектування БД – це процес створення опису реалізації БД виходячи з арсеналу методів і засобів, що надаються розроблювачу конкретною СКБД, в нашому випадку MySQL.

На основі розробленої концептуальної моделі побудуємо схему даних (див. рис.3.1).

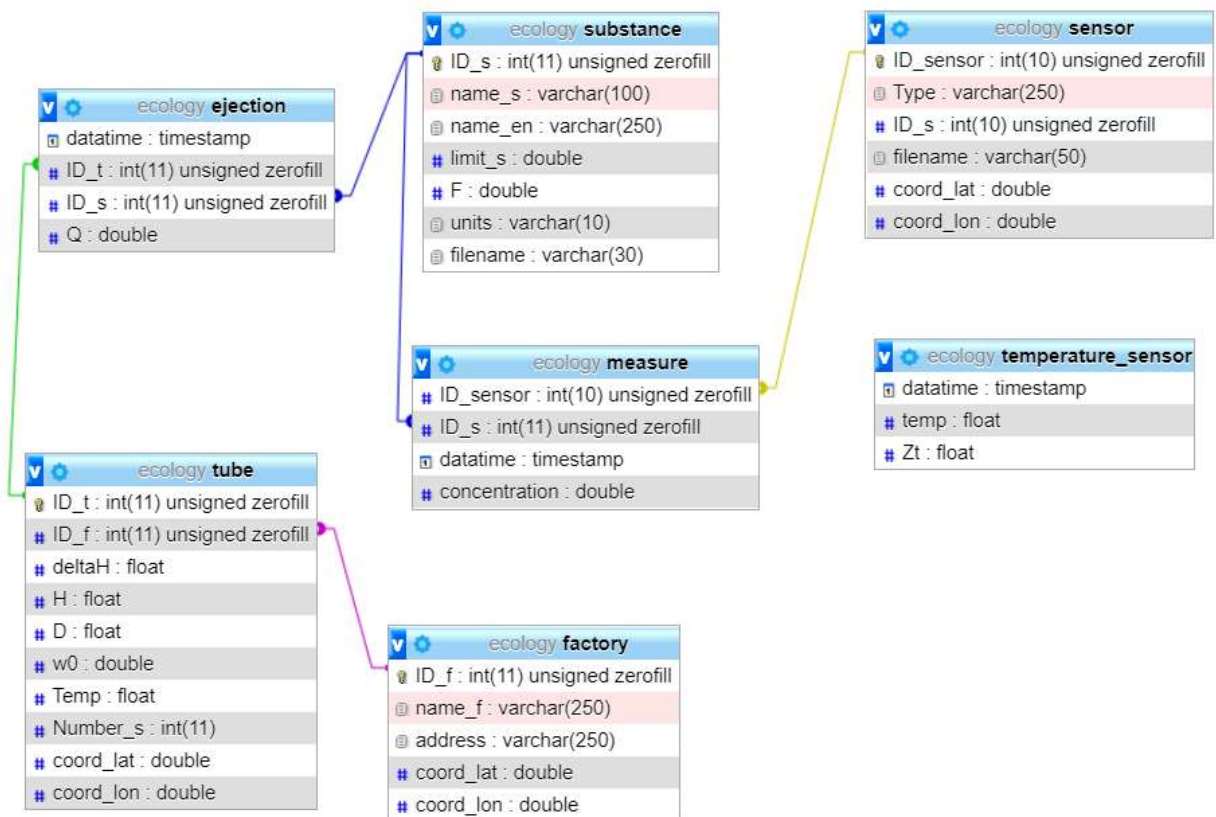


Рисунок 3.1 – Схема даних БД ecology

У основі реляційної моделі використовується поняття “відносини”, яке використовується для уявлення набору екземплярів об’єкту (сутність) та відносин (зв’язків) між об’єктами. Відношення представляється як певним чином організована таблиця.

Створимо структури семи реляційних таблиць згідно розробленого проекту. Для кожного поля обираємо відповідні значення розміру поля, вказуємо необхідність обов’язкового заповнення та створення індексу (з повтореннями чи без).

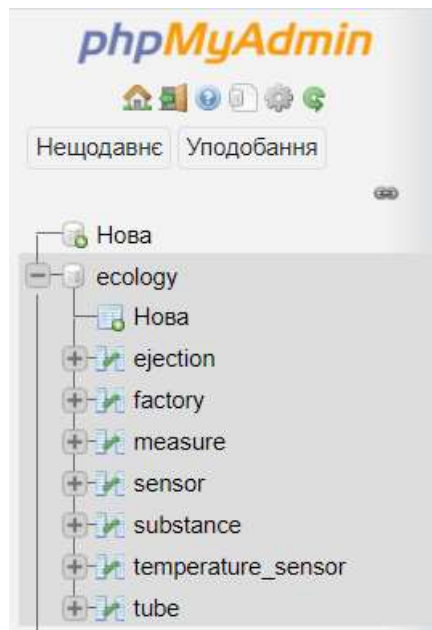


Рисунок 3.2 – Перелік таблиць БД ecology (всього 7 таблиць)

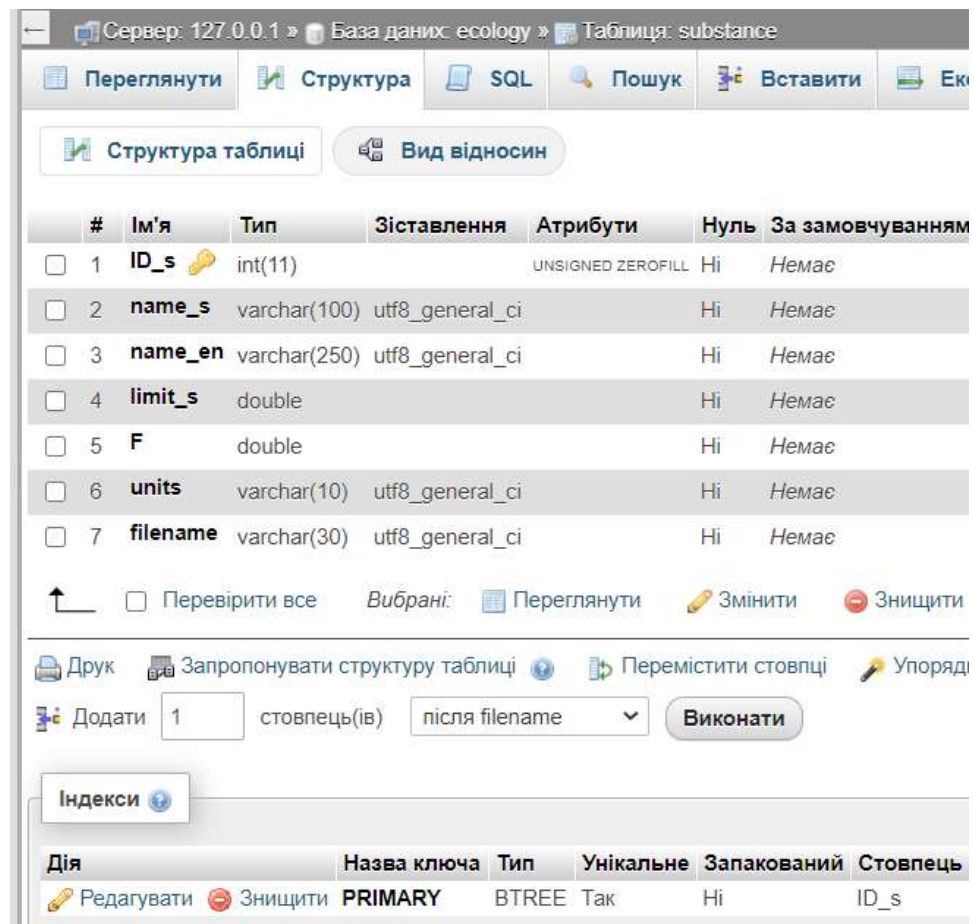


Рисунок 3.3 – Структура таблиці substance

На рис. 3.2 наведено приклад вмісту таблиці substance, яка включає перелік шкідливих речовин та їх характеристики, зокрема F - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в

атмосферному повітрі, та граничну допустиму концентрацію (ГДК), що взято з довідників [2, 20-22].

ID_s	name_s	name_en	limit_s	F	units	filename
00000000001	Оксид вуглецю	Carbon monoxide	5	1	мкг/м.куб.	Carbon.txt
00000000002	Пил (зависли речовини)	Dust (suspended solids)	0.5	3	мкг/м.куб.	Dust.txt
00000000003	Двооксид сірки	Sulfur dioxide	0.05	2	мкг/м.куб.	Sulfur.txt
00000000004	Оксид азоту	Nitric oxide	0.4	1	мкг/м.куб.	Nitric.txt
00000000005	Формальдегід	Formaldehyde	0.035	1	мкг/м.куб.	Formaldehyde.txt
00000000006	Фенол	Phenol	0.01	1	мкг/м.куб.	Phenol.txt
00000000007	Хлористий водень	Hydrogen chloride	0.03	1	мкг/м.куб.	Chloride.txt
00000000008	Фтористий водень	Hydrogen fluoride	0.02	1	мкг/м.куб.	Fluoride.txt

Рисунок 3.4 – Приклад вмісту substance

Сервер: 127.0.0.1 » База даних: ecology » Таблиця: sensor

Переглянути Структура SQL Пошук Вставити Експорт

Структура таблиці Вид відносин

#	Ім'я	Тип	Зіставлення	Атрибути	Нуль	За замовчуванням
☐ 1	ID_sensor	int(10)		UNSIGNED ZEROFILL	Hi	Немає
☐ 2	Type	varchar(250)	utf8mb4_general_ci		Hi	Немає
☐ 3	ID_s	int(10)		UNSIGNED ZEROFILL	Hi	Немає
☐ 4	filename	varchar(50)	utf8mb4_general_ci		Hi	Немає
☐ 5	coord_lat	double			Hi	Немає
☐ 6	coord_lon	double			Hi	Немає

↑ ☐ Перевірити все Вибрані: ☐ Переглянути ☐ Змінити ☐ Знищити

Друк Запропонувати структуру таблиці ☐ Перемістити стовпці ☐ Упорядкувати

Додати 1 стовпець(ів) після coord_lon Виконати

Індекси

Дія	Назва ключа	Тип	Унікальне	Запакований	Стовпець	Кі
☐ Редагувати ☐ Знищити	PRIMARY	BTREE	Так	Hi	ID_sensor	12

Рисунок 3.5 – Структура таблиці sensor

ID_sensor	Type	ID_s	filename	coord_lat	coord_lon
0000000001	CM	0000000001	Carbon1.txt	47.56584859818287	35.78322843226054
0000000002	D(SS)	0000000002	Dust.txt	47.53354675981828	35.78322843226054
0000000003	SD	0000000003	Sulfur.txt	47.61585796798183	35.78322843226054
0000000004	NO	0000000004	Nitric.txt	47.63893796575981	35.78322843226054
0000000005	FA	0000000005	Formaldehyde.txt	47.49254163545366	35.78322843226054
0000000006	Ph	0000000006	Phenol.txt	47.54365767698183	35.78322843226054
0000000007	HC	0000000007	Chloride.txt	47.62596840981828	35.78322843226054
0000000008	HF	0000000008	Fluoride.txt	47.47685598182866	35.78322843226054
0000000009	CM	0000000001	Carbon2.txt	47.79818286630535	35.18322843226054
0000000010	CM	0000000001	Carbon3.txt	47.87236284732226	35.13994922787123
0000000011	CM	0000000001	Carbon4.txt	47.86646096111189	35.07755377749102
0000000012	CM	0000000001	Carbon5.txt	47.83678678646092	35.13994922787123

Рисунок 3.6 – Приклад вмісту sensor

Сервер: 127.0.0.1 » База даних: ecology » Таблиця: measure

Переглянути Структура SQL Пошук Вставити Екс

Структура таблиці Вид відносин

#	Im'я	Тип	Зіставлення	Атрибути	Нуль	За замовчуванням
☐ 1	ID_sensor	int(10)		UNSIGNED ZEROFILL	Hi	Немає
☐ 2	ID_s	int(11)		UNSIGNED ZEROFILL	Hi	Немає
☐ 3	datetime	timestamp			Hi	current_timestamp()
☐ 4	concentration	double			Hi	Немає

