

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

Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці

Практична робота № 1  
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%231>

**Перевірив:**

Недашківський О.Л.

Київ 2024/2025

## Варіант 0

### Теоретичний матеріал

**Паливом** називають складні органічні сполуки, при згоранні яких виділяється значна кількість енергії. За фізичним станом паливо розподіляють на рідке, тверде та газоподібне. До твердого палива відносять дрова, торф, вугілля, сланці, до рідкого - продукти переробки нафти: бензин, керосин; до газоподібного - природний та штучний газ. За способом одержання паливо розрізняють штучне та натуральне. Натуральне паливо зустрічається в природі у готовому для використання вигляді (дрова, торф, природний газ тощо). Штучне паливо отримують в результаті фізико-хімічних процесів, які здійснюються в промисловому виробництві (коксування кам'яного вугілля, крекінг нафти). Важливими характеристиками палива є: склад, теплота згорання, температура запалювання, вологість [5].

Елементарний склад твердого та рідкого палива можна визначити таким рівнянням. Хімічний аналіз палива показує, що воно складається з семи компонентів і його елементарний склад можна виразити формулою:

$$C^P + H^P + S^P + O^P + N^P + A + W = 100\% (1.1)$$

де: С - вуглець; Н - водень; S - сірка; N - азот; О - кисень; W - волога; А - зола. Індекс «Р» означає робоче паливо, тобто паливо в тому вигляді, в якому воно поступає до топки.

Склад палива називають елементарним, тому що воно складається із окремих, не сполучених між собою елементів. Частина елементів палива є горючим, частина - баластним. Найбільш цінними складовими палива є вуглець і водень, так як разом з частиною сірки вони є горючими елементами. Кисень служить окислювачем, знаходиться в з'єднанні з горючими елементами палива і тому зменшує його теплоту згорання. Азот палива є його інертною складовою, тому його включають в баласт.

Сірка може бути розділена на горючу і негорючу та відноситься до шкідливих складових палива з наступних причин. При горінні палива з сіркою виходить двоокис сірки SO<sub>2</sub>, частина якої окислюється, утворюючи вищий оксид SO<sub>3</sub>. При цьому в продуктах згорання завжди є пари води, які утворюють з парами SO<sub>3</sub> пари

сірчаної кислоти  $H_2SO_4$ .

**Зола** палива складається з елементів, що утворюють негорючі мінеральні сполуки і золю прийнято вважати залишок, що утворився від прожарювання палива при  $800^\circ C$ . **Волога** палива є небажаною домішкою, тому що не тільки зменшується вміст горючих елементів, але і на її пароутворення (яке обов'язково відбувається) витрачається частина теплоти згорання палива. Від вологи паливо звільняється при сушінні з температурою, що трохи перевищує  $100^\circ C$  [5].

Складові та характеристики палива можуть бути перераховані на **робочу (raw), суху (dry) масу** (коли в паливі відсутня волога), **суху беззолюну (dry ash-free)** або **горючу масу** (коли в паливі відсутня негорюча частина - зола та волога). У таблиці 1.1 наведено множники перерахунку масового вмісту складових палива на робочу, суху або горючу масу.

**Таблиця 1.1. Перерахунок масового вмісту складових палива**

Маса	Початкове значення маси		
	робочої	сухої	горючої
<b>Робоча</b>	1	$(100 - W^r)/100$	$(100 - W^r - A^r)/100$
<b>Суха</b>	$100/(100 - W^r)$	1	$(100 - A^d)/100$
<b>Горюча</b>	$100/(100 - W^r - A^r)$	$100/(100 - A^d)$	1

де:

$W^r$  - масовий вміст вологи в паливі на робочу масу, %;

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

$A^d$  - масовий вміст золи в паливі на суху масу, %.

Крім елементарного складу до найважливіших характеристик палива відноситься **теплота згорання (вища і нижча)**. Вища теплота згорання палива  $Q^p_B$  – це кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива за умови конденсації парів води, що утворюються при згорянні. У реальних умовах, наприклад при згорянні палива в котлі, намагаються не допускати конденсації водяної пари, щоб уникнути утворення агресивної сірчаної кислоти. Тому на практиці користуються поняттям нижчої теплоти згорання палива  $Q^p_H$ , що є кількістю теплоти, виділеної при повному згорянні палива за

вирахуванням теплоти конденсації водяної пари, що міститься в паливі. Теплота згорання різноманітних видів палива неоднакова, тому для співставлення різноманітних видів палива та вирішення питання про заміну одного виду палива іншим введено поняття «**умовне паливо**».

