Міністерство освіти і науки України

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

# РЕСУРСООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ У МІСТАХ


1. **ПЕТРАШ Олександр Васильович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

2. **ГОРБ Олександр Григорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

3. **МАКСЮТА Наталія Сергіївна** – асистент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

# Актуальність дослідження

**КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ**

**ПОСТАНОВА**

**від 14 серпня 2019 р. № 827**
**Київ**

**Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря**

Відповідно до частини другої статті 32 Закону України "Про охорону атмосферного повітря" Кабінет Міністрів України **постановляє**:

1. Затвердити Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, що додається.

2. Внести до Положення про державну систему моніторингу довкілля, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 (Офіційний вісник України, 1998 р., № 13, ст. 495; 2001 р., № 55, ст. 2213, № 81, ст. 3283; 2018 р., № 76, ст. 2537), зміни, що додаються.

3. Визнати такими, що втратили чинність, постанови Кабінету Міністрів України згідно з переліком, що додається.

4. Обласним державним адміністраціям та органу виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища, що здійснюють виконавчу владу на території відповідної зони, Київській міській державній адміністрації, міським радам, що виконують функції і повноваження місцевого самоврядування на території відповідної агломерації:

1) у тримісячний строк з дня набрання чинності цією постановою:

визначити у своєму складі структурний підрозділ або виконавчий орган, що виконуватиме функції органу управління якістю атмосферного повітря відповідно до цієї постанови;

подати інформацію про визначені органи управління якістю атмосферного повітря Міністерству екології та природних ресурсів;

опублікувати інформацію про визначені органи управління якістю атмосферного повітря в місцевих засобах масової інформації;

2) у шестимісячний строк з дня набрання чинності цією постановою забезпечити утворення комісій з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря;

3) протягом одного року з дня набрання чинності цією постановою подати для погодження Міністерству екології та природних ресурсів програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря.

5. Ця постанова набирає чинності з дня її опублікування, крім пункту 1, який набирає чинності через один рік після набрання чинності цією постановою.

**Прем'єр-міністр України** **В.ГРОЙСМАН**

**Головні нововведення постанови:**

– передбачено здійснення моніторингу та управління якістю повітря за принципом розподілу території України на зони та агломерації, утворено відповідні зони та агломерації.
– у кожній із зон та агломерації визначено відповідальний орган управління якістю повітря, що здійснюватиме координацію реалізації моніторингу, а також заходів з управління якістю повітря, зокрема підготовку та виконання планів поліпшення якості повітря, короткострокових планів дій тощо;
– врегульовано порядок визначення режимів оцінювання для кожної зони та агломерації залежно від рівня забруднення території;
– передбачено створення інформаційно-аналітичної системи даних про якість повітря та своєчасного інформування населення;
– визначено показники рівнів забруднення атмосферного повітря, перевищення яких вимагає впровадження заходів для поліпшення стану повітря або мінімізації шкідливого впливу забруднення на здоров'я населення;
– включено до переліку забруднюючих речовин, моніторинг яких здійснюється обов'язково, PM 2,5, PM10 та озон, які мають значний негативний вплив на здоров'я людини, та рекомендовані для вимірювання ВООЗ;
– передбачено створення нової мережі постів спостережень, які відповідають мінімальним європейським вимогам до моніторингу;
– передбачено розроблення програми моніторингу для зон та агломерацій на кожні 5 років.

**Головні недоліки існуючої системи моніторингу:**

- відсутність проведення моніторингу завислих речовин, в тому числі PM2,5 та PM10;
- відсутність даних щодо забруднення, що охоплюють всю територію міста (агломерації, відповідно до постанови), тобто наявна інформація є актуальною лише точково;
- проведення моніторингу забруднення атмосферного повітря на стаціонарних постах спостереження здійснюється максимум 4 рази на добу;
- відсутність системи інформування населення щодо стану повітря в місті, в особливості забруднення PM2,5 та PM10;
- відсутність автоматизованих систем аналізу якості повітря, моніторинг проводиться методом відбору проб.

# Мета і завдання роботи

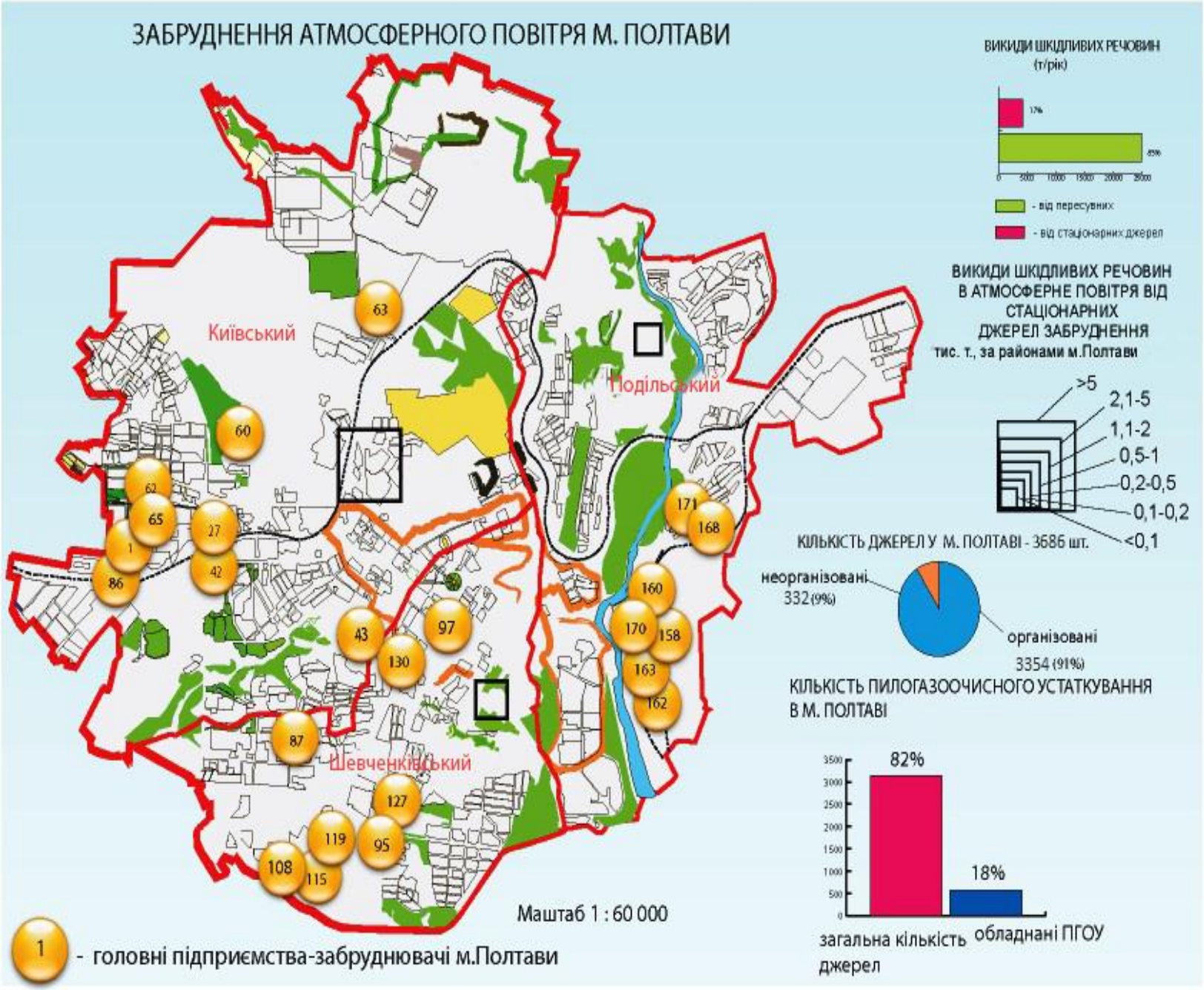
**Метою роботи** є комплексне розв’язання екологічних проблем у містах шляхом застосування ресурсоощадних технологій для боротьби із твердими та рідкими промисловими відходами й удосконалення рівня існуючої системи моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Для розроблення технологій захисту навколишнього середовища у містах у роботі було поставлено низку актуальних на сьогодні теоретично-експериментальних та практичних завдань, основними серед яких є такі:

– проаналізувати стан забрудненості атмосферного повітря за різними методами та на прикладі реальних урбосистем провести аналітично-порівняльне дослідження стану якості повітряного басейну міст;
– обґрунтувати концепцію створення громадського моніторингу атмосферного повітря міста та інформування населення щодо його результатів і розробити метод розмітки сітки міста для встановлення додаткового контролю за вмістом пилу, відповідно до постанови щодо деяких питань моніторингу атмосферного повітря;
– установити особливості залежності метеорологічного потенціалу міста та стану забруднення атмосфери з точки зору екологічної безпеки міста й актуалізувати впровадження реалізації завдань щодо захисту повітря, визначених в рамках проєкту «Інтегрований розвиток міст в Україні»;
– розробити конструктивне рішення підземних інженерних споруд для нейтралізації впливу рідких промислових відходів на навколишнє ґрунтове й водне середовище;
– обґрунтувати доцільність використання бурозмішувальної технології як ресурсоощадного й енергоефективного способу влаштування підземних непроникних екранів для нейтралізації рідких промислових відходів;
– дослідити фізико-механічні характеристики конструктивного матеріалу непроникних екранів, на основі чого обґрунтувати можливість ізоляції відходів від навколишнього середовища;
– провести аналіз методів боротьби з твердими та рідкими промисловими відходами у містах шляхом застосування сучасних ресурсоощадних технологій виготовлення елементів будівель і споруд;
– експериментально дослідити особливості роботи з’єднань сталі та бетону на основі акрилових клеїв у сталезалізобетонних елементах із різними геометричними характеристиками з використанням бетонів різних класів за міцністю й акрилових клеїв різного складу та визначити несучу здатність і характер руйнування з’єднань, улаштованих шляхом приклеювання свіжоукладеної бетонної суміші до сталі за допомогою акрилових клеїв, при роботі на осьовий розтяг та зріз;
– розробити методику розрахунку сталезалізобетонних конструкцій з клейовим з’єднанням сталі та бетону, яка давала б можливість ураховувати фізико-механічні властивості матеріалу і геометрію шва;
– упровадити результати досліджень у практику проектування і виявити техніко-економічну ефективність конструкцій, де використане з’єднання сталі та бетону за допомогою акрилового клею у порівнянні з конструкціями із традиційними засобами анкерування;
- розробити рекомендації щодо застосування клейових з’єднань сталі та бетону в будівельних конструкціях для підвищення їх ресурсоефективності у боротьбі з твердими промисловими відходами.

Структурно-логічна схема дослідження «РЕСУРСООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ У МІСТАХ»
Забруднення атмосфери
Рідкі відходи
Тверді промислові відходи
Розрахунок за програмою ЕОЛ
Оцінка за даними стаціонарних постів спостереження та держ. статистики
Концепція створення громадського моніторингу
Порівняльний аналіз методів оцінювання атмосферного повітря міст Лейпциг та Полтава
Проведення експерименту та створення бази даних значень концентрацій PM2.5 та PM10
Технологія моніторингу та результати дослідження
Інформування населення щодо рівня забруднення
Інтеграція порядку здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря технологією громадського моніторингу
Аналіз технологій улаштування ґрунтоцементних конструкцій
Дослідження механічних характеристик ґрунтоцементу
Бурозмішувальна технологія
Армування матеріалу паль
Конструювання утримуючих споруд
Конструювання непроникних екранів
Розробка та дослідні влаштування енергоефективних непроникних підземних інженерних споруд (сховищ) для рідких промислових відходів
Використання твердих промислових відходів при виготовленні будівельних конструкцій та елементів споруд шляхом їх приклейювання до сталевих елементів
Експериментальні дослідження сталезалізобетонних конструкцій, у яких бетон приклеєний до сталі
Теоретичні дослідження несучої здатності та деформативності сталезалізобетонних елементів
Розробка програми досліджень, конструювання дослідних зразків
Несуча здатність стиснутих ел. за теорією складних стрижнів
Несуча здатність стиснутих та зігнутих елементів згідно з наближеними методиками
Порівняння результатів теор. та експ. досліджень
Розробка рекомендацій щодо застосування акрилових клеїв у практиці будівництва

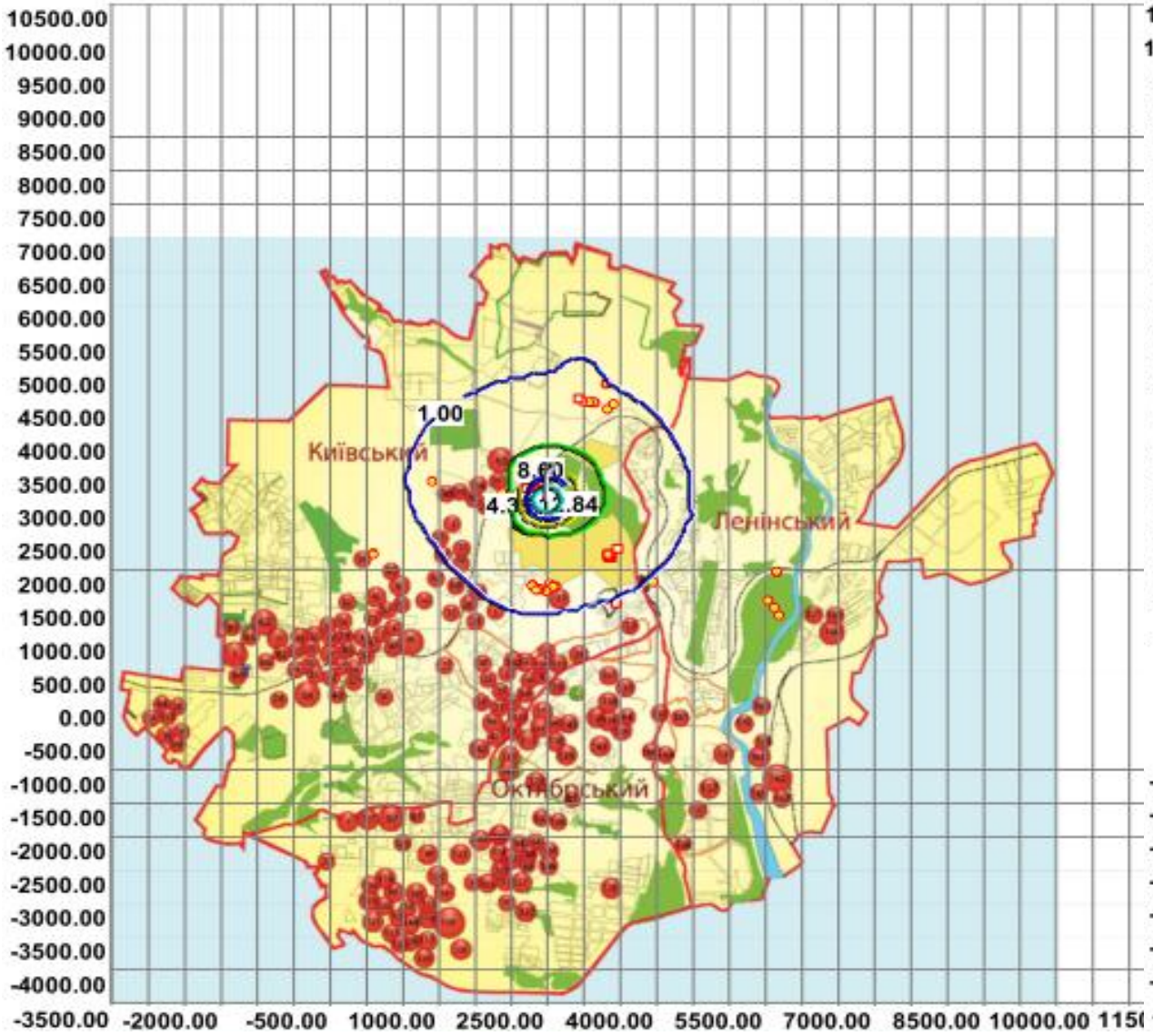
# Забруднення приземного шару атмосфери від стаціонарних джерел викидів