☐ Перевірити все
 Вибрані: ☐ Переглянути ☐ Змінити ☐ Знищити

Друк Запропонувати структуру таблиці
 Перемістити стовпці Упорядк

Додати стовпець(ів) після concentration

Індекси

Дія	Назва ключа	Тип	Унікальне	Запакований	Стовпець
🔧 Редагувати ❌ Знищити	ID_s	BTREE	Hi	Hi	ID_s
🔧 Редагувати ❌ Знищити	ID_sensor	BTREE	Hi	Hi	ID_sensor

Рисунок 3.7 – Структура таблиці measure

ID_sensor	ID_s	datetime	concentration
0000000001	00000000001	2020-12-24 00:00:00	2.85
0000000001	00000000001	2020-12-24 01:00:00	3.64
0000000001	00000000001	2020-12-24 02:00:00	2.49
0000000001	00000000001	2020-12-24 03:00:00	2.98
0000000001	00000000001	2020-12-24 04:00:00	3.73
0000000001	00000000001	2020-12-24 05:00:00	3.34
0000000001	00000000001	2020-12-24 06:00:00	3.26
0000000001	00000000001	2020-12-24 07:00:00	2.51
0000000001	00000000001	2020-12-24 08:00:00	2.62
0000000001	00000000001	2020-12-24 09:00:00	2.75
0000000002	00000000002	2020-12-24 00:00:00	0.36
0000000002	00000000002	2020-12-24 01:00:00	0.21
0000000002	00000000002	2020-12-24 02:00:00	0.46
0000000002	00000000002	2020-12-24 03:00:00	0.47
0000000002	00000000002	2020-12-24 04:00:00	0.24
0000000002	00000000002	2020-12-24 05:00:00	0.29
0000000002	00000000002	2020-12-24 06:00:00	0.52
0000000002	00000000002	2020-12-24 07:00:00	0.34
Консоль	00000000002	2020-12-24 08:00:00	0.22

Рисунок 3.8 – Приклад вмісту measure

Сервер: 127.0.0.1 » База даних: ecology » Таблиця: factory

Переглянути Структура SQL Пошук Вставити Ек

Структура таблиці Вид відносин

#	Ім'я	Тип	Зіставлення	Атрибути	Нуль	За замовчування
☐ 1	ID_f	int(11)		UNSIGNED ZEROFILL	Ні	Немає
☐ 2	name_f	varchar(250)	utf8_general_ci		Ні	Немає
☐ 3	address	varchar(250)	utf8_general_ci		Ні	Немає
☐ 4	coord_lat	double			Ні	Немає
☐ 5	coord_lon	double			Ні	Немає

↑ ☐ Перевірити все Вибрані: Переглянути Змінити Знищити

Друк Запропонувати структуру таблиці Перемістити стовпці Упоряд

Додати 1 стовпець(ів) після coord_lon Виконати

Індекси

Дія	Назва ключа	Тип	Унікальне	Запакований	Стовпець
Редагувати Знищити	PRIMARY	BTREE	Так	Ні	ID_f

Рисунок 3.9 – Структура таблиці factory

ID_f	name_f	address	coord_lat	coord_lon
00000000001	Запорізький Автомобілебудівний Завод	проспект Соборний, 8, Запоріжжя, Запорізька, 69000	47.79818286630535	35.18322843226054
00000000002	Дніпрова ГЗС	бульвар Вігнера, 1, Запоріжжя, Запорізька область, 69000	47.87236284732226	35.077553777491026
00000000003	Комбінат "Запоріжсталь"	Запоріжжя, Запорізька область, 69000	47.86070712178603	35.16770352816858
00000000004	Запорізький Завод Ферросплавів ОАО		47.86646096111189	35.13994922787123

Рисунок 3.10 – Приклад вмісту factory

Сервер: 127.0.0.1 » База даних: ecology » Таблиця: tube

Переглянути Структура SQL Пошук Вставити Екс

Структура таблиці Вид відносин

#	Ім'я	Тип	Зіставлення	Атрибути	Нуль	За замовчуванням	Ком
☐ 1	ID_t	int(11)		UNSIGNED ZEROFILL	Hi	Немає	
☐ 2	ID_f	int(11)		UNSIGNED ZEROFILL	Hi	Немає	
☐ 3	deltaH	float			Hi	Немає	
☐ 4	H	float			Hi	Немає	
☐ 5	D	float			Hi	Немає	
☐ 6	w0	double			Hi	Немає	
☐ 7	Temp	float			Hi	Немає	
☐ 8	Number_s	int(11)			Hi	Немає	
☐ 9	coord_lat	double			Hi	Немає	
☐ 10	coord_lon	double			Hi	Немає	

☐ Переверити все Вибрані: ☐ Переглянути ☐ Змінити ☐ Знищити

Друк Запропонувати структуру таблиці Перемістити стовпці Упорядкувати

Додати стовпець(ів) після coord_lon

Індекси

Дія	Назва ключа	Тип	Унікальне	Запакований	Стовпець
☐ Редагувати ☐ Знищити	PRIMARY	BTREE	Так	Hi	ID_t
☐ Редагувати ☐ Знищити	index_factory	BTREE	Hi	Hi	ID_f

Рисунок 3.11 – Структура таблиці tube

ID_t	ID_f	deltaH	H	D	w0	Temp	Number_s	coord_lat	coord_lon
00000000001	00000000001	3.1	20	1.2	20	300	0	47.79818286630535	35.18322843226054
00000000002	00000000002	2.8	28	2.7	25	350	0	47.87236284732226	35.077553777491026
00000000003	00000000003	4.2	17	1.5	22	286	0	47.86070712178603	35.16770352816858
00000000004	00000000004	1.7	19	3.1	15	298	0	47.86646096111189	35.13994922787123

Рисунок 3.12 – Приклад вмісту tube

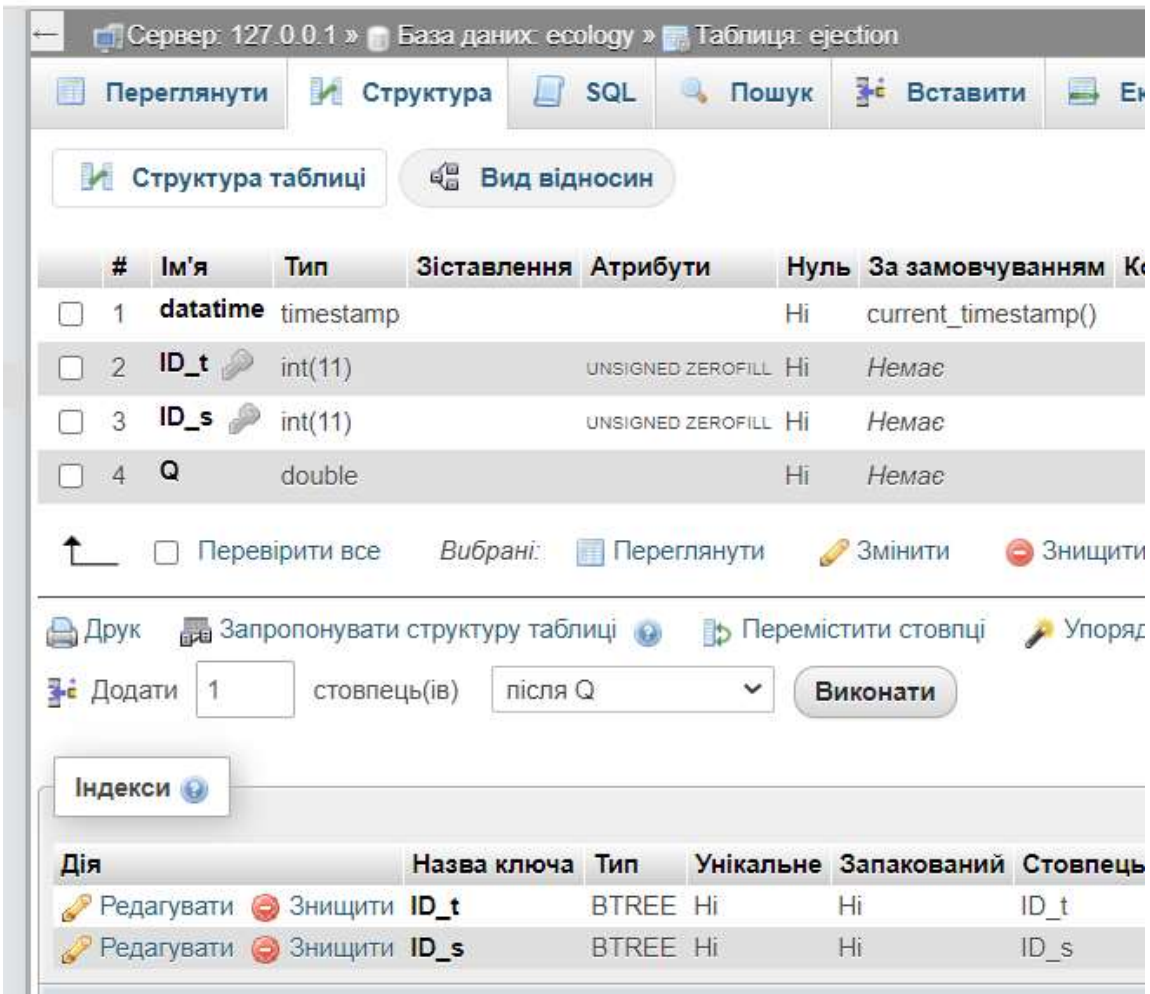


Рисунок 3.13 – Структура таблиці ejection

datetime	ID_t	ID_s	Q
2020-12-27 00:12:10	00000000001	00000000001	153.89122723063
2020-12-27 00:12:10	00000000002	00000000001	694.60334902817
2020-12-27 00:12:10	00000000003	00000000001	161.60818316974
2020-12-27 00:12:10	00000000004	00000000001	273.17094518046
2020-12-27 00:12:10	00000000001	00000000001	153.89122723063
2020-12-27 00:12:10	00000000002	00000000001	694.60334902817
2020-12-27 00:12:10	00000000003	00000000001	161.60818316974
2020-12-27 00:12:10	00000000004	00000000001	273.17094518046
2020-12-27 00:12:26	00000000001	00000000001	153.89122723063
2020-12-27 00:12:26	00000000002	00000000001	694.60334902817
2020-12-27 00:12:26	00000000003	00000000001	161.60818316974
2020-12-27 00:12:26	00000000004	00000000001	273.17094518046
2020-12-27 00:15:41	00000000001	00000000001	153.89122723063
2020-12-27 00:15:41	00000000002	00000000001	694.60334902817
2020-12-27 00:15:41	00000000003	00000000001	161.60818316974
2020-12-27 00:15:41	00000000004	00000000001	273.17094518046

