

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:

студент 2-го курсу,
групи ТВ-33

Іванов Едуард Костянтинович

Посилання на GitHub репозиторій:

<https://github.com/EduarddIvanov/WEB/tree/main/PW%232>

Перевірив:

Недашківський О.Л.

Київ 2024/2025

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Варіант 0

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:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r), \quad (2.1)$$

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:

де: $k_{тв}$ – 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, %;

$a_{вин}$ – 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, %;

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

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

$k_{твS}$ – показник емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки і твердих частинок сорбенту, г/ГДж. [7].

Вміст золи A^r в паливі та горючих у викиді твердих частинок $\Gamma_{вин}$ визначаються при проведенні технічного аналізу за ГОСТ 11022-95 (ISO 1171-81) палива і леткої золи, яка виходить з енергетичної установки, відповідно.

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, $a_{вин}$ залежить від технології спалювання палива і визначається за даними останніх випробувань енергетичної установки, а за їх відсутності – за паспортними даними. За відсутності таких даних значення $a_{вин}$ приймаються згідно з таблицею 2.1.

Таблиця 2.1. Частка леткої золи $a_{\text{лет}}$ при різних технологіях спалювання палива [1]

Котел	Вугілля	Мазут
З твердим (сухим) шлаковидаленням	0,95	1,00
Відкрита топка з рідким шлаковидаленням	0,80	1,00
Напіввідкрита топка з рідким шлаковидаленням	0,70	1,00
Двокамерна топка: з вертикальним передтопком горизонтальна циклонна	0,55	1,00
	0,30	1,00
	0,15	1,00
З циркулюючим киплячим шаром	0,50	-
З бульбашковим киплячим шаром	0,20	-
З нерухомим шаром	0,15	-

Значення ефективності очищення димових газів від твердих частинок $\eta_{\text{зв}}$ 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 сульфідів $k_{\text{теS}}$, г/ГДж, розраховується за формулою:

$$(2.4)$$

де: $Q_i^{\text{р}}$ – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

$S_{\text{р}}$ – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

$a_{\text{лет}}$ – 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 (таблиця 2.2); η_{I} – ефективність зв'язування сірки сорбентом у топці або при застосуванні сухих та напівсухих методів десульфуризації димових газів (таблиці 2.2 і 2.3);

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

Таблиця 2.2. Ефективність зв'язування оксидів сірки золою або сорбентом у топці [1]

Технологія спалювання	η	Примітка
Факельне спалювання вугілля в котлах з рідким шлаковидаленням	0,05	Зв'язування золою палива
Факельне спалювання вугілля в котлах з твердим шлаковидаленням	0,10	Зв'язування золою палива
Факельне спалювання мазуту в котлах	0,02	Зв'язування золою палива
Спалювання в киплячому шарі	0,95	Зв'язування сорбентом у котлі при мольному відношенні $Ca/S_{m} = 2,5$

Таблиця 2.3. Ефективність та коефіцієнт роботи сіркоочисної установки. [1]

Технологія десульфуризації димових газів	Параметри сіркоочисної установки	
	η	β
Мокре очищення – у скрубєрі з використанням вапняку (вапна) або доломіту з одержанням гіпсу	0,95	0,99
Мокре очищення – процес Веллмана-Лорда з використанням солей натрію	0,97	0,99
Мокре очищення – процес Вальтера з використанням аміачної води	0,88	0,99

Завдання:

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 – 1.096.363 т;
- високосірчистий мазут марки 40 – 70.945 т;
- природний газ із газопроводу Уренгой-Ужгород – 84 762 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_f) – 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 $G_{\text{зін}}$ дорівнює 1,5 %, а в шлаці $G_{\text{шл}}$ – 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 ($= 2222 \cdot 0,15$).