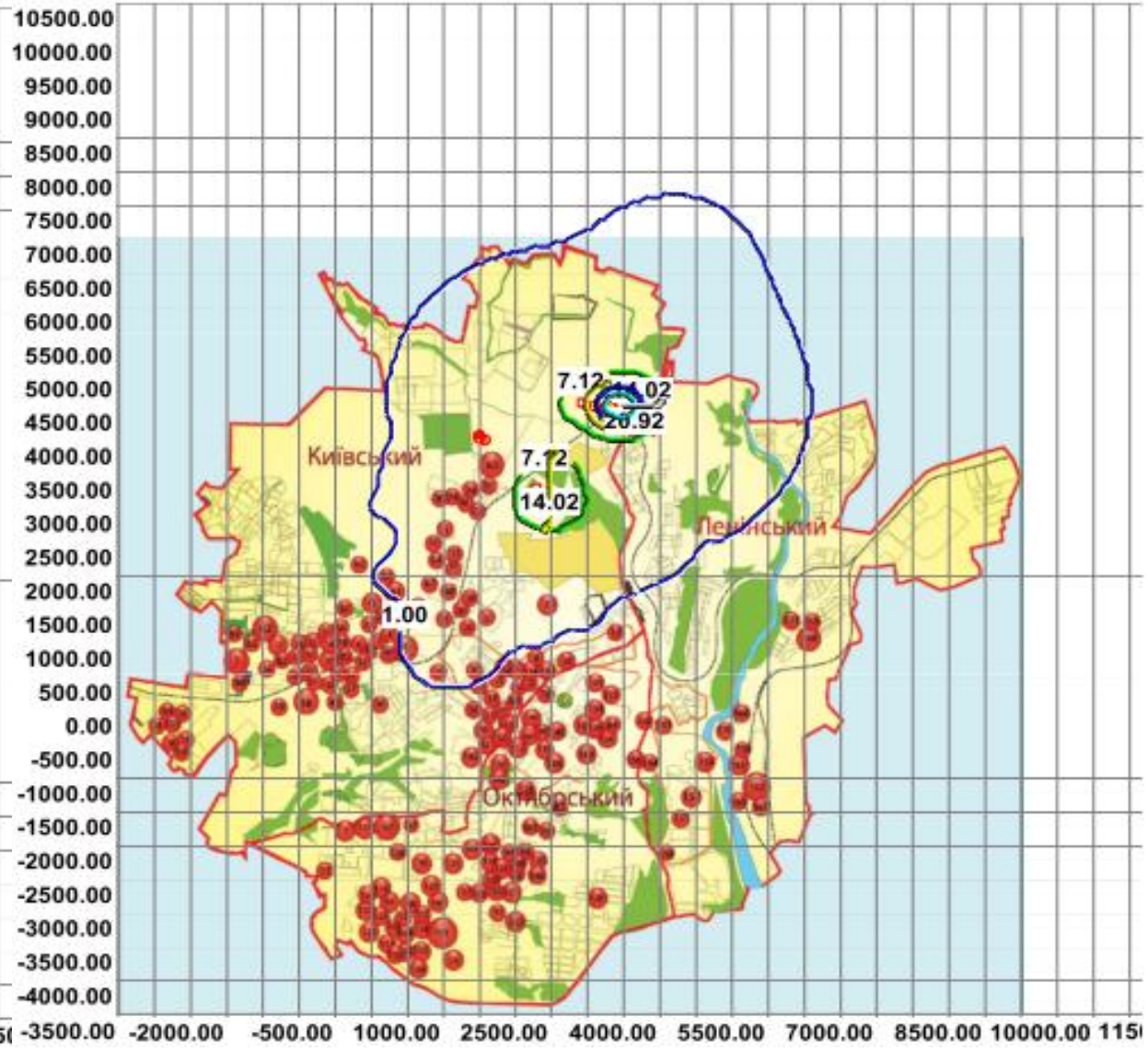

27 – ПП «Полтавський ливарно-механічний завод»;
42 – ПП «Полтававторкольормет»;
62 – ПрАТ «Полтавський олійно-екстракційний завод – Карнел-Груп»;
63 – ПАТ «Полтавський автоагрегатний завод»;
65 – ТОВ «Полтавахіммаш»;
86 – ТОВ «Полтавський газовий завод»;
115 – ПП «Крол»;
119 – ТОВ «Епіцентр»;
130 – ПрАТ «Електромотор»;
158 – ПП «Надежда-2006»;
160 – Вагонне ДЕПО Полтава Південної залізниці;
162 – ДП «Полтавський механічно-досліний завод»;
163 – ПП «Полтавський хлібозавод «Південний»»;
168 – Державне підприємство «Полтавський комбінат хлібопродуктів»;
170 – Локомотивне ДЕПО Полтава Південної залізниці; 171 – ВАТ «Полтаватрансбуд»

# Карти розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери в місті

1325 Формальдегід




2911 Пил комбікормовий



# Порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря міст (на прикладі м. Лейпциг та м. Полтава)

Полтава –
виробничий комплекс:

- харчова промисловість, напої та тютюнове виробництво
- легка промисловість
- целюлозно-паперове виробництво
- видавництво
- хімічна та нафтохімічна промисловість

Лейпциг –
виробничий комплекс:

- галузь економіки та здоров’я
- біотехнології
- автомобільна промисловість
- енергетика та технології захисту навколишнього середовища
- логістика
- медіа та креативна індустрія

Дані для порівняння площі та чисельності населення міст

| | Лейпциг | Полтава |
|---|---|---|
| Площа | 297 км$^2$ | 103 км$^2$ |
| Чисельність населення | 571.088 | 288.013 |
| Щільність населення | 1.922 /км$^2$ | 2.796 /км$^2$ |

# Концентрації забруднюючих речовин в Лейпцигу та Полтаві

На основі отриманих даних зі стаціонарних постів створено базу даних щодо концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Для кожного року (2015-2017) розраховувався індекс забруднення атмосфери для Лейпцигу (діоксид сульфуру, озон, діоксид нітрогену, оксид нітрогену, зважені частинки ≤ 10 мкм) і для Полтави (формальдегід, оксид вуглецю, діоксид нітрогену, оксид нітрогену, пил).

## Дані для м. Лейпциг за 2017 [μg/m³]

| Місяць | $SO_2$ (ГДК - 50) | $O_3$ (ГДК - 30) | NO (ГДК - 60) | $NO_2$ (ГДК - 40) | $PM_{10}$ (ГДК - 50) |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 4 | 28 | 69 | 50 | 30 |
| II | 4 | 35 | 54 | 44 | 40 |
| III | 4 | 47 | 44 | 43 | 23 |
| IV | 4 | 56 | 40 | 38 | 21 |
| V | 5 | 58 | 33 | 38 | 19 |
| VI | 4 | 56 | 33 | 38 | 16 |
| VII | 5 | 50 | 32 | 33 | 16 |
| VIII | 4 | 47 | 38 | 41 | 16 |
| IX | 4 | 34 | 47 | 40 | 18 |
| X | 5 | 32 | 50 | 38 | 16 |
| XI | 4 | 25 | 59 | 41 | 18 |
| XII | 4 | 30 | 57 | 39 | 15 |

## Дані для м. Полтава за 2017 [μg/m³]

| Місяць | $CH_2O$ (ГДК - 3) | CO (ГДК - 300) | NO (ГДК - 60) | $NO_2$ (ГДК - 40) | Пил (ГДК - 50) |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 3,9 | 180 | 30 | 30 | 35 |
| II | 3,9 | 150 | 18 | 30 | 35 |
| III | 3 | 150 | 18 | 30 | 55 |
| IV | 3 | 120 | 18 | 30 | 40 |
| V | 3 | 180 | 18 | 30 | 55 |
| VI | 6 | 210 | 24 | 40 | 85 |
| VII | 6,9 | 210 | 18 | 40 | 65 |
| VIII | 9,9 | 285 | 30 | 44 | 75 |
| IX | 6 | 210 | 15 | 36 | 55 |
| X | 3 | 150 | 18 | 30 | 45 |
| XI | 3,9 | 150 | 18 | 36 | 35 |
| XII | 3,9 | 150 | 18 | 40 | 35 |

- значення позначають місяць, в якому концентрації перевищували ГДК, що використані для послідуючих розрахунків.