Рисунок 3.14 – Приклад вмісту ejection

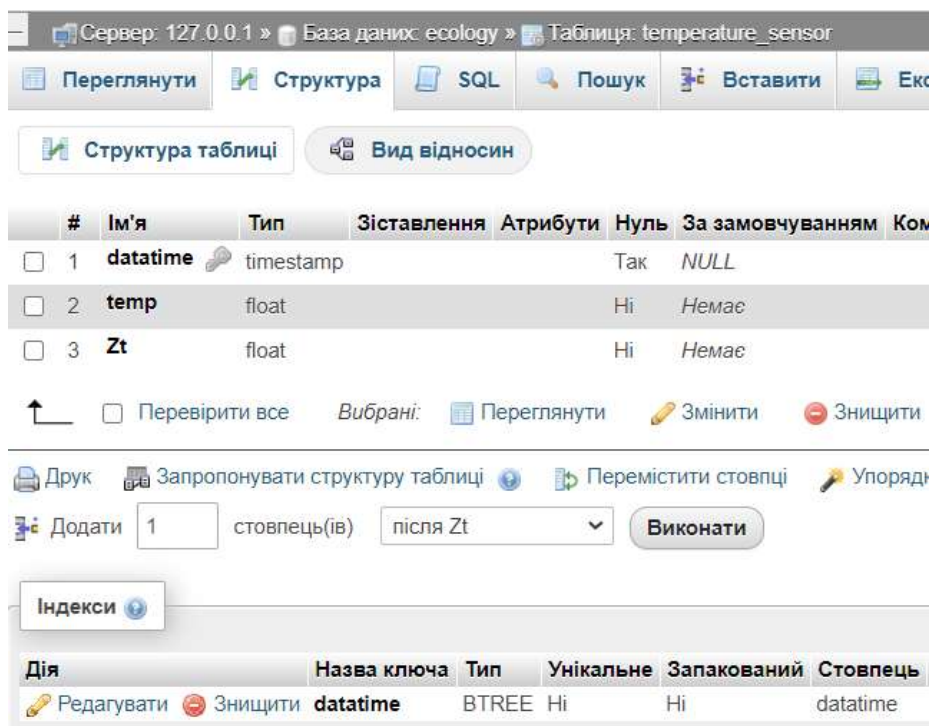


Рисунок 3.15 – Структура таблиці temperature_sensor

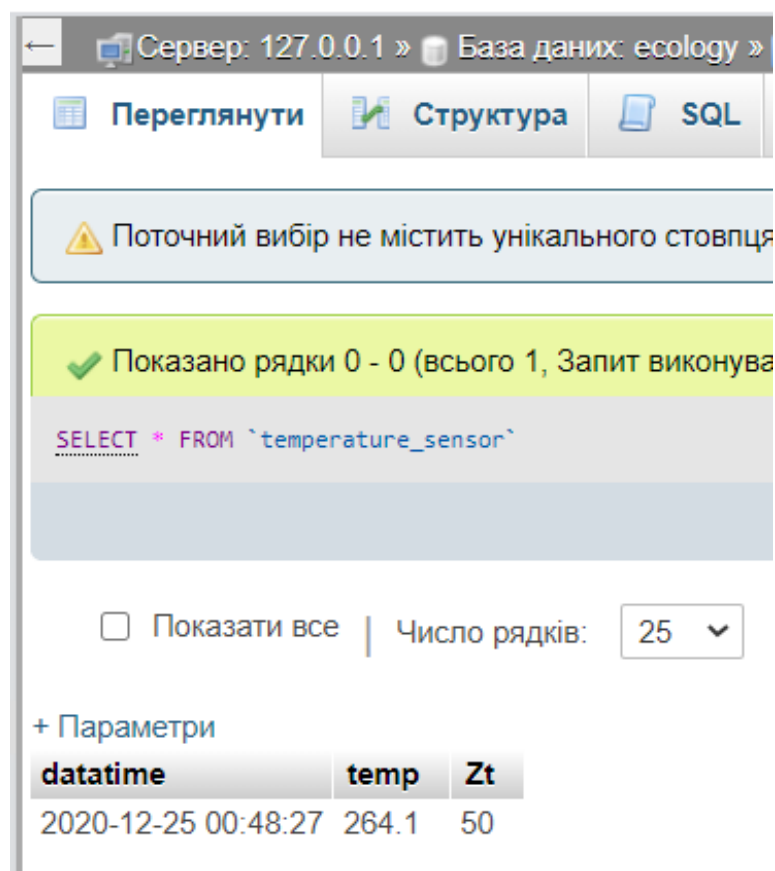


Рисунок 3.16 – Приклад вмісту temperature_sensor

Нормалізація допомагає уникнути аномалій відновлення. Під аномаліями відновлення розуміються труднощі, з якими зустрічаються при виконанні операцій додавання кортежів у відношення (INSERT), видалення кортежів (DELETE) і модифікації кортежів (UPDATE).

Відношення перебуває у першій нормальній формі (1НФ), якщо всі атрибути відношення є простими (вимога атомарності атрибутів), тобто не мають компонентів. Іншими словами, домен атрибута повинен складатися з неподільних значень і не може містити в собі безліч значень із множини елементарних доменів [23].

Друга нормальна форма (2НФ) вимагає, щоб всі поля таблиці залежали від первинного ключа, тобто, щоб первинний ключ однозначно визначав запис і не був надмірний. Ті поля, які залежать тільки від частини первинного ключа, повинні бути виділені в складі окремих таблиць. Атрибут відношення є ключовим, якщо він є елементом якого-небудь ключа відношення. В іншому випадку атрибут буде вважатися неключовим. Відношення перебуває у 2НФ, якщо воно перебуває у 1НФ, і всі неключові атрибути відношення функціонально мінімально залежать від первинного ключа. Іншими словами, 2НФ вимагає, щоб відношення не містило часткових функціональних залежностей. У центрі уваги – ключ. Особливо, якщо він складовий. 2НФ відповідає таким вимогам: таблиця має ключ та усі неключові стовпці залежать від повного ключа.

Відношення перебуває у третій нормальній формі (3НФ), якщо воно перебуває в 2НФ, і всі неключові атрибути відношення залежать тільки від первинного ключа. Іншими словами, 3НФ вимагає, щоб відношення не містило транзитивного функціонального зв'язку неключових атрибутів від ключа.

Таким чином, на підставі аналізу зв'язків між сутностями отримали концептуальну модель предметної області та побудували схему даних для реляційної СКБД MySQL. Аналіз побудованої БД ecology дозволяє

впевнитися, що вона відповідає третій нормальній формі та може служити основою для подальшої розробки нашої інформаційної системи.

3.3 Розробка інтерфейсу інформаційної системи екологічного моніторингу

Інтерфейс розробленого клієнт-серверного застосунку складається з наступних сторінок:

- «Головна» сторінка містить карту Запоріжжя, підключену через сервіс Google Maps[24], та дані про погоду(див. рис. 3.17);
- «Датчики» – перехід на цю сторінку ініціює зчитування даних з текстових файлів, що відповідають вимірам датчиків. При цьому вся попередня інформація з таблиці *measure* видаляється(див. рис. 3.18);
- «База даних» - виводить на екран поточний вміст таблиць БД *ecology* (див. рис. 3.19);
- «Розрахунок» - надає можливість обрати одну з шкідливих речовин з таблиці БД *substance* та виконує побудову математичної моделі у вигляді диференційного рівняння в часткових похідних(див. рис. 3.20);
- «Maple» - надає можливість он-лайн доступу до системи комп'ютерної алгебри Maple, що застосовується для отримання рішення диференційного рівняння та прогнозування(див. рис. 3.21).

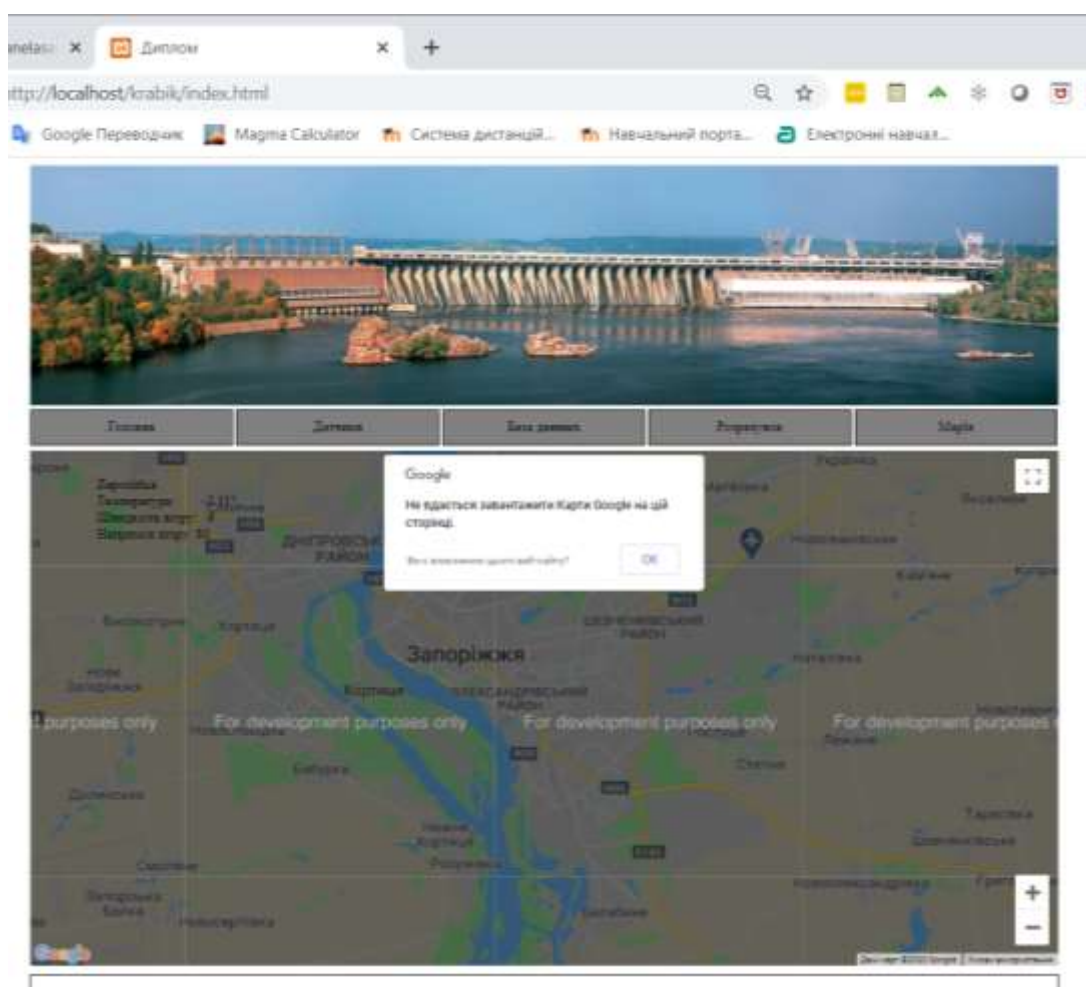


Рисунок 3.17 – Головна сторінка

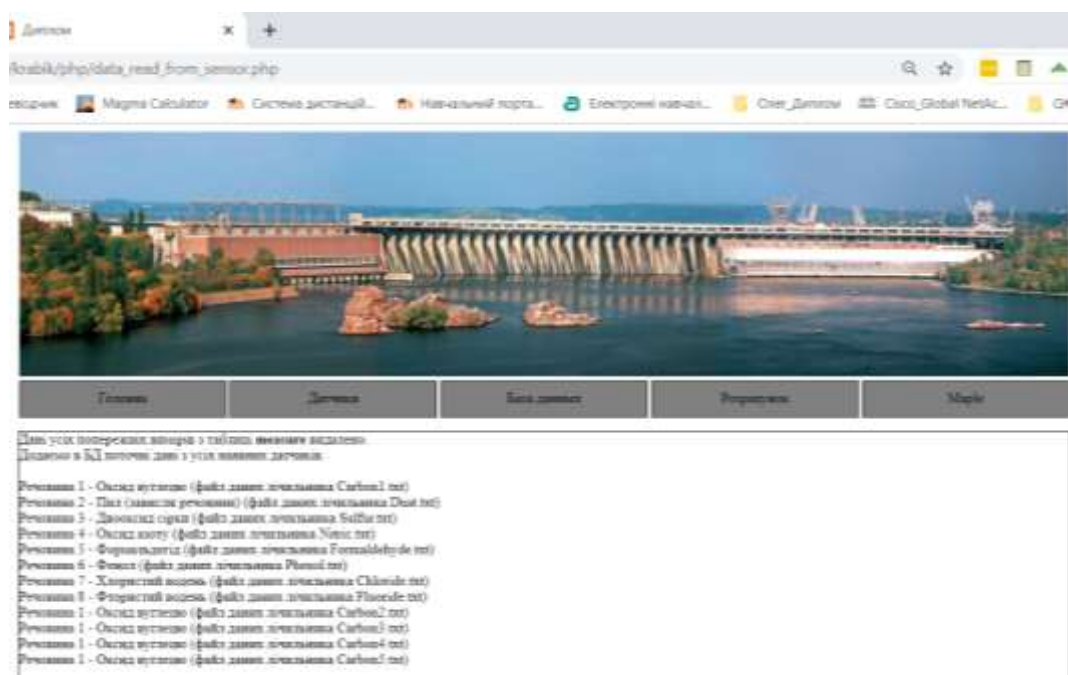


Рисунок 3.19 – Сторінка «Датчики»

atabase.php

Magma Calculator Система дистанцій... Навчальний порта... Електронні навчал... Олег_Диплом Cisco_Global NetAc...