Умовним називають таке паливо, теплота якого при згоранні складає 29,3 Дж/кг. Нижча теплота згорання розраховується за формулою Менделєєва:

$$Q^P = 339C^P + 1030H^P - 108,8(\%O^P - \%S^P) - 25W^P, \text{ кДж/кг} \quad (1.2) \text{ н } 0$$

У таблиці 1.2 наведено формули перерахунку нижчої робочої теплоти згорання палива  $Q^r$  в нижчу суху теплоту згорання палива  $Q^d$  та нижчу горючу теплоту згорання палива  $Q^{daf}$  і

$i$

навпаки.

**Таблиця 1.2. Перерахунок теплоти згорання палива [1]**

Теплота згорання	Початкове значення маси		
	Робочої	Сухої	горючої
$Q_i^r$	1	$Q_i^d \frac{100 - W^r}{100} - 0,025W^r$	$Q_i^{daf} \frac{100 - W^r - A^r}{100} - 0,025W^r$
$Q_i^d$	$(Q_i^r + 0,025W^r) \frac{100}{100 - W^r}$	1	$Q_i^{daf} \frac{100 - A^d}{100}$
$Q_i^{daf}$	$(Q_i^r + 0,025W^r) \frac{100}{100 - W^r - A^r}$	$Q_i^d \frac{100}{100 - A^d}$	1

де:

$Q_i^r$  - нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг;

$Q_i^d$  - нижча суха теплота згорання палива, МДж/кг;

$Q_i^{daf}$  - нижча горюча теплота згорання палива, МДж/кг;

$W^r$  - масовий вміст води в паливі на робочу масу, %;

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

$A^d$  - масовий вміст золи в паливі на суху масу, %.

При неповному окисненні вуглецю палива в енергетичній установці величина  $Q_i^r$  фактично зменшується на величину енергії палива, що не

$$\text{догоріло, а саме: } Q_i^* = Q_i^r - Q_c(1 - \varepsilon_c) \quad (1.3)$$

де:

$Q_i^*$  - нижча теплота згоряння палива з урахуванням механічного недопалу, МДж/кг;  $Q_i^r$  - нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

$Q_c$  - теплота згоряння вуглецю, МДж/кг,  $Q_c = 32,657$  МДж/кг;

$\varepsilon_c$  - ступінь окислення вуглецю палива (формула (1.5).

Під час спалювання палива можливе його неповне згоряння, у першу чергу механічний недопал, внаслідок чого до викидів твердих частинок та шлаку потрапляють горючі речовини, головним чином вуглець.

Масовий вміст вуглецю  $C^{B3\Gamma}$ , який згоряє, у % на робочу масу, виражається через масовий вміст вуглецю в паливі  $C^r$  за формулою:

$$C^{B3\Gamma} = \varepsilon_c \cdot C^r, \quad (1.4)$$

де:

$\varepsilon_c$  - ступінь окислення вуглецю палива;

$C^r$  - масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %.

Ефективність процесу горіння визначає ступінь окислення вуглецю палива  $\varepsilon_c$ . При повному згорянні палива ступінь окислення дорівнює одиниці, але за наявності не догорання палива його значення зменшується. Ступінь окислення вуглецю палива  $\varepsilon_c$  в енергетичній установці розраховується за формулою:

$$\varepsilon_c = 1 - \frac{A^r}{C^r} \left( a_{вин} \frac{\Gamma_{вин}}{100 - \Gamma_{вин}} + (1 - a_{вин}) \frac{\Gamma_{шл}}{100 - \Gamma_{шл}} \right) \quad (1.5)$$

де:

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

$C^r$  - масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %;

$a_{вин}$  - частка золи, яка видаляється у вигляді легкої золи;

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

$\Gamma_{шл}$  - масовий вміст горючих речовин у шлаку, %.

Для природного газу рекомендоване значення  $\epsilon_c$  становить 0,995, для мазуту - 0,99. Вміст золи  $A'$  в паливі та горючих речовин у шлаку  $G_{шл}$  і викидах твердих частинок  $G_{вин}$  визначається технічним аналізом палива (ГОСТ 27313—95), а також обсягом шлаку та твердих частинок, які виходять з енергетичної установки.

