

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»

Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці

Практична робота № 2
з курсу: «*Основи Веб-програмування*»

Виконав:

студентка 2-го курсу,
групи ТВ-31

Ященко Анастасія Антонівна

Посилання на GitHub репозиторій:

https://github.com/Yashchen/PW2TB-31_Yashchenko_Anastasiia_Antonivna

Перевірив:

Недашківський О.Л.

Київ 2024/2025

Практична робота № 2

1. Короткий теоретичний матеріал

Валовий викид j -ї забруднювальної речовини E_j , т, що надходить у атмосферу з димовими газами енергетичної установки за проміжок часу P , визначається як сума валових викидів цієї речовини під час спалювання різних видів палива, у тому числі під час їх одночасного спільного спалювання:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r)_i,$$

де: E_{ji} – валовий викид j -ї забруднювальної речовини під час спалювання i -го палива за проміжок часу P , т;

k_{ji} – показник емісії j -ї забруднювальної речовини для i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива за проміжок часу P , т;

$(Q_i^r)_i$ – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг.

Показник емісії речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (далі – твердих частинок) визначається як специфічний і розраховується за формулами:

$$k_{\text{тв}} = \frac{10^6}{Q_i^r} a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} (1 - \eta_{\text{зу}}) + k_{\text{твS}},$$

$$k_{\text{тв}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \left(a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100} + \frac{q_4}{100} \cdot \frac{Q_i^r}{Q_c} \right) (1 - \eta_{\text{зу}}) + k_{\text{твS}},$$

де:

$k_{\text{тв}}$ – показник емісії твердих частинок, г/ГДж;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;

$a_{\text{вин}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи;

Q_c – теплота згоряння вуглецю до CO_2 , яка дорівнює 32,68 МДж/кг;

q_4 – втрати тепла, пов'язані з механічним недопалом палива, %;

$\eta_{\text{зу}}$ – ефективність очищення димових газів від твердих частинок;

$\Gamma_{\text{вин}}$ – масовий вміст горючих речовин у викидах твердих частинок, %;

$k_{\text{твS}}$ – показник емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки і твердих частинок сорбенту, г/ГДж.

Зола палива виходить з енергетичної установки у вигляді леткої золи (виносу) та або донної золи (шлаку). Частка золи, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді леткої золи, авин залежить від технології спалювання палива і визначається за даними останніх випробувань енергетичної установки, а за їх відсутності – за паспортними даними.

Значення ефективності очищення димових газів від твердих частинок $\eta_{\text{зу}}$ визначається за результатами останніх випробувань золоуловлювальної установки або за її паспортними даними. Ефективність золоуловлювальної установки визначається як різниця між одиницею та відношенням масових концентрацій твердих частинок після і до золоуловлювальної установки.

При використанні сорбенту для зв'язування оксидів сірки в топці котла (наприклад, за технологіями спалювання палива в киплячому шарі) чи при застосуванні технологій сухого або напівсухого зв'язування сірки утворюються тверді частинки сульфату та сульфіту і невикористаного сорбенту. Показник емісії твердих частинок невикористаного в енергетичній установці сорбенту та утворених сульфатів і сульфітів $k_{\text{твS}}$, г/ГДж, розраховується за формулою:

$$k_{\text{твS}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{S_r}{100} \left[\eta_I \frac{\mu_{\text{прод}}}{\mu_s} + (m - \eta_I) \frac{\mu_{\text{сорб}}}{\mu_s} \right] a_{\text{вин}} (1 - \eta_{\text{зу}}),$$

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

S_r – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

$a_{\text{вин}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи;

$\mu_{\text{прод}}$ – молекулярна маса твердого продукту взаємодії сорбенту та оксидів сірки, кг/кмоль;

$\mu_{\text{сорб}}$ – молекулярна маса сорбенту, кг/кмоль;

μ_s – молекулярна маса сірки, яка дорівнює 32 кг/кмоль;

m – мольне відношення активного хімічного елементу сорбенту та сірки;

η_I – ефективність зв'язування сірки сорбентом у топці або при застосуванні сухих та напівсухих методів десульфуризації димових газів;

$\eta_{\text{зу}}$ – ефективність очистки димових газів від твердих частинок.

При спалюванні природного газу тверді частинки відсутні. Тоді:

- показник емісії твердих частинок при спалюванні природного газу становитиме:

Поміркуйте і дайте відповідь!