Главная Датчики База данных Расчетчик Map

DB substance

ID	Назва	ГДК	коэффициент	Одиниця виміру	Файл даних
1	Оксид вуглецю	0.000000	1.000000	мг/м³.кГБ	Carbon.txt
2	Пил (зависла речовина)	0.500000	3.000000	мг/м³.кГБ	Dust.txt
3	Діоксид сірки	0.050000	2.000000	мг/м³.кГБ	Sulfur.txt
4	Оксид азоту	0.400000	1.000000	мг/м³.кГБ	Nitro.txt
5	Формальдегід	0.035000	1.000000	мг/м³.кГБ	Formaldehyde.txt
6	Фенол	0.010000	3.000000	мг/м³.кГБ	Phenol.txt
7	Хлористий водень	0.030000	1.000000	мг/м³.кГБ	Chloride.txt
8	Фтористий водень	0.020000	1.000000	мг/м³.кГБ	Fluoride.txt

DB factory

ID	Назва	Address	lat	lon
1	Запорізький Автобіоелектростанційний завод	проспект Соборний, 8, Запоріжжя, Запорізька, 69000	47.798183	35.183228
2	Запорізька ГЕС	Бульвар Віктора, 1, Запоріжжя, Запорізька область, 69041	47.872563	35.077554
3	Комбінат "Запорізький"	Запоріжжя, Запорізька область, 69000	47.800707	35.187704
4	Запорізький завод Феррохлориду, ОАО		47.866461	35.139649

DB tube

ID tube	ID factory	Висота труби	lat	lon
1	1	20	3.100000	1.250000
2	2	24	2.800000	2.700000
3	3	17	4.200000	1.500000
4	4	18	1.700000	3.100000

База даних © 2020

+38(098)-525-72-28
+38(096)-222-41-77
+38(050)-246-27-13

Рисунок 3.19 – Сторінка «База даних»

Диплом

/orabik/php/choice.php

Мagma Calculator Система дистанцій... Навчальний порта... Електронні навчал... Олег_Диплом Cisco_Global NetAc... Q#

Главная Датчики База данных Расчетчик Map

Погода у м. Києві сьогодні:
Температура: 271.04 = -1.96°C
Швидкість вітру: 6
Напрямок вітру: 80

Вибір речовини для розрахунку моделі забруднення

- Оксид вуглецю
- Оксид азоту
- Пил (зависла речовина)
- Діоксид сірки
- Оксид азоту
- Формальдегід
- Фенол
- Хлористий водень
- Фтористий водень

Рисунок 3.20 – Сторінка вибору речовини для аналізу

Буде проведено розрахунок математичної моделі розподілення шкідливої речовини: Оксид вуглецю

Погодні умови за сервісом Openweathermap.org
 Температура: 271.04 = -1.96°C
 Швидкість вітру: 6
 Напрямок вітру: 80

Температура на датчиків на висоті 50 м. = 264.1
 temp_datch= 0.001358
 Коеф. стійкості потоку за Паскуліном = E
 k= 47.56584859818287
 u= 35.78322943226054
 F= 1
 m= 1.2648525000000006
 k1rma_x= 3.2785731344452
 k1rma_y= 1.0484561402459
 k1rma_z= 0.78711552926999

DB tube

ID tube	ID баків	Висота труб/бат	Don	Q
1	1	20	47.799183	35.183228
2	2	28	47.872363	35.077554
3	3	17	47.860707	35.167704
4	4	19	47.866461	35.199949

Qsum= 455.46998299208

Введена у вікно MAPLE диференціальне рівняння з частковими похідними:

$$\text{pdsolve}(\text{diff}(C(x,y,t),t) + (1.0418890660016) * \text{diff}(C(x,y,t),x) + (5.9088465180732) * \text{diff}(C(x,y,t),y)) = 455.46998299208);$$

Рисунок 3.21 – Сторінка «База даних»

Maple

$$\text{pdsolve}(\text{diff}(C(x,y,t),t) + (1.0418890660016) * \text{diff}(C(x,y,t),x) + (5.9088465180732) * \text{diff}(C(x,y,t),y)) = 455.46998299208);$$

Load Example Run Script

Рисунок 3.22 – Сторінка «Maple» з введеною командою



Рисунок 3.23 – Сторінка «Maple» з результатом розрахунку

Оскільки ми працюємо з географічними координатам (довготою та широтою), необхідно вміти обчислювати скільки кілометрів в градусі, хвилині й секунді[25].

Якщо маємо справу з довготою, то зрозуміло, що довжина кола (меридіана) постійна - 40 008,55 км, розділимо на 360 °, отримаємо:

+111.134861111 км в одному градусі;

+0.0308707947531 км (+30,8707947531 м) в одній секунді.

При перерахунку даних широти довжина кола різна - 40.075,696 км на екваторі, 0 на полюсах. Розраховується як довжина одного градуса на екваторі помноженого на косинус кута широти. Один градус на екваторі - 40 075,696 км / 360 ° = +111.321377778 км / ° (+111321.377778 м / °)

На прикладі Запоріжжя: {lat:47.81853, lng: 35.18440}; широта 47.81853 °, $\cos(47.81853) = 0.67174408357769$ * 111321.377778 м / ° = 74779.47692м / °

+74.77947692км в одному градусі:

+0.02077207692 км (+20.77207692м) в одній секунді.

Таким чином розроблено веб-застосування, яке вирішує поставлене завдання побудови математичної моделі розповсюдження шкідливих викидів в повітрі та дозволяє виконати прогнозування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз маркетингової частини проекту «Дослідження та прогнозування розповсюдження шкідливих вибросів у повітрі на базі апаратного приладу екологічного моніторингу та карт повітряних потоків»

В Україні питання охорони довкілля офіційно перебувають у компетенції Міністерства екології і природних ресурсів, але напряду стосуються кожного громадянина. Тому існує низка формальних і неформальних організацій, товариств і рухів охорони довкілля, що дозволяють діяти локально і більш оперативно, ніж державним структурам. За допомогою сайту, що розробляється, громадяни можуть своєчасно отримувати інформацію про екологічний стан міста.

В таблиці 4.1 описаний зміст ідеї, що пропонується, її напрямки застосування, а також вигоди для користувачів.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувачів
Розробка сайту для прогнозування розповсюдження шкідливих викидів	Отримання інформації про екологічний стан міста	Отримання інформації в реальному часі

В таблиці 4.2 аналізуються ринкові можливості запуску реалізації ідеї.

Таблиця 4.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	Компанію які створюють веб - застосунки, використовуючи більш новітню технологію розробки сайту
2	Динаміка ринку	зростає
3	Наявність обмежень для входу	Нема
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Нема

В таблиці 4.3 визначені потенційні групи клієнтів, їх відмінності, та сформульований очікуваний перелік вимог до розробки для кожної групи.

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги користувачів
1	Отримання інформації про екологічний стан міста в реальному часі	Органи самоврядування	Невідкладне реагування на отриману інформацію	Достовірність
2	Отримання інформації про екологічний стан міста	Користувачі	Невизначене реагування на отриману інформацію	Якість, зручність

В таблиці 4.4 наводяться результати SWOT-аналіз середовища реалізації інноваційного проекту.

Таблиця 4.4 – SWOT-аналіз проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
- Надійність та технічна підтримка - Зручне та просте використання	- Необхідне значне інвестування для старту
Можливості:	Загрози:
- Розвиток - Універсальність	- Зменшення ціни на товар у конкурентів - Зменшення попиту

В таблиці 4.5 описані цільові групи потенційних споживачів

Таблиця 4.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота вхо- ду у сегмент
1	Органи самоврядуван ня	Готові	Високий попит	Досить велика конкуренція	Легко
2	Користувачі	Готові	Середній попит	Невелика конкуренція	Легко
Які цільові групи обрано: Органи самоврядування, користувачі.					

Далі проідентифікуємо стейкхолдери, здійснимо їх пріоритезацію та побудуємо карту стейкхолдерів. Вона зображена на рисунку 4.1.

Створення карти має відбуватись у 4 етапи:

- 1) ідентифікація – окреслення актуальних груп стейкхолдерів;
- 2) аналіз – дослідження впливу та інтересів стейкхолдерів;
- 3) візуалізація – візуальна ілюстрація взаємодії зі стейкхолдерами;
- 4) пріоритезація – вибір ключових стейкхолдерів, які найкраще відповідали б істотним питанням, визначеним на попередньому етапі.

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів на карті виокремлено три концентричних області, в яких розміщено всі зацікавлені особи інноваційного проекту за можливостями впливу на них ініціатора проекту.

Сфера повноважень/відповідальності ініціатора.

Сфера прямого впливу – це область внутрішніх стейкхолдерів. Внутрішні зацікавлені сторони знаходяться в прямій підлеглості ініціатора, що дозволяє використовувати досить прості методи адміністрування проекту.

Сфера опосередкованого впливу - це область зовнішніх стейкхолдерів. Зовнішні зацікавлені сторони мають опосередкований вплив на успішність реалізації інноваційного проекту[26].



Рисунок 4.1 - Карта стейкхолдерів

4.2 Планування науково – дослідницьких робіт

Трудомісткість науково – дослідницької роботи обчислюється в норма-годинах або норма-днях витрачання робочого часу визначальних виконувачів. Вона повністю залежить від критерію сучасності та складності проекту, кваліфікації наукових робітників, технічної комплектації матеріалів, виконання вимог безпеки та інших умов.

У зв'язку з елементами раптовості у цій науково - дослідницькій роботі під час здійснення розрахунків трудомісткості застосовується ймовірнісний метод. Використовуються 2 чи 3 вірогідні оцінки часу. Ці оцінки виражаються у днях і являються вихідними для обчислювання часу реалізації роботи за формулою:

$$t_{оч} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (4.1)$$

де $t_{оч}$ – очікувана оптимальна характеристика часу діяння роботи, днів;

t_{min} – мінімально потрібний час для виконання роботи при найсприятливіших умовах, днів;

t_{max} – максимальне витрачання часу роботи при несприятливих умовах, днів.

Для контролю вірності визначення потрібно перевірити обчисленням дисперсії. Це різниця між мінімальною й максимальною значеннями часу, що обчислюється за виразом (5.2):

$$\sigma = \frac{t_{max} - t_{min}}{5} \quad (4.2)$$

Складемо таблицю, яка покаже тривалість днів для кожного етапу науково - дослідницької роботи, часові оцінки цих етапів, а також виконувачів цих робіт.

Таблиця 4.6 – Характеристика тривалості та трудомісткості робіт

№	Етапи НДР	Виконувачі		Дисперсія	Часові оцінки НДР, днів			Тривалість, днів
		Спеціальність	Число чоловік		t _{min}	t _{max}	t _{оч}	
1	Аналіз предметної області та постановка задачі	керівник інженер	1 1	0,6	4	7	5,2	5
2	Розробка веб-інтерфейсу застосування	інженер	1	1	13	18	15	15
3	Розробка бази даних	інженер	1	2,4	12	24	16,8	17
4	Розробка моделі прогнозування	інженер	1	0,4	4	6	4,8	5
5	Підготовка розділів з економіки	інженер	1	0,4	3	5	3,8	4
6	Підготовка розділу з охорони праці	інженер	1	0,6	2	5	3,2	3
7	Підготовка пояснювальної записки	інженер	1	0,6	2	5	3,2	3
8	Підготовка презентації та доповіді	інженер	1	1	6	11	8	8
9	Разом	-	-	-	46	80	60,6	60

Використовуючи дані табл. 4.6, побудуємо календарний графік виконання робіт. (рисунок 4.2):

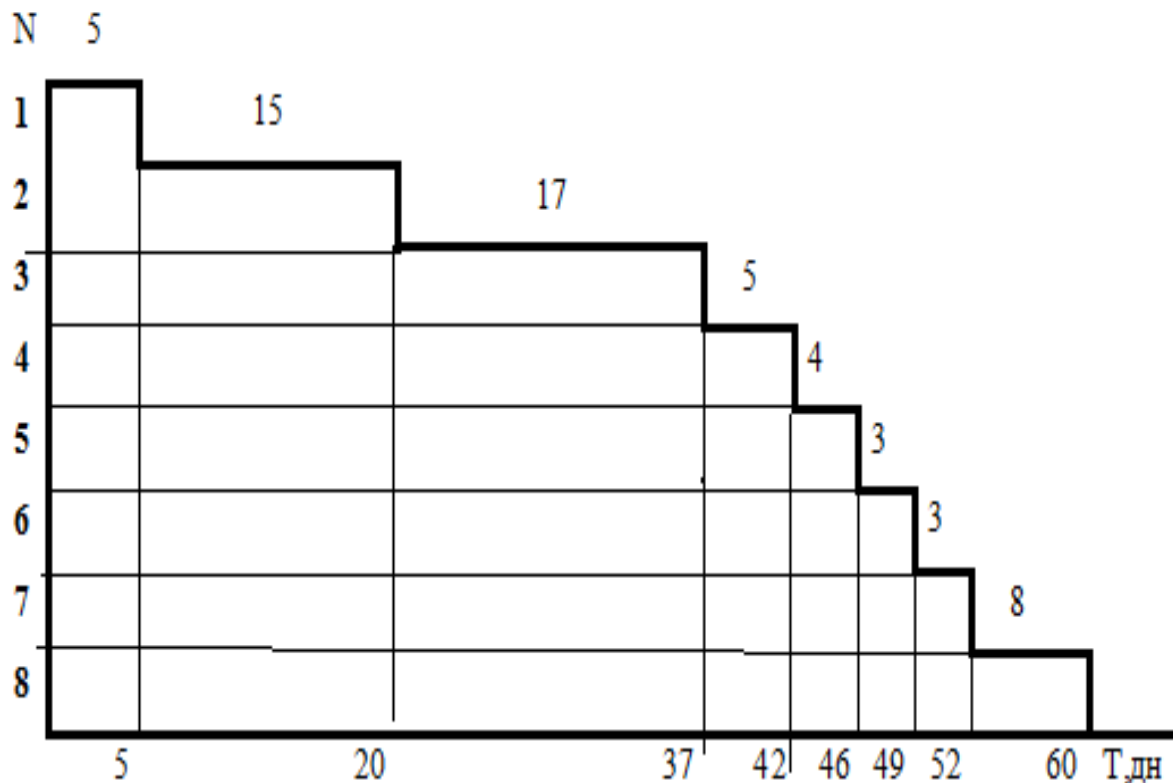


Рис. 4.2 – Графік виконання робіт

4.3 Визначення витрат на розробку і проектування

4.3.1 Розрахунок основної заробітної плати

Витрати за цією статтею складаються з планового фонду зарплати працівників, зайнятих розробкою проекту (таблиця 4.7) і адмінперсоналу (таблиця 4.8).