# Створення сітки громадського моніторингу атмосферного повітря

*Рекомендації до встановлення датчиків:*

- встановлення на ділянках, що забезпечує відсутність застою повітряних потоків,
- встановлення на відстані 1,5, 4, чи 6 метрів від землі,
- встановлення на відстані 10 метрів від дороги з інтенсивним транспортним рухом (чи ближче, якщо необхідно визначити вплив транспорту на даній ділянці),
- на приміських територіях для визначення антропогенного впливу міського середовища

| № п/п | Назва | Адреса |
|---|---|---|
| 1 | "Вул. Петра Юрченка" | вул. Петра Юрченка, 17 |
| 2 | "Половки" | вул. Курчатова, 13 |
| 3 | "Шевченківська рада" | вул. Івана Мазепи, 30 |
| 4 | "Меблева фабрика" | вул. Європейська, 150 |
| 5 | "Київська рада" | вул. Маршала Бірюзова, 1/2 |
| 6 | "Тестовий" | вул. Сковороди, 1/3 |
| 7 | "Інститут розвитку міста" | вул. Небесної Сотні, 1/23 |
| 8 | "Парк Перемога" | просп. Першотравневий |
| 9 | "Подільська рада" | вул. Анатолія Кукоби, 39 |

# Сайт інформування населення: http://city-air-dust.ho.ua

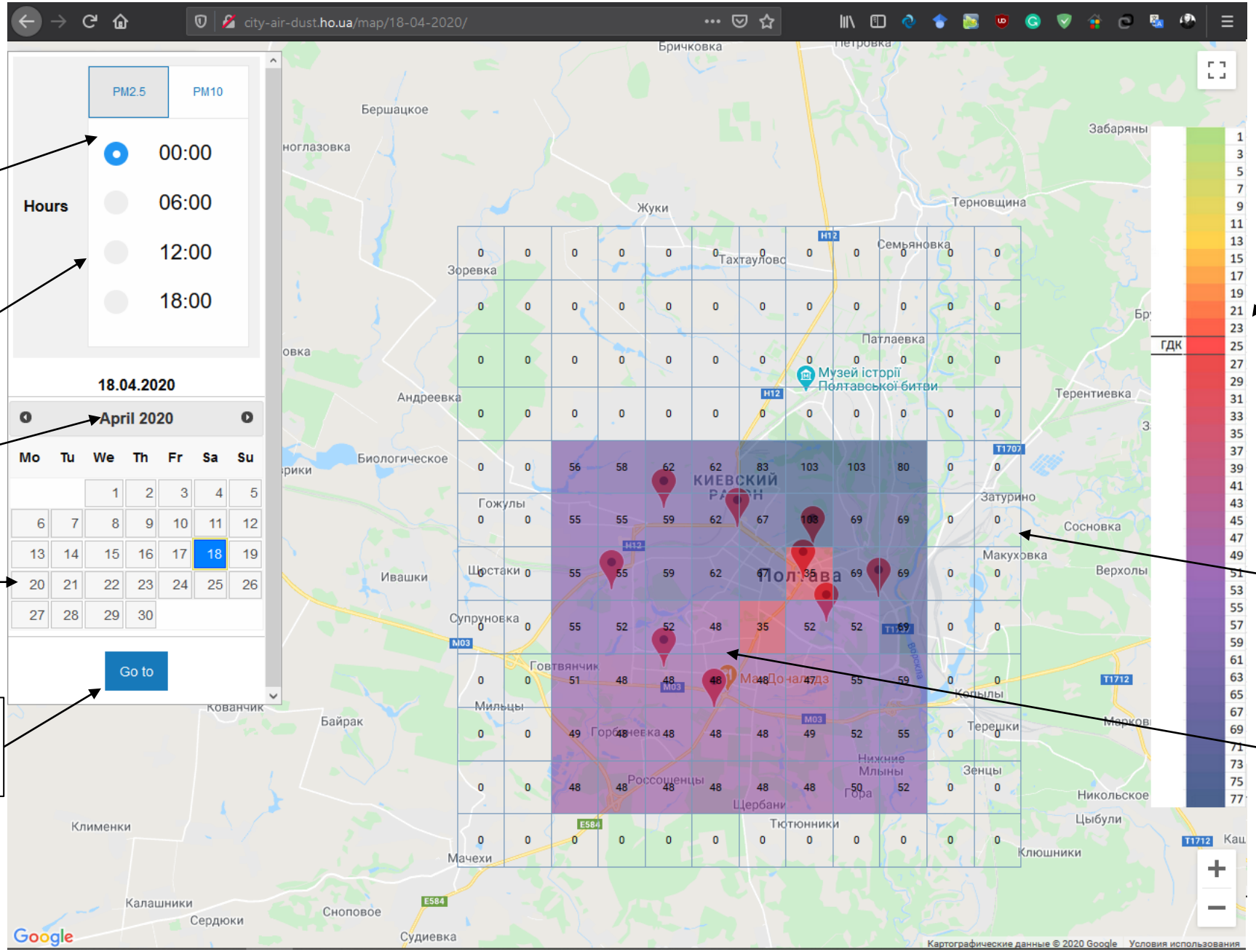
вибір показників датчиків PM2.5/PM10

вибір години спостережень

дата відображення даних

календар вибору дати

перехід на обрану дату

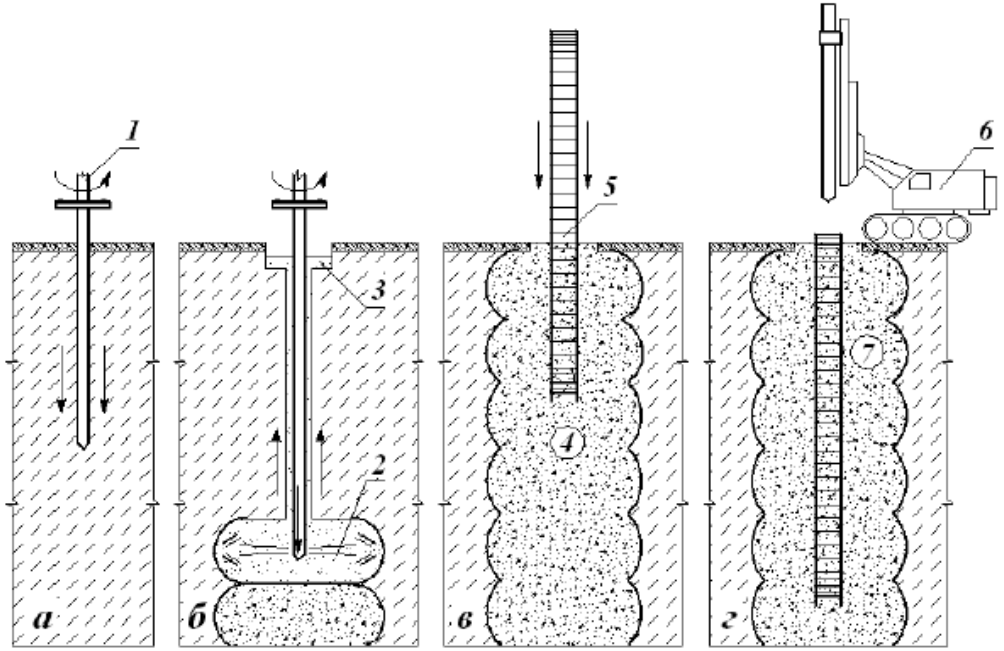


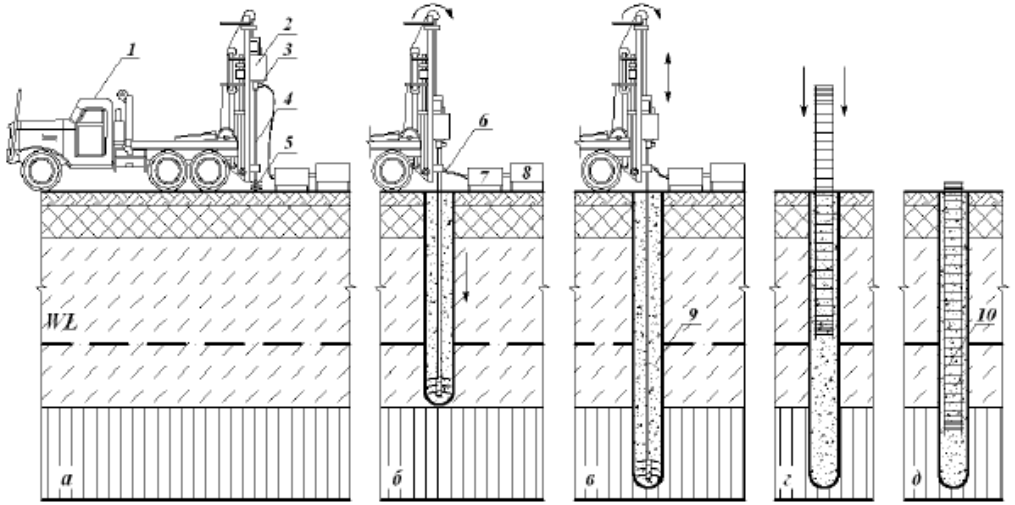

шкала значень обраної речовини з зазначенням ГДК (мкг/м$^3$)