- валовий викид (див. формулу (2,1)) при спалюванні природного газу становитиме:

Поміркуйте і дайте відповідь!

Згідно з умовами задачі, при спалюванні природного газу утворення твердих частинок не відбувається. Це означає, що показник емісії твердих частинок $E_{j,k}$ для природного газу дорівнює нулю.

Відповідно, якщо підставити це значення у формулу для обчислення валового викиду, отримаємо:

$$E_j = 10^{-6} \cdot 0 \cdot V_i \cdot (Q_i^r) = 0$$

Тобто, валовий викид твердих частинок при спалюванні природного газу дорівнює нуль.

2. Опис програмної реалізації з необхідними поясненнями та скріншотами програмного коду;

2.1 Завдання 1

Текст

Написати веб калькулятор для розрахунку валових викидів шкідливих речовин у вигляді суспендованих твердих частинок при спалювання вугілля, мазуту та природного газу якщо розглядається:

Енергоблок з котлом, призначеним для факельного спалювання вугілля з високим вмістом летких, типу газового або довгополуменового, з рідким шлаковидаленням. Номінальна паропродуктивність котла енергоблока становить 950 т/год, а середня фактична паропродуктивність – 760 т/год. На ньому застосовується ступенева подача повітря та рециркуляція димових газів. Пароперегрівачі котла очищуються при зупинці блока. Для уловлювання твердих частинок використовується електростатичний фільтр типу ЕГА з ефективністю золовловлення 0,985. Установки для очищення димових газів від оксидів азоту та сірки відсутні. За звітний період використовувалось таке паливо:

- донецьке газове вугілля марки ГР – 412407,75 т;

- високосірчистий мазут марки 40 – 175657,21 т;
- природний газ із газопроводу Уренгой-Ужгород – 195337,23 тис. м³

За даними елементного та технічного аналізу склад робочої маси вугілля наступний, %:

- вуглець (C^r) – 52,49;
- водень (H^r) – 3,50;
- кисень (O^r) – 4,99;
- азот (N^r) – 0,97;
- сірка (S^r) – 2,85;
- зола (A^r) – 25,20;
- волога (W^r) – 10,00;
- леткі речовини (V^r) – 25,92.

Нижча теплота згоряння робочої маси вугілля становить 20,47 МДж/кг.

Технічний аналіз уловленої золи та шлаку показав, що масовий вміст горючих речовин у леткій золі Гвин дорівнює 1,5 %, а в шлаці Гшл – 0,5 %.

За даними таблиці А.3 (додаток А) склад горючої маси мазуту наступний, %:

- вуглець – 85,50;
- водень – 11,20;
- кисень та азот – 0,80;
- сірка – 2,50;
- нижча теплота згоряння горючої маси мазуту дорівнює 40,40 МДж/кг;
- вологість робочої маси палива – 2,00 %;
- зольність сухої маси – 0,15 %;
- вміст ванадію (V) – 333,3 мг/кг (= 22220,15).

За даними таблиці А.3 (додаток А) об'ємний склад сухої маси природного газу становить, %:

- метан (CH₄) – 98,90;
- етан (C₂H₆) – 0,12;
- пропан (C₃H₈) – 0,011;
- бутан (C₄H₁₀) – 0,01;
- вуглекислий газ (CO₂) – 0,06;
- азот (N₂) – 0,90;
- об'ємна нижча теплота згоряння газу дорівнює 33,08 МДж/м³;

- густина – 0,723 кг/м³ при нормальних умовах.

Опис реалізації

У кодї реалізовано веб-інтерфейс, який складається з HTML-сторінки із полями для введення даних, кожне з яких має унікальний ідентифікатор (id) для подальшого зчитування значень у скрипті. Для відображення результатів обчислень використовується окремий контейнер на сторінці. Оформлення зовнішнього вигляду інтерфейсу винесено в окремий файл стилів — **style.css**.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="uk">
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <title>Калькулятор валових викидів</title>
6   <link rel="stylesheet" href="style.css">
7 </head>
8 <body>
9   <div class="container">
10    <h1>Калькулятор валових викидів твердих частинок</h1>
11
12    <label for="coal">Донецьке газове вугілля (т):</label>
13    <input type="number" id="coal" placeholder="Введіть масу вугілля" step="any">
14
15    <label for="mazut">Мазут марки 40 (т):</label>
16    <input type="number" id="mazut" placeholder="Введіть масу мазуту" step="any">
17
18    <label for="gas">Природний газ (тис. м³):</label>
19    <input type="number" id="gas" placeholder="Введіть об'єм газу" step="any">
20
21    <button onclick="calculateEmissions()">Розрахувати</button>
22
23    <div id="result"></div>
24  </div>
25
26  <script src="script.js"></script>
27 </body>
28 </html>
```

Рисунок 2.1.1 - Код сторінки калькулятора

При натисненні на кнопку “Розрахувати” виконується функція `calculateEmissions`. Розглянемо функцію ближче.