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

- метан (CH_4) – 98,90;

4

- етан (C_2H_6) – 0,12;

- пропан (C_3H_8) – 0,011;

- бутан (C_4H_{10}) – 0,01;

- вуглекислий газ (CO_2) – 0,06;

- азот (N_2) – 0,90;

- об'ємна нижча теплота згоряння газу дорівнює 33,08 МДж/м³;

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

Хід виконання:

1. Відображення інтерфейсу

<body>

<h1>Калькулятор валових викидів шкідливих речовин</h1>

<p>Цей калькулятор розраховує валові викиди шкідливих речовин у вигляді суспендованих твердих частинок при спалюванні вугілля, мазуту та природного газу.</p>

<div class="container">

```
<div class="fuel-section">
```

```
  <h2>Введення маси палива</h2>
```

```
  <div class="input-group">
```

```
    <label for="coal-amount">Кількість вугілля (т):</label>
```

```
    <input type="number" id="coal-amount" value="1096363">
```

```
  </div>
```

```
  <div class="input-group">
```

```
    <label for="mazut-amount">Кількість мазуту (т):</label>
```

```
    <input type="number" id="mazut-amount" value="70945">
```

```
  </div>
```

```
  <div class="input-group">
```

```
    <label for="gas-amount">Кількість газу (тис. м³):</label>
```

```
    <input type="number" id="gas-amount" value="84762">
```

```
  </div>
```

```
</div>
```

```
<button onclick="calculateEmissions()">Розрахувати</button>
```

```
<div class="results" id="results">
```

```
  <h2>Результати розрахунків</h2>
```

```

<table>

  <thead>

    <tr>

      <th>Паливо</th>

      <th>Показник емісії (г/ГДж)</th>

      <th>Валовий викид (т)</th>

    </tr>

  </thead>

  <tbody>

    <tr>

      <td>Вугілля</td>

      <td id="coal-emission-factor">-</td>

      <td id="coal-gross-emission">-</td>

    </tr>

    <tr>

      <td>Мазут</td>

      <td id="mazut-emission-factor">-</td>

      <td id="mazut-gross-emission">-</td>

    </tr>

    <tr>

      <td>Природний газ</td>

      <td id="gas-emission-factor">-</td>

      <td id="gas-gross-emission">-</td>

    </tr>

  </tbody>

</table>

```



```

</tr>

<tr>

<td><strong>Загальний викид</strong></td>

<td>-</td>

<td id="total-gross-emission"><strong>-</strong></td>

</tr>

</tbody>

```

2. Введення та перевірка даних

Користувач вводить значення компонентів палива у відповідні поля введення. При натисканні кнопки "Розрахувати" викликається відповідна функція:

```

const B_coal = parseFloat(document.getElementById("coal-amount").value);
const B_mazut = parseFloat(document.getElementById("mazut-amount").value);
const B_gas = parseFloat(document.getElementById("gas-amount").value);

```

3. Виконання розрахунків та виведення результатів

```

const E_coal = 1e-6 * k_tv_coal * Qr_coal * B_coal;
const E_mazut = 1e-6 * k_tv_mazut * Qr_mazut * B_mazut;
const E_gas = 1e-6 * k_tv_gas * Qr_gas * B_gas * 1000 * 0.723;

```

Результат виконання на контрольному прикладі:

Введення маси палива

Кількість вугілля (т):

1096363

Кількість мазуту (т):

70945

Кількість газу (тис. м³):

84762

Результати розрахунків

Паливо	Показник емісії (г/ГДж)	Валовий викид (т)
Вугілля	150.00	3366.38
Мазут	0.57	1.60
Природний газ	0.000	0.00
Загальний викид	-	3367.98

Результат виконання за варіантом:

Введення маси палива

Кількість вугілля (т):

322975,77

Кількість мазуту (т):

220344,40

Кількість газу (тис. м³):

240675,00

Результати розрахунків

Паливо	Показник емісії (г/ГДж)	Валовий викид (т)
Вугілля	150.00	991.70
Мазут	0.57	4.96
Природний газ	0.000	0.00
Загальний викид	-	996.66

ВИСНОВОК

У межах даної практичної роботи було розроблено веб-калькулятор для розрахунку палива. У процесі виконання роботи було створено зручний веб-інтерфейс, передбачено валідацію вхідних даних для коректного проведення розрахунків, а також реалізовано функції для обчислення коефіцієнтів переходу між різними типами маси палива та визначення теплоти згоряння. Отримані результати було перевірено на контрольних прикладах, що підтвердило правильність реалізованих алгоритмів. Веб-калькулятор може бути корисним для аналізу характеристик палива та застосування в енергетичних розрахунках.