відображення даних на сітці міста

встановлені датчики

# ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АРМОВАНИХ ҐРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ




Параметри видів jet - технології

| Технологічні характеристики паль | | Jet – 1 | Jet – 2 | Jet – 3 |
|---|---|---|---|---|
| Міцність матеріалу палі, *R*, МПа у<br>- піщаних ґрунтах<br>- глинистих ґрунтах | | <br>1,0х3,0<br>1,0 | <br>2,0х3,0<br>0,7х1,0 | <br>1,0х3,0<br>1,0 |
| Діаметр палі, м | | 1,0х2,0 | 2,4х5,0 | 1,4х2,0 |
| Максимальна глибина палі, м | | 25,0 | 40,0 | 40,0 |
| Витрати матеріалів | | | | |
| Вода | Тиск, МПа | – | – | 40 |
| | Витрати, л/хв | – | – | 70 |
| Водоцементний розчин | Тиск, МПа | 20 | 30 | 3 |
| | Витрати, л/хв | 60 | 400х600 | 180 |
| Повітря | Тиск, МПа | 0,7 | 0,7х1,05 | 0,7 |
| | Витрати, л/хв | 1,5х3,0 | 8,0х12,0 | 1,5х3,0 |

Переваги ґрунтоцементних паль, виготовлених за бурозмішувальною технологією, у порівнянні з технологією jet grouting: заощадливе використання цементного розчину, відсутність пульпи на поверхні землі, яку треба утилізувати; доступне для нашої країни бурове обладнання; міцність виготовленого ґрунтоцементу при інших рівних умовах приблизно однакова з технологією jet grouting.

До недоліків бурозмішувальної технології слід віднести меншу вдвічі швидкість виготовлення паль, ніж при використанні технології jet grouting. У загальному випадку, при необхідності, розміри ґрунтоцементних паль, виготовлені за jet grouting, можуть бути більшими.

# ПЕРЕДУМОВИ, КОТРІ ДОЗВОЛИЛИ ВИВЧАТИ АРМОВАНИЙ ҐРУНТОЦЕМЕНТ

1. У роботах Токіна згадуються дослідження, якими встановлено, що ***КТЛР*** ґрунтоцементу близьке за значенням до КТЛР арматури ($11{,}0\times10^{-6}$ – $12{,}8\times10^{-6}$);

2. У роботах Добринского на основі дослідних даних зроблено висновки, що ***швидкість корозії*** арматури у ґрунтоцементі наближається до швидкості її корозії у бетонах.

3. ***Водонепроникність*** є показовою характеристикою ґрунтоцементу з точки зору захисту арматури. За результатами випробувань отримали, що водонепроникність ґрунтоцементу відповідає марці W14

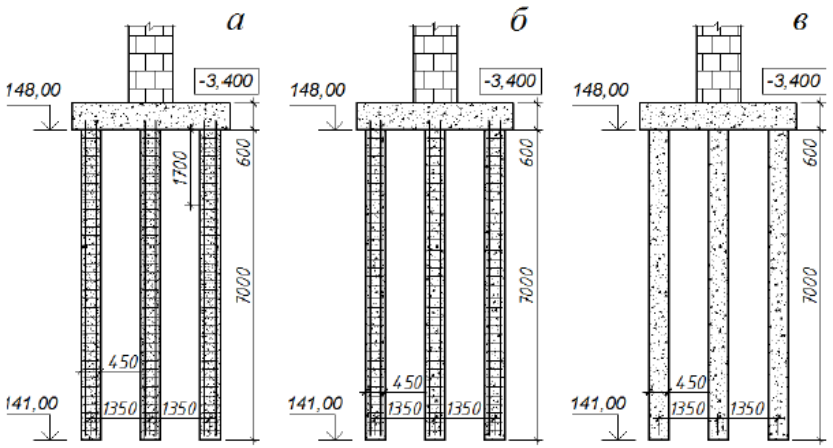
4. ***Щільність*** структури ґрунтоцементу визначає наскільки він буде проникним для речовин, котрі викликають корозію (іони хлору, наприклад).

5. ***Зчеплення*** арматури з ґрунтоцементом – це з'єднання арматури по поверхні контакту з ґрунтоцементом, яке забезпечує їхню сумісну роботу

Щільність та міцність ґрунтоцементу різного складу

| № | Вид заповнювача, наявність добавок інших речовин | Вміст цементу, % ваги скелету | В/Ц | Щільність, т/м$^3$ | Міцність, R, МПа |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Суглинок лесований | 20 | 2 | 1,90 | 4,7 |
| 2 | Суглинок лесований, 3 % від (ваги цементу) бентоніту | 20 | 2 | 1,80 | 3,0 |
| 3 | Суглинок лесований | 20 | 2,7 | 1,77 | 2,0 |
| 4 | Пісок середньої крупності | 20 | 0,6 | 1,75 | 5,2 |
| 5 | Суглинок лесований | – | 2,7 | 1,77 | 7,4 |

# Економічна ефективність влаштування підземних ґрунтоцементних інженерних споруд




Показник приведених витрат отримав широке розповсюдження у практиці економічного оцінювання варіантів проектних рішень:

$$З_п = C + E_н \cdot K,$$

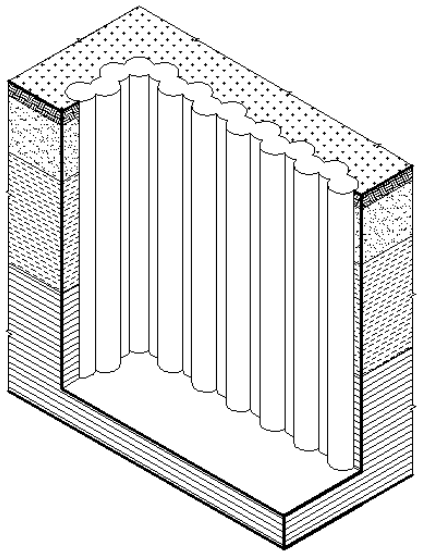
Основні характеристики варіантів улаштування фундаментів

| Варіант фундаментів | Розрахункове навантаження на палю N, кН | Кількість паль | Об'єм ростверку, $м^3$ |
|---|---|---|---|
| Армовані ґрунтоцементні палі | 360 | 736 | 488 |
| Бетонні буронабивні палі | 360 | 736 | 488 |
| Буроін'єкційні палі | 470 | 566 | 375 |

Порівняння варіантів фундаментів

| Показники (дані) | Варіанти фундаментів | | |
|---|---|---|---|
| | Буро-набивні палі | Буро-ін'єкційні палі | Армовані ґрунтоцементні палі |
| Прямі витрати, грн. | 3907569 | 3857242 | 1543224 |
| Кошторисна трудомісткість, грн. | 43274 | 35918 | 40173 |
| Кошторисна заробітна плата, грн. | 897211 | 737701 | 861721 |
| Загальновиробничі витрати, грн. | 610107 | 502829 | 577610 |
| Усього за кошторисом, грн. | 4517676 | 4360071 | 2120834 |
| Кошторисний прибуток, грн. | **174272** | **144651** | **161785** |
| **Показники (обчислені)** | | | |
| Кошторисна величина ЗВВ, грн. | 610107 | 502829 | 577610 |
| Собівартість робіт (С), грн. | 4517676 | 4360071 | 2120834 |
| Обігові кошти, грн. | 2083152 | 1998610 | 1024568 |
| Основні виробничі фонди, грн. | 2789782 | 2589708 | 461812 |
| **Капіталовкладення у виробничі фонди, грн.** | **4872934** | **4588318** | **1486380** |
| **Показник приведених витрат, грн.** | **5297345** | **5094201** | **2358654** |
| **Економічний ефект, грн.** | | **203144** | **2938691** |

Отримані дані свідчать про те, що влаштування фундаментів з використанням ґрунтоцементу є економічним рішенням, так як цей варіант має найменшу кошторисну вартість, тобто найбільший економічний ефект у порівнянні з найдорожчім варіантом будівництва – буронабивними палями.



# РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ АКРИЛОВИХ КЛЕЇВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛІ ТА БЕТОНУ В БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

## Техніка безпеки

а) оскільки рідка пластмаса є токсичною речовиною зі специфічним запахом, а її випари доволі небезпечними, при роботі з нею повинні використовуватись запобіжні засоби (спецодяг, рукавиці, захисні окуляри, респіратор);

б) операції зі складовими акрилового клею слід проводити або на відкритих майданчиках, або в добре вентильованих приміщеннях;

в) тара, в якій зберігаються компоненти клею або планується проводитись змішування, повинна бути вільною від сторонніх речовин та забруднень, щоб уникнути непередбачуваних неконтрольованих хімічних реакцій, та бути утилізованою після використання;

г) при роботі з клеєм та його компонентами необхідно уникати їх потрапляння на відкриті ділянки шкіри та в очі;

ґ) при виявленні клею на шкірі його потрібно негайно видалити та промити великою кількістю води уражену ділянку; при появі реакції шкіри (почервоніння, свербіж) звернутися до лікаря; при потраплянні клею в очі негайно промити їх водою та звернутися до лікаря, уникаючи надмірних навантажень та яскравого світла;

д) під час приготування клею та операцій з його компонентами всі незахищені спецзасобами особи віддаляються на безпечну відстань від місця роботи;

е) особи з будь-якими медичними протипоказаннями (алергія) щодо клею та його складових до роботи не допускаються.

## Вимоги до компонентів клею

а) компоненти клею мають бути сертифікованими, заводського виробництва та відповідати діючим санітарним нормам та ДСТ;

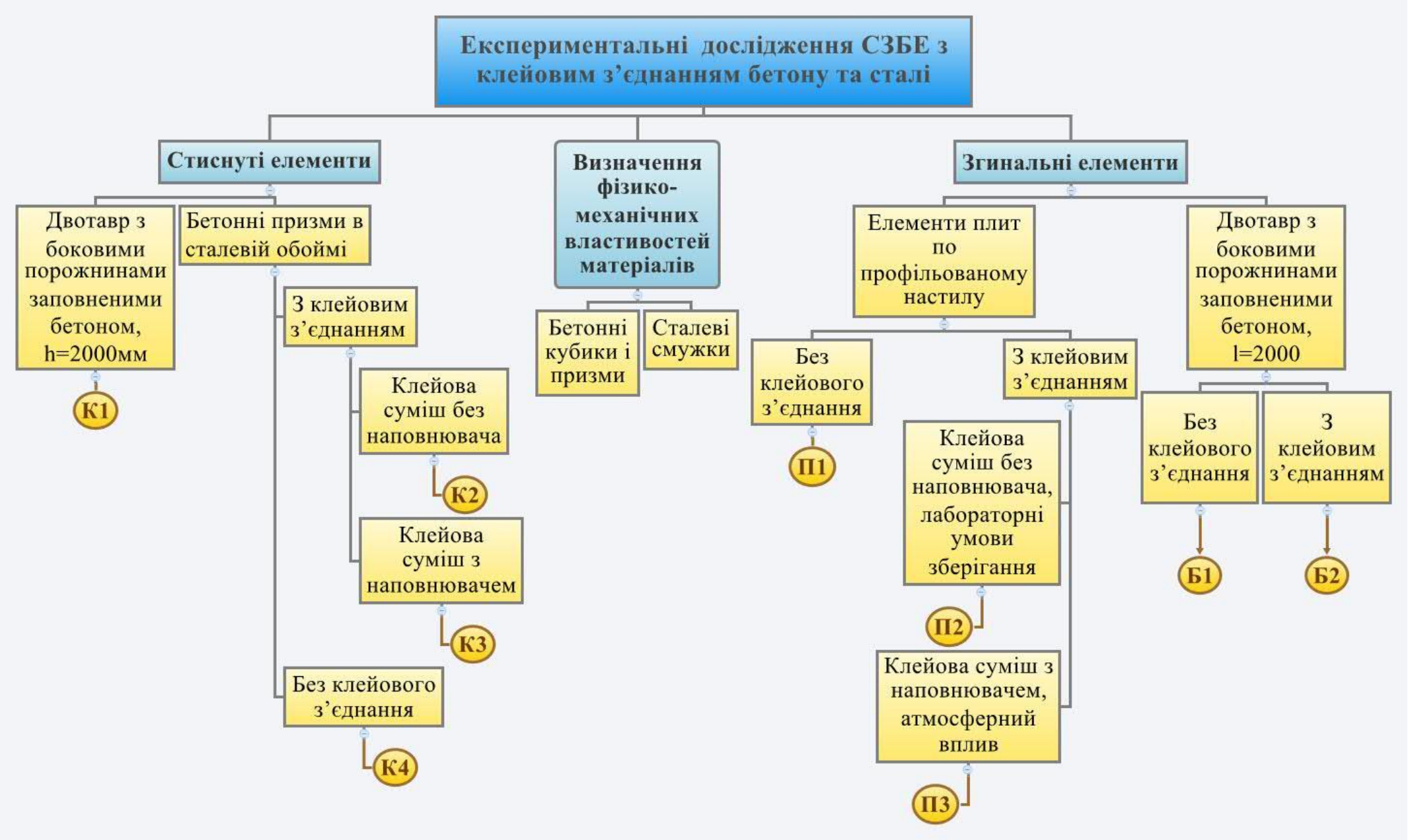
б) компоненти, в яких виявлено сторонні домішки, невідповідність нормативній чи проектній документації, не допускаються до застосування;

в) компоненти клею при зберіганні та застосуванні потрібно захищати від дії екстремальних температур;

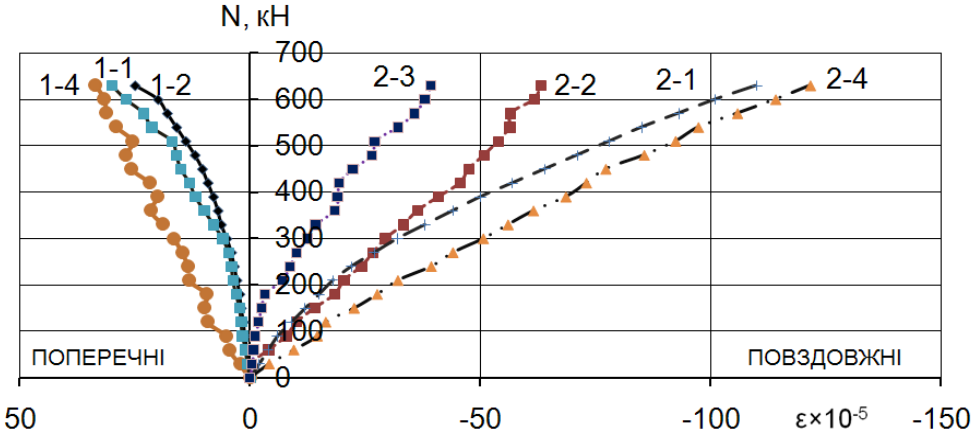
г) зважування та дозування компонентів необхідно виконувати на сертифікованих вагах з дотриманням технології виготовлення клею;

ґ) забороняється використовувати замінники чи аналоги компонентів, що передбачені технологією виготовлення клею.