Заробітна плата розраховується на основі погодинної тарифної ставки та додаткової заробітної плати у вигляді премії. Єдиний соціальний внесок дорівнює 22% від основної та додаткової заробітної плати.

Таблиця 4.7 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн / годину	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмір премії, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.	ЄСВ, грн.
	за зміну	на добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Керівник	1	1	75,00	8	12000	15%	1800	165600	3036
Інженер	1	1	56,25	8	9000	15%	1350	124200	2277
Разом виробничих працівників	2	2	X	X	X	X	3150	289800	5313

Таблиця 4.8 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Кількість осіб	Посадовий оклад, грн	Преміальний відсоток до окладу, %	Сума премії грн	Місячна заробітна плата, грн	Річний фонд оплати праці, грн	ЄСВ, грн
1	2	3	4	5	6	7	8
Директор підприємства	1	15000	40	6000	21000	252000	4620
Бухгалтер	1	12000	30	3600	15600	187200	3432
Разом управлінського персоналу	2	27000	X	9600	36600	439200	8052

4.3.2 Визначення матеріальних витрат

Розрахунок матеріальних витрат, а також можливих транспортно-заготівельних витрат як 5% від вартості матеріалів, наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.9 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на одиницю продукції	Виробнича програма	Обсяг сировини	Ціна	Сума грн
1	2	3	4	5	6
Папір А4	400	-	400	0,35	140
Картридж для принтера	1	-	1	350	350
Ручка	2	-	2	3	6
Олівець	2	-	2	5	10
Транспортно-заготівельні витрати	х	х	х	х	25,30
Разом	х	х	х	х	531,30

4.3.3 Визначення вартості спожитих послуг

До даних витрат відносяться витрати на електропостачання, водопостачання та теплопостачання за 2 місяці розробки проекту.

Розрахунок внесений до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на одиницю продукції.	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи	Сума Грн.
1	2	3	4	5	6
Електропостачання		1	2х200 кВт	2,68 грн./кВт	1072
Водопостачання		1	2х30 м ³	5,676 грн./м ³	340,56
Теплопостачання		1	2х36 м ²	39,21 грн/м ²	2823,12
Разом	х	х	х	х	4235,68

4.3.4 Визначення річної суми амортизації та витрат на поточний ремонт

Основні засоби (обладнання, будівлі, споруди) беруть участь в кількох виробничих циклах, часто довго зберігаючи при цьому свою натуральну форму. Але через деякий час основні засоби потребуватимуть ремонту, модернізації або заміни, в тому числі з-за морального зносу.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних засобів і нематеріальних активів у міру їх фізичного або морального зносу по частинах на собівартість виробленої продукції.

Річна сума амортизації визначається з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації.

Розрахунок річної суми амортизації внесений до таблиці 4.6.

Таблиця 4.11 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортизації	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Надійшло ОЗ		Вибуло ОЗ		Сума річної амортизації грн
			дата	пер. вар.	дата	пер. вар.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Комп'ютер	0,2	30000	01.10.20	30000	-	-	6000
Wi-Fi маршрутизатор	0,2	1000	01.10.20	1000	-	-	200
Разом		31000		31000			6200

Балансова вартість основного засобу дорівнює різниці між його первісною вартістю та сумою накопиченої амортизації.

Балансова вартість: $31\ 000 - 6\ 200 = 24\ 800$ грн.

Витрати на поточний ремонт становлять 2% від балансової вартості основних засобів.

Витрати на поточний ремонт $= 24\ 800 \times 0,02 = 496$ грн.

4.3.5 Калькуляція кошторисної вартості розробки проекту

Протягом двох місяців були понесені такі постійні загальновиробничі витрати:

1. Оплата праці загальновиробничого персоналу та нарахований єдиний соціальний внесок — 48 300 грн + 10 626 грн = 58 926 грн;
2. Оренда виробничих приміщень — 40 000 грн;
3. Оплата охоронних послуг сторонньої організації — 10 000 грн.

Разом постійних загальновиробничих витрат:

$$58\,926 \text{ грн} + 40\,000 \text{ грн} + 10\,000 \text{ грн} = 108\,926 \text{ грн.}$$

За цей період змінні загальновиробничі витрати становлять:

1. поточний ремонт виробничого обладнання — 82,67 грн;
2. оплата вартості електроенергії — 1072 грн.

Разом змінних загальновиробничих витрат:

$$82,667 + 1\,072 \text{ грн} = 1\,154,67 \text{ грн.}$$

Усього загальновиробничих витрат:

$$108\,926 \text{ грн} + 1\,154,67 \text{ грн} = 110\,080,67 \text{ грн.}$$

Результати калькуляційних розрахунків наведені в таблиці 4.7

Таблиця 4.12 – Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
1	2	3
Сировина та матеріали	521,30	521,30
Електропостачання	1072	1072
Водопостачання	340,56	340,56
Теплопостачання	2823,12	2823,12
інші		
Разом	4756,98	4756,98

Продовження таблиці 4.12

1	2	3
Заробітна плата основних виробничих працівників	48300	48300
ЄСВ	10626	10626
амортизація	1033,33	1033,33
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів, поточний ремонт	82,67	82,67
Загальновиробничі витрати	110080,67	110080,67
Виробнича собівартість	179636,63	179636,63
Адміністративні витрати	73200	73200
Інші витрати	-	-
Повна собівартість	252836,63	252836,63

Оскільки дана робота має соціальну спрямованість, то її результат не має комерційної складової та потребує залучення фінансових грантів.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Розглянемо робоче місце інженера з розробки програмного забезпечення.

Офісна оргтехніка - комп'ютери, принтери і т.д. - працює від електрики. Отже, завжди є небезпека можливого ураження електричним струмом, у зв'язку з наявністю несправності електрообладнання, порушенням правил техніки безпеки при користуванні електричними установками та обладнанням.

Також до потенційних небезпек під час виконання робіт можна віднести:

- механічне травмування через недотримання техніки безпеки;
- механічне травмування через нераціональне розташування робочих місць;
- незадовільний мікроклімат робочого місця через відсутність пристроїв, які забезпечують необхідну систему повітрообміну і обігріву, який може викликати загальне захворювання;
- надмірне завантаження роботою, що може викликати загальне захворювання;
- виконання монотонної роботи, що може призвести до розсіювання уваги та роздратованості.
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів;
- фізичні недомагання, у зв'язку зі статичним напруженням м'язів при тривалій роботі, зокрема м'язів спини, шиї, рук і ніг;
- погіршення роботи зорового м'язу через постійну напруженість зорових органів, внаслідок тривалого розумового навантаження, 6–8 годинною роботою за комп'ютером;
- ймовірність швидкого поширення інфекційних захворювань

через недотримання правил особистої гігієни працівників;

- негативний вплив шкідливих речовин при використанні копіювальних апаратів і принтерів;
- вірогідність пожежі та загоряння, через несправність електричного обладнання, порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, зловживання електроприладами на робочому місці;
- вірогідність поширення вогнища через відсутність або неправильно підібраних засобів пожежогасіння.
- невірні дії працівників в умовах надзвичайних ситуацій та після них.

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Основним небезпечним чинником для розробників програмного забезпечення, працюючих з електронікою, є ураження електричним струмом.

Для забезпечення захисту персоналу від випадкового дотику до струмоведучих частин використовуються такі заходи:

- застосування захисного заземлення, до якого підключаються всі електроприлади, що знаходяться в робочому приміщенні;
- перевірка ізоляції струмоведучих частин не рідше 1 разу на 3 роки, а також після ремонту оргтехніки, і своєчасна їх заміна;
- обладнання розподільчого щитка офісного приміщення аварійним вимикачем;
- застосування тугоплавких запобіжників на розподільчому щитку для захисту від перевантаження мережі;
- маркування розеток попереджувальними мітками з зазначенням напруги в мережі згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Для вирішення проблеми негативного впливу тривалої роботи за комп'ютером рекомендується щогодини відводити 15 хвилин на відпочинок .

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Загальні ергономічні вимоги встановлено ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 1. Загальні положення». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності [27-28].

В результаті технічного переоснащення, що базується на впровадженні інформаційних технологій у приміщенні, що знаходиться на другому поверсі виробничого корпусу заплановано встановити комп'ютери. Визначимо скільки комп'ютеризованих робочих місць можна встановити у даному приміщенні і як їх розташувати відповідно до встановлених норм та правил з охорони праці. Розміри приміщення: довжина $a = 6$ м, ширина $b = 6$ м, висота $h = 2$ м.

Перш за все необхідно проаналізувати чи підходить дане приміщення для того, щоб розмістити в ньому комп'ютеризовані робочі місця.

Відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» є неприпустимим розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах. Також забороняється розташування вибухонебезпечних приміщень категорії А і Б (НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою») та

виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ (ПЕОМ), а також над такими приміщеннями, або під ними. Окрім того, виробничі приміщення для роботи з ВДТ не повинні межувати з приміщеннями, у яких рівень шуму і вібрації перевищує допустимі значення.

Вибране приміщення відповідає вищезазначеним вимогам, тому для визначення кількості комп'ютеризованих робочих місць, що можна розмістити в даному приміщенні. Оскільки площа приміщення становить $S_{\text{пр}} = 36 \text{ м}^2$, а площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, то в даному приміщенні можна розмістити щонайбільше шість комп'ютеризованих робочих місць. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва.

Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Враховуючи $V_{\text{р.м.мін}} = 20 \text{ м}^3$ та об'єм приміщення розраховуємо скільки припадає на одне комп'ютеризоване робоче. Таким чином норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ виконується. Отже, можна розмістити в даному приміщенні щонайбільше шість комп'ютеризованих робочих місць.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;

- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Необхідно також врахувати розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – від 600 мм до 1400 мм, глибина – від 800 мм до 1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкраще розмістити комп'ютеризовані робочі місця рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісному приміщенні передбачено природне та штучне освітлення. В свою чергу природне освітлення здійснюється через світлові отвори, що забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) на рівні значенням 1,5%. Від прямих сонячних променів, що являють собою світлові відблиски на екранах моніторів та клавіатурі, створено захист у вигляді матуючих плівок та встановлених жалюзі на вікнах. Штучне освітлення в офісному приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення, що забезпечує значення освітленості на поверхні робочого столу становить 300 - 500 лк. Штучне освітлення виконано за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛБ, при застосуванні яких дотримано наступні умови:

- температура повітря у приміщенні не опускається нижче 5°C;

– напруга на освітлювальних приладах не менше, ніж 90% номінальної.

Мікроклімат у лабораторних та виробничих приміщеннях (температура, відносна вологість повітря та швидкість його переміщення) створені відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Виконувані роботи в офісному приміщенні належать до категорії Іб – легка робота, тому для них створено наступні оптимальні значення параметрів метеорологічних умов:

- а) у холодну пору року:
 - 1) температура встановлена на рівні 21-23 С;
 - 2) відносна вологість повітря складає 40-60%;
 - 3) швидкість переміщення повітря близько 0,1 м/с;
- б) у теплу пору року:
 - 1) температура встановлена на рівні 22-24 С;
 - 2) відносна вологість повітря складає 40-60%;
 - 3) швидкість переміщення повітря близько 0,2 м/с.