```
function calculateEmissions() {
  const coalMass = parseFloat(document.getElementById("coal").value);
  const mazutMass = parseFloat(document.getElementById("mazut").value);
  const gasVolume = parseFloat(document.getElementById("gas").value);
```

Рисунок 2.1.2 - Отримання даних з полів вводу

```
const Gvin = 0.015;    // 1.5%
const Gshl = 0.005;    // 0.5%
const efficiency = 0.985;
```

Рисунок 2.1.3 - Дані, потрібні для обрахунку

```
const kCoal = ((1 - Gvin - Gshl) * (1 - efficiency) * 1e6) / Qcoal;
const kMazut = ((1 - efficiency) * 1e6) / Qmazut;
const kGas = 0; // Газ не утворює твердих частинок
```

Рисунок 2.1.4 - Обрахунки

```
const ECoal = kCoal * coalMass * 1e-6;
const EMazut = kMazut * mazutMass * 1e-6;
const EGas = kGas * gasVolume * 1e-3; // тис. м3 → м3
```

```
let resultText = `
  <p><strong>Результати розрахунку:</strong></p>
  <p>1. Показник емісії твердих частинок при спалюванні вугілля: ${kCoal.toFixed(2)} м³/ГДж</p>
  <p>2. Валовий викид при спалюванні вугілля: ${ECoal.toFixed(2)} т</p>
  <p>3. Показник емісії твердих частинок при спалюванні мазуту: ${kMazut.toFixed(2)} м³/ГДж</p>
  <p>4. Валовий викид при спалюванні мазуту: ${EMazut.toFixed(2)} т</p>
  <p>5. Показник емісії твердих частинок при спалюванні природного газу: ${kGas.toFixed(2)} м³/ГДж</p>
  <p>6. Валовий викид при спалюванні природного газу: ${EGas.toFixed(2)} т</p>
`;

document.getElementById("result").innerHTML = resultText;
```

Рисунок 2.1.5 - Заповнення контейнеру результатами після обчислення

Результат виконання для варіанту 1

Калькулятор валових викидів
твердих частинок

Донецьке газове вугілля (т):

970232,74

Мазут марки 40 (т):

79458,40

Природний газ (тис. м³):

94085,82

Розрахувати

Рисунок 2.1.6 - Введення даних для розрахунку

Результати розрахунку:

1. Показник емісії твердих частинок при спалюванні вугілля: 718.12 г/ГДж
2. Валовий викид при спалюванні вугілля: 696.75 т
3. Показник емісії твердих частинок при спалюванні мазуту: 371.29 г/ГДж
4. Валовий викид при спалюванні мазуту: 29.50 т
5. Показник емісії твердих частинок при спалюванні природного газу: 0.00 г/ГДж
6. Валовий викид при спалюванні природного газу: 0.00 т

Рисунок 2.1.7 - Результати розрахунку

Висновок

У результаті виконання практичної роботи №2 я ознайомила з основними аспектами розрахунку викидів твердих частинок під час спалювання різних видів палива. Було розглянуто, як склад палива, зокрема вміст леткої золи та шлаку, впливає на обсяг викидів. Я виконала розрахунки показників емісії для вугілля, мазуту та природного газу, а також визначила загальний викид твердих частинок для кожного виду палива. Крім того, враховано ефективність системи уловлювання золи, що допомагає знижувати рівень емісій. Використання програмного забезпечення для автоматизації розрахунків дозволило отримати точні результати та значно спростити весь процес аналізу. Завдяки цьому я здобула цінні навички у розрахунку емісії твердих частинок та змогла оцінити їхній вплив на енергетичну ефективність у промисловому середовищі.