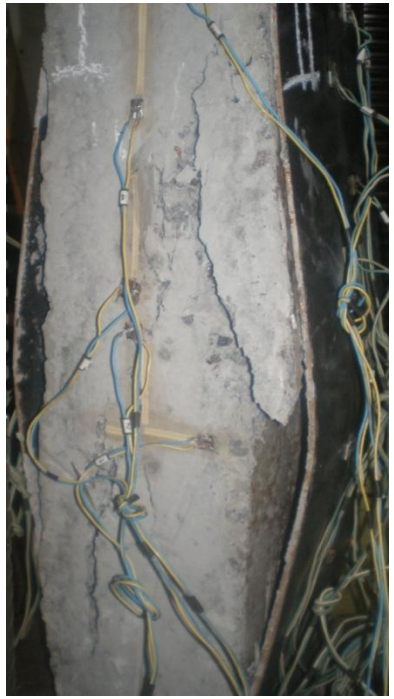
# ПЛАН-СХЕМА ДОСЛІДЖЕНЬ КОНСТРУКЦІЙ З КЛЕЙОВИМ З'ЄДНАННЯМ БЕТОНУ ТА СТАЛІ

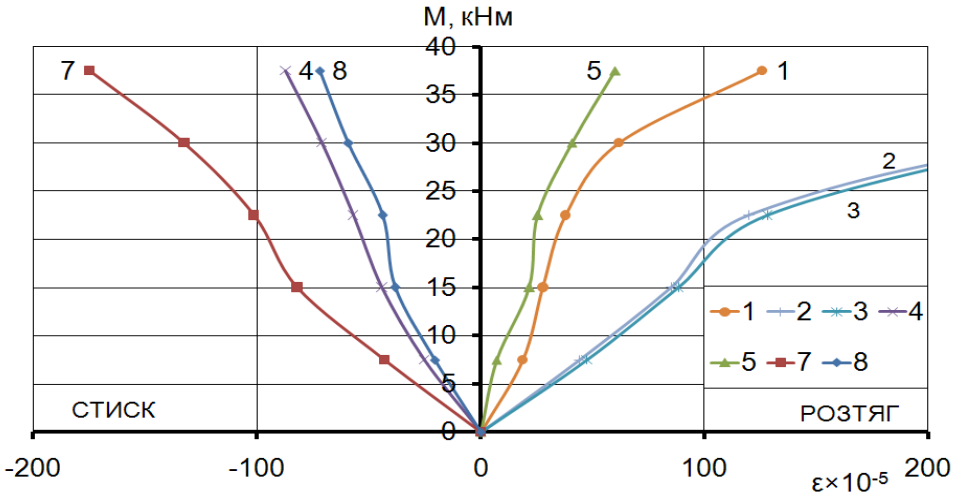


# РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ БАЛОК, СТІЙОК, ПЛИТ

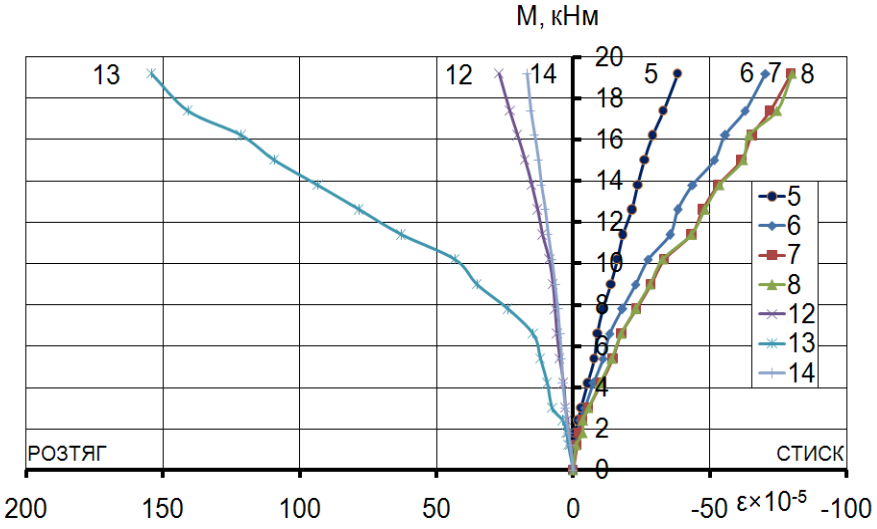



Залежність відносних деформацій від навантаження по висоті зразка

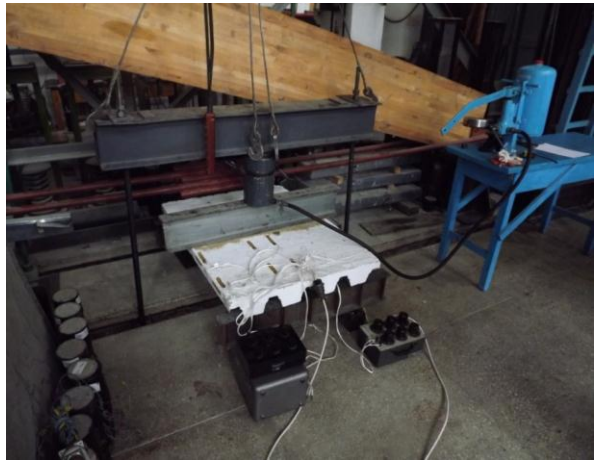





Залежність деформацій від навантаження зразка Б2



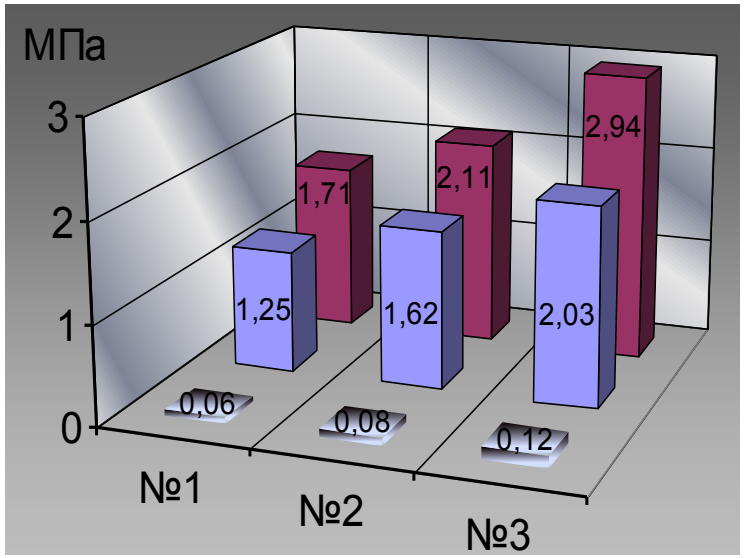

Залежність відносних деформацій від навантаження в перерізі 2-2 зразка П3

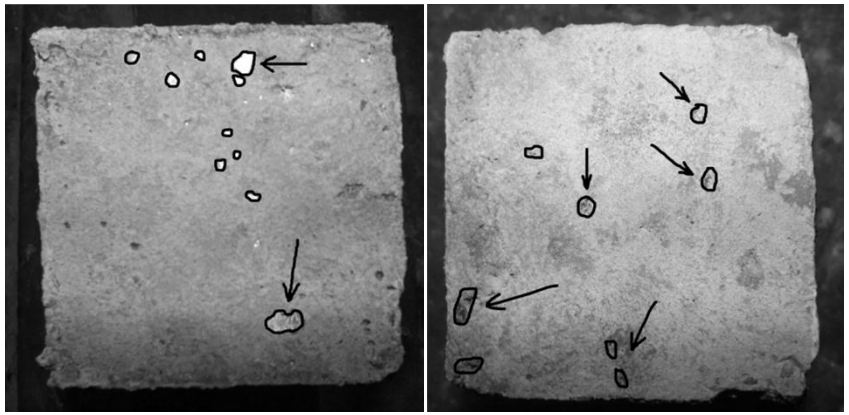


# РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ НА РОЗТЯГ ТА СТИСК

| Зразок | Несуча здатність, кН | | | Розбіж-ність, % |
|---|---|---|---|---|
| | дослідний зразок, кН | осьовий розтяг бетону, МПа | клейове з'єднання, МПа | |
| Р-БК-1 | 0,6 | 2,04 | 0,06 | - |
| Р-К1-1 | 12,5 | | 1,25 | 39 |
| Р-К2-1 | 17,1 | | 1,71 | 16 |
| Р-БК-2 | 0,8 | 2,75 | 0,08 | - |
| Р-К1-2 | 16,2 | | 1,62 | 41 |
| Р-К2-2 | 21,1 | | 2,11 | 23 |
| Р-БК-3 | 1,2 | 3,39 | 0,12 | - |
| Р-К1-3 | 20,3 | | 2,03 | 40 |
| Р-К2-3 | 29,4 | | 2,94 | 13 |

Залежність несучої здатності клейових з'єднань розтягнутих дослідних зразків від складу бетонної суміші та акрилового клею





Поверхня сталі (зліва) та бетону після руйнування

| Серія | Несуча здатність | | | Розбіжність, % |
|---|---|---|---|---|
| | дослідних зразків, кН | бетону на зріз, МПа | клейове з'єднання, МПа | |
| С-БК-100 | 1,4 | 5,5 | 0,14 | - |
| С-К1-100 | 27,4 | | 2,74 | 50 |
| С-К2-100 | 37,9 | | 3,79 | 31 |
| С-БК-200 | 2,9 | | 0,15 | - |
| С-К1-200 | 52,2 | | 2,61 | 53 |
| С-К2-200 | 70,4 | | 3,52 | 36 |
| С-БК-400 | 4,8 | | 0,12 | - |
| С-К1-400 | 107,2 | | 2,68 | 51 |
| С-К2-400 | 139,6 | | 3,49 | 37 |

# ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Несуча здатність стиснутих дослідних елементів

| Зразок | Несуча здатність, кН | | | Розбіжність, % | | Коеф. ефектив-ності сталезалізобетону, $m$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | експ. знач. | теор. значення | | гран. стани та теорія скл. стержнів | приведений переріз до сталі | |
| | | гран. стани та теорія скл. стержнів | приведений переріз до сталі | | | |
| К1 | 446 | 470 | 460,8 (232)* | 5,3 | 3,3 (-48) | 1,71 |
| К2 | 290 | 667 (270)** | 638,5 | 130 (-6,9) | - | - |
| К3 | 440 | 667 (332)*** | 638,5 | 51,5 (-24,5) | - | 1,21 |
| К4 | 660 | 667 | 638,5 | 1,1 | 3,3 | 2,49 |