Повітрообмін важливий компонент для забезпечення нормального мікроклімату на робочому місці, тому його необхідно забезпечити в кожному приміщенні.

Для приміщення, що має площу 36 м², висоту 2 м, та в якому працюють 2 особи (дані отримані з попереднього підрозділу) розраховано необхідний повітрообмін за кратністю та відповідно до кількості працівників.

Розрахунок повітрообміну за кратністю виконано за формулою (4.1):

$$L = n \cdot S \cdot H \quad (4.1)$$

де L – повітрообмін у приміщенні, м³/год;

n – нормована кратність повітрообміну: для офісів $n = 2,5$;

S – площа приміщення, m^2 ;

H – висота приміщення, m .

$$L = 2.5 \cdot 36 \cdot 2 = 180 (m^3/год)$$

Розрахунок повітрообміну відповідно до кількості працівників (4.2):

$$L = N \cdot L_{\text{норм}} \quad (4.2)$$

де L – повітрообмін у приміщенні, $m^3/год$;

N – кількість працівників, осіб;

$L_{\text{норм}}$ – норма витрати повітря на одну людину, що складає $30 m^3/год$ при роботі в офісі.

$$L = 2 \cdot 30 = 60 (m^3/год)$$

За результатами розрахунків, можна зробити висновок, що для забезпечення необхідного повітрообміну достатньо користуватися природною вентиляцією. Обладнуючи систему вентиляції у приміщенні дотримано ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно- гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.» та ДСТУ Б А.3.2-12:2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования». Система вентиляції припускає повітроводи. Вони або монтуються за підвісними стелями або встановлюються по периметру офісу. Повітря плавно подається і видаляється з кімнати.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Загальні вимоги пожежної безпеки викладені в НАПБ А. 01.001-2004 «Правила пожежної безпеки України».

Класифікація офісного приміщення здійснена відповідно до стандарту ДБН В.1.1-7:2016. «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Клас пожежі – А, це пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір) та клас Е – пожежі пов'язані з горінням електроустановок.

Також офісне приміщення класифікується до категорії громадські будівлі та споруди, що відповідає НАПБ Б.03.002–2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Виходячи з цих норм для офісного приміщення розрахованого на 6 чоловік, що має об'єм 36 м² та висоту 2 м та призначене для роботи за комп'ютером, обираємо один порошковий вогнегасник ВП-1(з), оскільки він досить ефективний для приміщень класу А, а також ним можна гасити пожежу на електроустановках та один вуглекислотний вогнегасник ВВК-1,4 (ОУ-2).

Також в офісному приміщенні встановлено безпроводні датчики диму для завчасного реагування на загрозу утворення пожежі.

Для постійної підтримки пожежної безпеки в офісі здійснено комплекс організаційних заходів, що відповідають документу «Правила пожежної безпеки в Україні», а саме:

- запроваджено відповідний протипожежний режим.
- підготовлені заходи пожежної безпеки й інструкції, які впроваджені для всіх вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень, а також контроль знань згідно з основними положеннями цих інструкцій всіх працівників.

- складено план-схему евакуації людей у випадку виникнення та поширення пожежі.
- затверджено систему сповіщення працівників та обслуговуючого персоналу про небезпечну пожежну обстановку, усі працівники з ним ознайомлені.
- визначено категорію будівлі і офісного приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою згідно з нормативами, а також визначено класи робочих зон відповідно до «правил будови електроустановок» («D»).
- на прилеглій території, безпосередньо у будівлях та приміщеннях розміщено спеціальні знаки для забезпечення пожежної безпеки, та встановлено відповідні таблички з вказівкою номеру телефону та описано порядок виклику пожежної служби.
- визначено дії працівників та обслуговуючого персоналу при настанні загрози чи при виникненні неконтрольованого загоряння, пожежі, аварії.
- створено стенди з правилами вимкнення обладнання та установок, розроблено інструкцію зі зняття напруги з електроустановок, розповсюджено номери виклику відповідних аварійних служб тощо.
- встановлені спеціальні місця для паління, які позначені знаками пожежної безпеки або написами – "місце для паління" та облаштовані урнами для недопалків.
- меблі та офісне обладнання розміщені на достатній відстані, що забезпечує вільний прохід до дверей під час евакуації для безпечного виходу з робочого приміщення.
- електричні прилади та установки, включаючи підключення до електромереж, використовуються тільки у справному стані, що визначаються з урахуванням рекомендацій та інструкцій підприємств, що їх виготовили. У випадку виявлення пошкодження електромережі, несправності вимикачів, розеток та інших електроустановок, усі прилади

негайно безпечно вимикаються з мережі працівниками та вживаються необхідні заходи із забезпечення приведення цих електроприладів у пожежобезпечний та нормальний стан.

- Протипожежний захист забезпечують наступні заходи:
- - Максимально можливе застосування негорючих і важко горючих матеріалів;
- - Обмеження кількості горючих речовин і їх належне розміщення;
- - Запобігання поширенню пожежі за межі вогнища;
- - Застосування засобів пожежогасіння;
- - Евакуація людей;
- - Застосування засобів колективного та індивідуального захисту;
- - Застосування засобів пожежної сигналізації.

5.5 Заходи з цивільного захисту

Цивільний захист на промисловому об'єкті організовується з метою захисту персоналу об'єкта та населення, що проживає поблизу від нього, від надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру.

Основними завданнями ЦЗ на об'єкті є:

- 1) захист персоналу об'єкта та населення від НС;
- 2) підвищення стійкості функціонування об'єкта в НС;
- 3) проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках ураження і зонах катастрофічного затоплення.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій керівного, командно-начальницького складу відділу у справах ЦЗ і НС, служб і формувань ЦО щодо захисту персоналу об'єкта, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Інженерно - технічні заходи ЦЗ - це комплекс заходів, що здійснюються інженерно-технічними методами і засобами і спрямованих на

запобігання або зменшення можливих втрат і руйнувань, підвищення стійкості роботи об'єкта в надзвичайних ситуаціях.

Економічні заходи передбачають такий підхід до виконання всього комплексу робіт, який забезпечив би їх ефективність при мінімальних капітальних витратах.

Екологічні заходи являють собою продовження комплексу робіт даного напрямку, які повинні вестися кожним об'єктом з метою максимально можливого зменшення шкідливого впливу продуктів технологічного циклу на навколишнє середовище.

За організацію захисту персоналу об'єкта та населення від НС відповідає система цивільної оборони об'єкта.

Начальником цивільної оборони об'єкта є його керівник. Він підпорядковується відомству, а в оперативному відношенні начальнику цивільної оборони міста, на території якого розташований об'єкт.

На великих промислових об'єктах, як правило, є штатний заступник начальника цивільної оборони, який в мирний час є основним організатором всіх підготовчих заходів з цивільної оборони.

Заступником начальника цивільної оборони по розосередженню і евакуації персоналу призначається зазвичай заступник керівника об'єкта з загальних питань. Він розробляє план розосередження працюючого персоналу і їх сімей, організовує підготовку місць в заміській зоні, перевезення туди людей.

Заступником начальника ЦЗ з інженерно-технічної частини призначається головний інженер підприємства, який безпосередньо керує службами, а також здійснює технічне керівництво аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами.

Заступником начальника ЦЗ з матеріально-технічного постачання призначається заступник керівника об'єкта з цих питань, керівний службою матеріально-технічного постачання.

На всіх об'єктах, як правило, створюються відділи у справах ГО і НС, які комплектуються з посадових осіб. Для вирішення завдань, покладених на ГО, на об'єктах, які мають відповідної базу, створюються такі служби:

- 1) оповіщення і зв'язку;
- 2) охорони громадського порядку;
- 3) протипожежна;
- 4) медична;
- 5) аварійно-технічна;
- 6) сховищ і укриттів;
- 7) енергетики та світломаскування;
- 8) радіаційного та хімічного захисту;
- 9) транспорту і ін.

Сховища повинні відповідати вимогам:

- 1) забезпечувати захист від будь-яких вражаючих факторів і від теплового впливу пожеж на поверхні не менше двох діб;
- 2) бути побудованими поза зонами і вогнищ пожеж і затоплень;
- 3) мати входи з тим же ступенем захисту, що й основні приміщення, а на випадок завалу - аварійні виходи;
- 4) мати підходи, вільні від складування небезпечних, горючих і сильно димлять речовин, а також під'їзні шляхи;
- 5) мати основні приміщення висотою понад 2,2 м, а рівень підлоги повинен бути вище рівня ґрунтових вод більш ніж на 20 см;
- 6) мати фільтровентіляційне обладнання, що забезпечує очищення повітря від домішок і подачу в сховище не менше 2 м³ повітря в годину на одну людину.

ВИСНОВКИ

В ході роботи проведено аналіз сучасних екологічних проблем, обрано для вирішення актуальну задачу моделювання інформаційної системи екологічного моніторингу повітря на основі даних, отриманих з датчиків забруднюючих речовин та погодних умов.

Розроблено клієнт-серверний застосунок, що збирає з датчиків інформацію про концентрацію шкідливих речовин, розраховує параметри моделі розповсюдження їх в повітрі в залежності від погодних умов.

Таким чином вирішено задачу автоматизації побудови математичної моделі розповсюдження шкідливих викидів в повітрі у вигляді однорідного диференційного рівняння в часткових похідних та знаходження рішення цього рівняння для заданих початкових та крайових умов. На прикладі показано процес подальшого прогнозування.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Програма ООН з довкілля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Програма_ООН_з_довкілля
2. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. / Т.в.о. головного державного санітарного лікаря України С.В. Протас, 2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://oblvet.org.ua/data/Normativna_Baza_CEC/GDK_Atmosfera_miscb15_1.doc
3. Курс лекцій «Математичне моделювання процесів забруднення компонентів навколишнього природного середовища» Підготував: к.т.н., с.н.с. Проскурнін О.А. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/kurs_lekciy_matematychne_modelyuvannya_procesiv_zabrudnennya_navkolyshnogo_pryrodnogo_seredovyshcha.doc
4. ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий».
5. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Лабораторний практикум. – Електронний навчальний посібник / Під ред. В.Б. Мокіна. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 84с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://yasholt.vk.vntu.edu.ua/file/5c8631fa907b09c9efa754f349f1570d.pdf>
6. [6 ЗЯ] С.С. Замай, О.Э. Якубайлик. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города: Учеб. пособие / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 1998. 109 с.
7. Гладкий А.В. Основы математического моделирования в экологии [Текст]: навч. посібник. / А.В. Гладкий, І.В. Сергієнко, В.В. Скопєцький, Ю.А. Гладка.- К: НТУУ «КПІ», 2009. – 240с.
8. API доступу до отримання поточних погодних умов «Current weather data» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://openweathermap.org/current>
9. Савотченко С.Е., Кузьмичева Т.Г. Методы решения математических задач в Maple: Учебное пособие – Белгород: Изд. Белаудит, 2001. – 116 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gigabaza.ru/download/73363.html>
10. Асташова И.В. Дифференциальные уравнения. Часть 1. Лекции / Открытые

видеолекции учебных курсов МГУ / 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teach-in.ru/course/differential-equation-part1-astashova-lectures>

11. Решение дифференциальных уравнений в программе Maple 18 / Youtube канал «soft and settings», 2016. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/YtqHtCwB2Fc>

12. Безкоштовний інтерфейс доступу до математичного пакету Maple [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pavan.fr.to/maple/>

13. HTML 5.2 W3C Recommendation, 14 December 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/html52/>

14. Описания всех спецификаций CSS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/Style/CSS/specs.ru.html>;

15. ECMAScript® 2020 Language [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://262.ecma-international.org/11.0/>

16. PHP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.php.net/>

17. MySQL Technical Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mysql.com/products/enterprise/techspec.html>

18. Кузин А.В. Базы данных/А.В. Кузин. - И.: Академия, - 2012 - 320 с.

19. Карпова И.П. Базы данных/И.П. Карпова. -И.: Питер, - 2013. -240 с.

20. Забруднення атмосферного повітря // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 87.

21. Гігієнічний норматив якості атмосферного повітря // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 50.

22. Контроль забруднення атмосфери // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 110.

23. Нормализация отношений. Шесть нормальных форм. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/254773/>

24. Google Maps Platform [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cloud.google.com/maps-platform/>

25. Географические координаты. Основные данные по координатам и работе с

ними[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://v-ipc.ru/guides/coord>

26. Методичні рекомендації щодо виконання економічного розділу дипломного проекту здобувачами вищої освіти технічних спеціальностей за освітнім ступенем «магістр» / Кафедра підприємництва, торгівлі та біржової діяльності // Запоріжжя, НУ «Запорізька політехніка», 2020 – 12 с.

27. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» у дипломних роботах студентів освітнього ступеню «Магістр» та освітніми програмами: «Безпека інформаційних і комунікаційних систем», «Системи технічного захисту інформації, автоматизація її обробки», 125 – «Кібербезпека» / Укл.: О.В. Коробко – Запоріжжя: каф. ОПіНС, НУ «Запорізька політехніка», 2020 – 28 с.

28. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>

```
<!DOCTYPE html>
<html lang=uk>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <!--<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8"-->
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial=scale=1.0">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
  <link rel="stylesheet" href="css/main.css">
  <title>Диплом</title>
</head>
<body>
  <header>
    
  </header>
  <nav>
    <a class=nav-button href="index.html">Головна</a>
    <a class=nav-button href="php/data_read_from_sensor.php">Датчики</a>
    <a class=nav-button href="php/database.php">База даних</a>
    <a class=nav-button href="php/choice.php">Розрахунок</a>
    <a class=nav-button href="https://pavan.fr.to/maple/">Maple</a>
  </nav>
  <main>
    <div id="map">
      <script>
        function initMap()
        {
          var opt = {
            center:{lat:47.81853, lng: 35.18440},
            zoom:11.5
          };
          var pos = {lat:47.81853, lng: 35.18440};
          var map=new google.maps.Map(document.getElementById("map"), opt);
          var marker=new google.maps.marker({
            position: pos,
            map: map,
            icon:'images/cloud.png',
          });
        }
      </script>
      <script
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIZAyDhI_etDI_5H_Zq2_DWfz6MXmOSKVnfGe4
&callback=initMap" async defer></script>
    </div>
    <div class=container-weather>
      <script src="js/weather.js" type="text/javascript"></script>
      <div class="weather">
        <div class=container-weather-line><p class="city-name">City</p></div>
        <div
line><p>Температура:&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</p><p>
class="temperature">temp</p></div>
        <div
class="WindSpeed">WindSpeed</p></div>
        <div
class="WindDeg">WindDeg</p></div>
```

```

        </div>
    </div>
    <div class=data id=data>
    </div>
    </main>
    <footer>
    <div>
        <p>Все права защищены © 2020</p>
    </div>
    <div>
        <a href="tel:+380985257223">+38(098)-525-72-23</a> <br />
        <a href="tel:+380962224177">+38(096)-222-41-77</a> <br />
        <a href="tel:+380502462713">+38(050)-246-27-13</a>
    </div>
    </footer>
</body>
</html>

```

Код css – форматирования

```

body {
//background-color: green;
}

img{
pointer-events: none;
display: block;
}

a{
text-decoration: none;
color: black; /* Цвет фона веб-страницы */
}

A:visited {
    color: black; /* Цвет посещенных ссылок */
}

A:active {
    color: black; /* Цвет активных ссылок */
}

p{
margin: 0;
padding: 0;
}

header {
max-width: 1200px;
min-width: 1200px;
//border: 1px solid black;
margin-left: auto;
margin-right: auto;
}

nav {
min-width: 1200px;
max-width: 1200px;
display: flex;
align-items: center;

```

```
justify-content: space-between;
margin-left: auto;
margin-right: auto;
}
```

```
.nav-button {
margin-top: 5px;
margin-bottom: 5px;
max-width: 235px;
min-width: 235px;
min-height: 30px;
text-align: center;
background: gray;
border: 1px solid black;
padding-top: 10px;
}
```

```
.nav-button:visited {
margin-top: 5px;
margin-bottom: 5px;
max-width: 235px;
min-width: 235px;
min-height: 30px;
text-align: center;
background: gray;
border: 1px solid black;
padding-top: 10px;
}
```

```
.nav-button:active {
margin-top: 5px;
margin-bottom: 5px;
max-width: 235px;
min-width: 235px;
min-height: 30px;
text-align: center;
background: gray;
border: 1px solid black;
padding-top: 10px;
}
```

```
.nav-button:hover {
margin-top: 5px;
margin-bottom: 5px;
max-width: 235px;
min-width: 235px;
min-height: 30px;
text-align: center;
background: white;
border: 1px solid black;
padding-top: 10px;
}
```

```
main {
min-width: 1200px;
min-height: 500px;
}
```

```

footer {
max-width: 1200px;
min-width: 1200px;
min-height: 100px;
    border: 1px solid black;
margin-left: auto;
    margin-right: auto;
display: flex;
align-items: center;
justify-content: space-evenly;
margin-top: 5px;
}

```

```

#map
{
position: relative;
z-index: 1;
    max-height: 600px;
    max-width: 1200px;
min-height: 600px;
    min-width: 1200px;
margin-left: auto;
    margin-right: auto;
/*height: 600px;
width: 1200px;U*/
}

```

```

.container-weather{
margin-top: -570px;
margin-left: 365px;
position: relative;
z-index: 2;
}
.container-weather-line{
display: flex;
align-items: center;
justify-content: left;
}

```

```

.data {
min-height: 200px;
min-width: 1200px;
max-width: 1200px;
margin-left: auto;
    margin-right: auto;
border: 1px solid black;
margin-top: 505px;
}

```

```

#db {
position: relative;
/*z-index: 1;*/
margin: 10px 0;

```

```

min-height: 600px;
    min-width: 1200px;
margin-left: auto;
    margin-right: auto;
height: 600px;
width: 1200px;
/*background-color: green;*/
border: 1px solid black;
}

```

PHP-код роботи з базою даних mysql

```

<!DOCTYPE html>
<html lang=uk>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <!--<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">-->
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial=scale=1.0">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
  <link rel="stylesheet" href=" ../css/main.css">
  <title>Диплом</title>
</head>
<body>
  <header>
    
  </header>
  <!--<nav>
  </nav>-->
  <main>
    <div id="db">

<?php

$mysqli = new mysqli("localhost", "root", "", "ecology");

if (!$mysqli) {
    echo "Ошибка: Невозможно установить соединение с MySQL." . PHP_EOL;
    echo "Код ошибки errno: " . mysqli_connect_errno() . PHP_EOL;
    echo "Текст ошибки error: " . mysqli_connect_error() . PHP_EOL;
    exit;
}

if ($mysqli->connect_error) {
    die('Connect Error (' . $mysqli->connect_errno . ') ' . $mysqli->connect_error);
}

$result = $mysqli->query("SELECT * FROM substance");
if ($myrow = $result->fetch_array())
{
    echo "<table border=1>\n";
    echo "<caption>DB substance</caption>\n";
    echo "<tr><td>ID</td><td>Name</td><td>Г/ДК</td><td>коефіцієнт</td></tr>\n";
    do
    {
        printf("<tr><td>%d</td><td>%s</td><td>%f</td><td>%f</td></tr>\n",
            $myrow["ID_s"], $myrow["name_s"], $myrow["limit_s"], $myrow["coeff"]);
    }
    while ($myrow = $result->fetch_array());
    echo "</table>\n";
}
else
{
    echo "Sorry, no records were found!";
}
echo "<br><br>";

$result = $mysqli->query("SELECT * FROM factory");
if ($myrow = $result->fetch_array())
{
    echo "<table border=1>\n";
    echo "<caption>DB factory</caption>\n";

```

```

echo "<tr><td>ID</td><td>Name</td><td>Address</td><td>lat</td><td>lon</td></tr>\n";
do
{
printf("<tr><td>%d</td><td>%s</td><td>%s</td><td>%f</td><td>%f</td></tr>\n",
$myrow["ID_f"], $myrow["name_f"], $myrow["address"], $myrow["coord_lat"], $myrow["coord_lon"]);
}
while ($myrow = $result->fetch_array());
echo "</table>\n";
}
else
{
echo "Sorry, no records were found!";
}
echo "<br><br>";

$result = $mysqli->query("SELECT * FROM tube");
if ($myrow = $result->fetch_array())
{
echo "<table border=1>\n";
echo "<caption>DB tube</caption>\n";
echo
            "<tr><td>ID
            tube</td><td>ID
            factory</td><td>Висота
            тpyбн</td><td>lat</td><td>lon</td></tr>\n";
do
{
printf("<tr><td>%d</td><td>%d</td><td>%d</td><td>%f</td><td>%f</td></tr>\n",
$myrow["ID_t"], $myrow["ID_f"], $myrow["Z"], $myrow["coord_lat"], $myrow["coord_lon"]);
}
while ($myrow = $result->fetch_array());
echo "</table>\n";
}
else
{
echo "Sorry, no records were found!";
}

$mysqli -> close();
?>

</div>

</main>
<footer>
<div>
    <p>Все права защищены © 2020</p>
</div>
<div>
    <a href="tel:+380985257223">+38(098)-525-72-23</a> <br />
    <a href="tel:+380962224177">+38(096)-222-41-77</a> <br />
    <a href="tel:+380502462713">+38(050)-246-27-13</a>
</div>
</footer>
</body>
</html>

```

PHP-код розрахунку параметрів моделі

```
// $x_cos=cos($x*M_PI/180);
// $x_koeff = ((cos($x*M_PI/180)*111.321377778)/60/60)*100; // м в одной секунде ( 111321,377778 м - 1
градус на экваторе)
$x_koeff = 74779.47692
$x=($x-$myrow["coord_lat"])*$x_koeff;
$y=($y-$myrow["coord_lon"])*30.8707947531; // Долгота (+30,8707947531 м) в одній секундi.
x_cos= 0.67174408357769
x_koeff= 2.0772076916136

> kx_m:=0.67174408357769*111321.377778;
kx_km:= kx_m/1000;

> kx_m:=0.67174408357769*111321.377778;
kx_km:= kx_m/1000;

> km_in_one_sec:=kx_km/60/60;

> m_in_one_sec:=km_in_one_sec*1000;

<a class=nav-button href="index.html">Головна</a>
<!--<a class=nav-button href="#data">Данные</a>-->
<a class=nav-button href="php/data_read_from_sensor.php">Датчики</a>
<a class=nav-button href="php/database.php">База данных</a>
<a class=nav-button href="php/choice.php">Розрахунок</a>
<a class=nav-button href="https://pavan.fr.to/maple/">Maple</a>

<!DOCTYPE html>
<html lang=uk>
<head>
<meta charset="UTF-8">
<!--<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">-->
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
<link rel="stylesheet" href=" ../css/main.css">
<title>Диплом</title>
</head>
<body>
<header>

</header>
<nav>
<a class=nav-button href=" ../index.html">Головна</a>
<!--<a class=nav-button href=" ../#data">Данные</a>-->
<a class=nav-button href=" ../php/data_read_from_sensor.php">Датчики</a>
<a class=nav-button href=" ../php/database.php">База данных</a>
<a class=nav-button href=" ../php/choice.php">Розрахунок</a>
<a class=nav-button href="https://pavan.fr.to/maple/">Maple</a>
</nav>
<main>
<div id="db">

<?php
```

/*

Q - потужність точкового джерела;
 sigma_x, sigma_y, sigma_z – дисперсії розподілу концентрації забруднення;
 x - відстань від джерела;
 y - поперечна відстань від осі шлейфу;
 z - висота над поверхнею землі;
 H - висота підняття шлейфу;
 U - середня швидкість вітру на висоті H;
 Gamma - параметр, що описує граничні умови.

За допомогою параметра Gamma враховується простір, в якому визначається концентрація забруднення:
 Gamma = 0 - необмежений простір чи півпростір $z = 0$ з однорідними граничними умовами першого (другого) роду на межі $z = 0$.
 Gamma = 1 - непроникна межа $z = 0$ (однорідна гранична умова другого роду).
 Gamma = -1, маємо повне поглинання (однорідна гранична умова першого роду).