Прогини згинальних елементів

| Зразок | Прпогин, f, см | | | Розбіжність, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | експ. значення | теор. знач. за набл. методикою | теор. знач. за теор. складених стержнів | значення за набл. методикою | знач. за теор. складених стержнів |
| П1 | 4,58 | 0,31 | 0,48 | - | - |
| П2 | 4,02 | | | - | - |
| П3 | 0,52 | | | 40 | 7,7 |
| Б1 | 1,21 | 0,62 | 0,78 | 48,8 | 35,5 |
| Б2 | 0,98 | | | 34,7 | 20,4 |

Несуча здатність згинальних елементів за теорією складених стержнів

| Зразок | Несуча здатність, М, кНм | | | Розбіжність, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | експ. знач. | теор. знач. без врах. матеріалу шва | теор. знач. з врах. матеріалу шва | знач. без врах. матеріалу шва | знач. з врах. матеріалу шва |
| П1 | 5,25 | 18,15 | - | - | - |
| П2 | 9 | | 11,45 | - | 27,2 |
| П3 | 19,2 | | 19,87 | -5,5 | 3,5 |
| Б1 | 32,22 | 35,93 | - | 11,5 | - |
| Б2 | 33,1 | | 34,18 | 10,1 | 3,3 |

Несуча здатність згинальних елементів за наближеними методиками

| Зразок | Несуча здатність, М, кНм | | | Розбіжність, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | експ. знач. | теор. знач. за гран. станами | теор. знач. за прив. перерізом | знач. за гран. станами | знач. за прив. перерізом |
| П1 | 5,25 | 23,8 | 24,3 | - | - |
| П2 | 9 | | | - | - |
| П3 | 19,2 | | | 19,3 | 26,6 |
| Б1 | 32,22 | 41,13 | 43,6 | 21,7 | 26,1 |
| Б2 | 33,1 | | | 19,5 | 24,1 |

**Наукова новизна роботи** полягає у тому, що вперше впроваджено системний громадський моніторинг за станом атмосферного повітря міста як інструмент в імплементації удосконаленої структури взаємодії державного контролю та громадськості. Задля інформування населення щодо отриманих даних реалізовано веб-сайт для публікацій результатів вимірювання рівня забруднення атмосферного повітря за допомогою громадського контролю. У результаті розрахунки й аналітичні дослідження перетворюються у зрозумілі користувачеві тематичні карти забруднення атмосферного повітря міста PM2.5 та PM10.

Уперше в умовах лабораторних випробувань і натурних спостережень установлено вплив армування сталевою арматурою на міцність ґрунтоцементної палі за матеріалом, при цьому експериментально доведено, що міцність палі за матеріалом суттєво збільшується зі збільшенням відсотка армування. Удосконалено методику складання розрахункової схеми для моделювання напружено-деформованого стану армованої ґрунтоцементної палі методом скінченних елементів та обґрунтовано методику отримання діаграми стану ґрунтоцементу, за якою визначено характеристики міцності та деформативності матеріалу палі.

Запропоновано новий спосіб забезпечення сумісної роботи бетону і сталі у сталезалізобетонних конструкціях, який полягає в приклеюванні свіжоукладеної бетонної суміші до металевої частини, та визначено експериментально вплив наявності клейового з’єднання в дослідних конструкціях і складу використаного клею, різних класів бетону за міцністю на деформативність та несучу здатність розглянутих елементів. Отримано нові результати експериментально-теоретичних досліджень напружено-деформованого стану сталезалізобетонних елементів при використанні клейового з’єднання і розроблено методику розрахунку несучої здатності та прогинів сталезалізобетонних елементів із клейовим з’єднанням з урахуванням його властивостей і геометрії.

Одержані в роботі наукові результати мають **суттєве практичне значення**, що полягає у впровадженні аналізу стану забруднення атмосферного повітря агломерації пиловими частинками PM2.5 та PM10 за допомогою громадського моніторингу, розробленні сайта просторового поширення забруднюючих речовин, що немає аналогів. Сайт завантажено на хостинг за адресою http://city-air-dust.ho.ua/.

# Основні науково-технічні результати роботи

На основі узагальнення результатів наукових досліджень у галузях ефективного моніторингу мультипоказникового стану атмосферного повітря, експлуатації ґрунтоцементних підземних інженерних споруд для зберігання рідких промислових відходів, раціоналізації застосування природних ресурсів за допомогою сучасних інженерних технологій у будівництві було розв'язано низку актуальних на сьогодні теоретично-експериментальних і практичних завдань, а проведені дослідження дали значні науково-технічні результати.

Розраховано розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери від стаціонарних джерел викиду міста за допомогою програми ЕОЛ. Проведено аналіз стану забруднення атмосферного повітря за даними стаціонарних постів спостереження та державної статистики. Виявлено ряд недоліків діючої системи моніторингу атмосферного повітря міста. Запропоновано та введено в дію мережу громадського моніторингу. Надано рекомендації встановлення датчиків вимірювання і приклад оптимального розбиття сітки міста для ефективного вимірювання запиленості повітря міста та для подальшого аналізу даних через інформаційну систему.

Задля складання проектного макета візуалізації картографічних даних просторового розподілу концентрацій забруднюючих речовин реалізовано веб-сайт для публікацій результатів вимірювання рівня забруднення атмосферного повітря за допомогою громадського контролю. Здійснено моделювання процесу виникнення, поширення та впливу загроз на безпеку системи, в результаті чого розроблено відповідну структурну модель, за якою здійснюється ідентифікація домінуючих чинників та умов виникнення загроз, що дає можливість здійснювати нейтралізацію загроз на початковому етапі їх формування, а також мінімізацію їх негативного впливу на систему з урахуванням недоліків функціонування системи та дії зовнішніх чинників, що впливають на її надійність та безпечну роботу.

Обґрунтовано ефективні рішення підземних інженерних споруд для боротьби з рідкими відходами, що за конструкцією являють собою непроникні резервуари, стінки яких виготовляються із одного чи кількох рядів ґрунтоцементних паль таким чином, щоб перерізи сусідніх паль частково накладалися у плані. Палі мають доходити вістрями до непроникних шарів глинистого ґрунту, які служать основою резервуара. Із ґрунту, вилученого із внутрішнього простору споруди, на поверхні влаштовується армована ґрунтоцементна плита після заповнення резервуара відходами

Для армування підземних ґрунтоцементних конструкцій сховищ рідких відходів можна застосовувати як окремі арматурні стержні чи зварні каркаси, так і сталевий прокатний профіль, армування арматурними каркасами є більш заощадливим з точки зору неперенасичення перерізу конструкції сталлю та не потребує додаткового анкерування арматури у ґрунтоцементі.

Механічні характеристики ґрунтоцементу, а саме: міцність та водонепроникність, створюють достатні передумови ефективного використання цього матеріалу для влаштування інженерних споруд для боротьби з рідкими відходами та надійного захисту навколишнього природного середовища. Бурозмішувальна технологія в свою чергу є ефективним технічним засобом улаштування таких конструкцій при порівняно невисокій вартості робіт (за рахунок використання місцевих матеріалів) й ефективній роботі конструкції.

Розроблено нову методику забезпечення сумісної роботи сталі та бетону за допомогою приклеювання акриловими полімерами різного складу свіжоукладеної бетонної суміші до металу в сталезалізобетонних конструкціях різного призначення. Згідно з експериментальними дослідженнями отримано дані про особливості роботи запроектованих сталезалізобетонних елементів та виявлені форми руйнування досліджуваних зразків відповідно до визначених критеріїв, які відповідають прийнятим передумовам розрахунку.
На підставі експериментально і теоретично отриманих схем руйнування адаптовано й удосконалено методики оцінювання міцності нормальних перерізів сталезалізобетонних конструкцій з клейовим з'єднанням сталі та бетону. Удосконалені методики розрахунку розв'язують завдання оцінювання міцності та напружено-деформованого стану нормальних перерізів згинальних і стиснутих сталезалізобетонних елементів з клейовим з'єднанням бетону й сталі, враховуючи при цьому їх багатошаровість та неоднорідність властивостей складових перерізу. Проектування і техніко-економічне порівняння дали можливість довести доцільність та ефективність використання запропонованої методики забезпечення сумісної роботи сталі і бетону в будівництві на прикладі монолітного перекриття по профільованому настилу багатоярусної автомобільної стоянки.