Класифікація класів стійкості за Паскуїллом в залежності від градієнта температури:

Менше ніж -1,9	// A - сильна конвекція
-1,9 - -1,7	// B - конвекція
-1,7 - -1,5	// C - помірна конвекція
-1,5 - -0,5	// D - нейтральна
-0,5 - 1,5	// E - інверсія
1,5 - 4,0 і більше	// F - сильна інверсія

*/

\$Gamma=1.0;

function StabilityClass(\$temp_grad)

```
{
    if ($temp_grad < -1.9) {
        return "A";
    } elseif (-1.9 <= $temp_grad and $temp_grad < -1.7) {
        return "B";
    } elseif (-1.7 <= $temp_grad and $temp_grad < -1.5) {
        return "C";
    } elseif (-1.5 <= $temp_grad and $temp_grad < -0.5) {
        return "D";
    } elseif (-0.5 <= $temp_grad and $temp_grad < 1.5) {
        return "E";
    } elseif (1.5 <= $temp_grad) {
        return "F";
    }
}
```

//Формули sigma_y та sigma_z, запропоновані Бріггсом

```
function fun_sigma_y($StClass,$s_x){
    $tmp=1.0/sqrt(1.0+0.0004*$s_x);
    if ($StClass="A" or $StClass="B"){
        return 0.32*$s_x*$tmp;
    } elseif ($StClass="C"){
        return 0.22*$s_x*$tmp;
    } elseif ($StClass="D"){
        return 0.16*$s_x*$tmp;
    } elseif ($StClass="E" or $StClass="F"){
        return 0.11*$s_x*$tmp;
    }
}
```

```
function fun_sigma_z($StClass,$s_x){
    if ($StClass="A" or $StClass="B"){
```

```

    return 0.24*$s_x*(1.0+0.0001*$s_x);
} elseif ($StClass="C"){
    return 0.2*$s_x;
} elseif ($StClass="D"){
    return 0.14*$s_x*(1.0/sqrt(1.0+0.0003*$s_x));
} elseif ($StClass="E" or $StClass="F"){
    return 0.08*$s_x*(1.0/sqrt(1.0+0.0015*$s_x));
}
}

$mysqli = new mysqli("localhost", "root", "", "ecology");

if (!$mysqli) {
    echo "Ошибка: Невозможно установить соединение с MySQL." . PHP_EOL;
    echo "Код ошибки errno: " . mysqli_connect_errno() . PHP_EOL;
    echo "Текст ошибки error: " . mysqli_connect_error() . PHP_EOL;
    exit;
}

$Subst = $_GET["select"]; // Выбранное вещество
@$sql = "SELECT * from `substance` WHERE ID_s=$Subst";
$result = $mysqli->query($sql);

if ($myrow = $result->fetch_array()){
    echo "Буде проведено розрахунок математичної моделі розповсюдження шкідливої речовини:";
    echo $myrow["name_s"];
}
else {echo "Sorry, no records in table substance were found!<br>"; exit;}

//Получение температуры через сервис погоды Openweathermap.org (допустим, что на высоте 0 м от
поверхности земли)
$url = "https://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q=Zaporizhia,ua&appid=9590a534c2541c4430b7be5579867f44"
;
$content = file_get_contents($url);
$weather = json_decode($content);
$temp_now = $weather->main->temp;
$wind_speed = $weather->wind->speed;
$wind_deg = $weather->wind->deg;
//data.wind.deg;
echo "<br />Погодні умови за сервісом Openweathermap.org<br />";
echo "Температура: ".$temp_now." = " . ($temp_now-273). "°C<br />";
echo "Швидкість вітру: ".$wind_speed."<br />";
echo "Напрямок вітру: ".$wind_deg."<br /><br />";

//$icon=$weather->weather[0]->icon.".png";
//$today = date("j.m.Y, H:i");
//$cityname = $weather->name;
//echo $today."<br />".

if ($mysqli->connect_error) {
    die('Connect Error (' . mysqli_connect_errno() . ') ' . mysqli_connect_error());
}

```

// Определение градиента температуры с помощью датчика температуры на высоте

```
@$sql = "SELECT * from `temperature_sensor` WHERE 1"; //35.7
$result = $mysqli->query($sql);
//var_dump($result);
if ($myrow = $result->fetch_array()){
    $temp_sensor=$myrow["temp"];
    $Ztemp=$myrow["Zt"];
    echo "Температура за датчиком на висоті ".$Ztemp." м. = ".$temp_sensor."<br>";
    $temp_grad=($temp_sensor-$temp_now)/$Ztemp/100;
    echo "temp_grad= ".$temp_grad."<br>";
}
else {echo "Sorry, no records in table temperature_sensor were found!<br>";exit;}

$StClass=StabilityClass($temp_grad);
echo "Клас стійкості погоди за Паскьюіллом = ".$StClass."<br>";

// Из БД вытащить и высчитать дисперсию
@$sql = "SELECT * from `sensor`, `substance` WHERE sensor.ID_s=$Subst AND substance.ID_s=$Subst"; // !!!
Может быть несколько таких датчиков, цикл по каждому
$result = $mysqli->query($sql);
//var_dump($result);
if ($myrow = $result->fetch_array()){
    $x=$myrow["coord_lat"];
    $y=$myrow["coord_lon"];
    echo "x= ".$x."<br />";
    echo "y= ".$y."<br />";
    $F=$myrow["F"]; //Потребно для розрахунку Q
    echo "F= ".$F."<br />";
}
else {echo "Sorry, no records in table sensor were found!<br>"; exit;}

// Из БД вытащить и высчитать дисперсию
@$sql = "SELECT AVG(concentration) from `measure`"; //35.7
$result = $mysqli->query($sql);
//var_dump($result);
if ($myrow = $result->fetch_array()){
    $avg=$myrow[0];
    echo "average= ".$avg."<br>";
}
else {echo "Sorry, no records in table measure were found!<br>";exit;}

@$sql = "SELECT concentration FROM `measure` WHERE ID_s=$Subst";
$result = $mysqli->query($sql);
//var_dump($result);
if ($myrow = $result->fetch_array()){
    $sigma_x=0.0;
    $n=0;
    do {
        //echo $myrow[0]."<br>";
        $sigma_x=$sigma_x+($myrow[0]-$avg)*($myrow[0]-$avg);
        $n=$n+1;
        //echo "n=".$n.", ".$myrow[0]."<br>";
    }
    while ($myrow = $result->fetch_array());
    $sigma_x=$sigma_x/($n-1);
    echo "sigma_x= ".$sigma_x."<br>";
}
else {echo "Sorry, no records in table measure were found!<br>";exit;}
```

```

$sigma_y=fun_sigma_y($StClass,$sigma_x);
echo "sigma_y= ".$sigma_y."<br>";
$sigma_z=fun_sigma_z($StClass,$sigma_x);
echo "sigma_z= ".$sigma_z."<br>";

/*
$wind_speed;
sensor;
tube;
coord_lat;
coord.lon;
*/

// Q - інтенсивність точкового джерела забруднення
// Розраховуємо Q для кожної труби та аповнюємо таблицю ejection: ID_t ID_s Q

//@$sql = "INSERT INTO ejection (`ID_t`, `ID_s`, `Q`) VALUES ($myrow["ID_t"], 1, $element[0] , $element[1]
);";
//$result = $mysqli->query($sql);

// Долгота (+30,8707947531 м) в одній секундi.
// Широта

/*
//Запоріжжя: var pos = {lat:47.81853, lng: 35.18440};
широта 47.81853
широта 55,79083 °, cos (55,79083) = 0,639952169604 * 111321,377778 м / ° = 71 +240,3572324 м / °
+71,2403572324 км в одному градусі, ділимо на 60 хвилин:
+1,18733928721 км в одній хвилині, ділимо на 60 секунд:
+0,0197889881201 км (+19,7889881201 м) в одній секундi.

{lat:47.81853, lng: 35.18440};

*/

// Розраховуємо Q - потужність викиду шкідливих речовин в атмосферу
/*
Q (г/с) - маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу;
V1(м3/с) - витрата газоповітряної суміші,
D(м) - діаметр гирла джерела викиду;
w0(м/с) - середня швидкість виходу газоповітряної суміші з джерела викиду.
F - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі,
приймає значення:
1 - для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пилу, золи і т.п.,
швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) - 1;
2 - для дрібнодисперсних аерозолів (крім зазначених у п.2.5а) при середньому експлуатаційному
коефіцієнті очищення викидів не менше 90% - 2;
3 - від 75 до 90% - 2,5; менше 75% і при відсутності очистки - 3.
η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, в разі рівної місцевості з перепадом
висот, що не перевищує 50 м на 1 км, η = 1;
ΔT(° C) - різниця між температурою що викидається газоповітряної суміші Tг і температурою
навколишнього атмосферного повітря Tв ;
*/

$Qsum = 0.0;
$nu = 1.0;
$A = 200; // Для України ()160 по ОНД
$H = 0.0;

```

```

$kt=0;
$result = $mysqli->query("SELECT * FROM tube");
if ($myrow = $result->fetch_array())
{
echo "<table border=1>\n";
echo "<caption>DB tube</caption>\n";
echo "
            <tr><td>ID
            tube</td><td>ID
            factory</td><td>Висота
труби</td><td>lat</td><td>lon</td><td>Q</td></tr>\n";
do
{
//$x_cos=cos($x*M_PI/180);
//$x_koeff = ((cos($x*M_PI/180)*111.321377778)/60/60)*100; // м в одной секунде ( 111321,377778 м - 1
градус на экваторе)
/*
$x=abs(($x-$myrow["coord_lat"])*20.77207692); // Широта (+20.77207692 м в Україні) в одній секундi.
$y=abs(($y-$myrow["coord_lon"])*30.8707947531); // Долгота (+30,8707947531 м) в одній секундi.
echo "Відстань від датчика до труби<br>"; //sqrt(x^2+y^2)
echo "x= ".$x."<br>";
echo "y= ".$y."<br>";
*/

$V1 = M_PI*$myrow["D"]*$myrow["D"]*$myrow["w0"]/4;
//echo "V1= ".$V1."<br>";
$deltaT=$myrow["Temp"]-$temp_now;
//echo "deltaT= ".$deltaT."<br>";
$f = 1000.0*$myrow["w0"]*$myrow["w0"]*$myrow["D"]/($myrow["H"]*$myrow["H"]*$deltaT);
// echo "f= ".$f."<br>";
if($f<100){
    $m=1.0/(0.67+0.1*sqrt($f)+0.34*pow($f,1.0/3));
    $vm = 0.65*pow($V1*$deltaT/$myrow["H"],1.0/3);
}
else {
    $m=1.47/pow($f,1.0/3);
    $vm = 1.3*$myrow["w0"]*$myrow["D"]/$myrow["H"];
};
// echo "m= ".$m."<br>";
// echo "vm= ".$vm."<br>";

if($vm>=2.0){
    $n=1.0;
}
elseif(0.5<=$vm and $vm<2.0){
    $n = 0.532*$vm*$vm - 2.13*$vm+3.13;
}
else{ // $vm<5.0
    $n = 4.4*$vm;
};

// echo "n= ".$n."<br>";

$Q = $avg*$myrow["H"]*$myrow["H"]*pow($V1*$deltaT,1.0/3)/($A*$F*$m*$n*$nu);
//echo "Q= ".$Q."<br>";
$tube_n=$myrow["ID_t"];
$mysqli->query("INSERT INTO ejection(`ID_t`, `ID_s`, `Q`) VALUES ($tube_n, $Subst, $Q)");

$Qsum = $Qsum + $Q;
$H = $H+$myrow["H"];
$kt = $kt+1;

printf("<tr><td>%d</td><td>%d</td><td>%d</td><td>%f</td><td>%f</td><td>%f</td></tr>\n",
$myrow["ID_t"], $myrow["ID_f"], $myrow["H"], $myrow["coord_lat"], $myrow["coord_lon"], $Q);
}

```

```

while ($myrow = $result->fetch_array());
echo "</table>\n";
}
else
{
echo "Sorry, no records in table tube were found!";
}

echo "Qsum= ".$Qsum."<br>";
$H = $H/$kt;
//echo "H середнє = ".$H."<br>";

//Учесть ветер
$u = $wind_speed*cos($wind_deg*M_PI/180);
$v = $wind_speed*sin($wind_deg*M_PI/180);
//$difur="pdsolve(".$u."*diff(C(x,y),x)+".$v."*diff(C(x,y),y)=".$Qsum.");";
$difur="pdsolve(diff(C(x,y,t),t)+(".$u.")*diff(C(x,y,t),x)+(".$v.")*diff(C(x,y,t),y)=".$Qsum.");";
echo "<br>Введіть у вікні MAPLE диференційне рівняння в часткових похідних:<br>".$difur."<br>";

```

```

$mysqli -> close();
?>

```

```

</div>

```

```

</main>

```

```

<footer>

```

```

<div>

```

```

<p>Все права защищены © 2020</p>

```

```

</div>

```

```

<div>

```

```

<a href="tel:+380985257223">+38(098)-525-72-23</a> <br />

```

```

<a href="tel:+380962224177">+38(096)-222-41-77</a> <br />

```

```

<a href="tel:+380502462713">+38(050)-246-27-13</a>

```

```

</div>

```

```

</footer>

```

```

</body>

```

```

</html>

```