Частка золи  $a_{вин}$ , яка виноситься з енергетичної установки у вигляді леткої золи, залежить від технології спалювання палива. Вона визначається для енергетичної установки за паспортними даними та при проведенні її випробувань.

Також, до важливих характеристик відносяться: **в'язкість; температура застигання, спалаху і займання палива**. В'язкістю називається здатність рідини чинити опір здвигаючим зусиллям, тобто чим більше в'язкість рідини, тим вона менш текуча. В'язкість частіше вимірюється в градусах «в'язкості умовної» (ВУ) - це відношення часу витікання 200 мл випробовуваної рідини через калібрований отвір діаметром 2,8 мм до часу витікання через той же отвір такого ж кількості води при температурі 20° С.

Температура застигання - температура, при якій паливо перестає текти. Для суднових палив діапазон температур застигання становить від -11°С до +36°С, що пояснюється різним вмістом парафінів. Температура спалаху - це мінімальна температура при якій пари рідкого палива спалахують при піднесенні відкритого полум'я, але саме паливо не запалюється. Температурою займання називається температура, при якій після спалаху паливо спалахує з поверхні, і горіння триває не менше 5 сек. Процес горіння палива оснований на хімічній реакції сполучення кисню повітря з горючими елементами палива. Внаслідок процесу горіння створюються нові продукти, які називаються продуктами згоряння. Необхідною умовою горіння є нагрівання палива до температури загоряння.

## Завдання:

1. Написати веб калькулятор для розрахунку складу сухої та горючої маси палива та нижчої теплоти згоряння для робочої, сухої та горючої маси за заданим складом компонентів палива, що задаються у вигляді значень окремих компонентів типу:  $H^P$ , %;  $C^P$ , %;  $S^P$ , %;  $N^P$ , %;  $O^P$ , %;  $W^P$ , %;  $A^P$ , % .

2. Написати веб калькулятор для перерахунку елементарного складу та нижчої теплоти згоряння мазуту на робочу масу для складу горючої маси мазуту, що задається наступними параметрами: вуглець, %; водень, %; кисень, %; сірка, %; нижча теплота згоряння горючої маси мазуту, МДж/кг; вологість робочої маси палива, %; зольність сухої маси, %; вміст ванадію (V), мг/кг.

### Хід виконання:

#### 1. Відображення інтерфейсу

При відкритті сторінки користувач бачить вкладки для перемикання між двома калькуляторами. За замовчуванням активним є перший калькулятор, а другий прихований. Перемикання між калькуляторами здійснюється за допомогою функції `showTab(tabId)`, яка приховує всі блоки з калькуляторами, а потім відображає вибраний калькулятор та активує відповідну вкладку:

```
function showTab(tabId) {  
    document.querySelectorAll('.calculator').forEach(calc => calc.style.display = 'none');  
    document.querySelectorAll('.tab-btn').forEach(btn => btn.classList.remove('active'));  
    document.getElementById(tabId).style.display = 'block';  
    document.querySelector(`button[onclick="showTab('${tabId}')"]`).classList.add('active');  
}
```

#### 2. Введення та перевірка даних

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

```
const hp = parseFloat(document.getElementById('hp').value);  
const cp = parseFloat(document.getElementById('cp').value);  
const sp = parseFloat(document.getElementById('sp').value);  
const np = parseFloat(document.getElementById('np').value);  
const op = parseFloat(document.getElementById('op').value);  
const wp = parseFloat(document.getElementById('wp').value);  
const ap = parseFloat(document.getElementById('ap').value);
```

Функції `calculate1()` та `calculate2()` спочатку зчитують введені значення,

конвертують їх у числа та перевіряють, чи їхня сума дорівнює 100%. Якщо введені дані некоректні, відображається повідомлення про помилку.

### 3. Виконання розрахунків та виведення результатів

Якщо введені дані правильні, виконується обчислення коефіцієнтів переходу до сухої та горючої маси, визначення складу цих мас та розрахунок нижчої теплоти згоряння за формулою:

```
const qpn = 339 * cp + 1030 * hp - 108.8 * (op - sp) - 25 * wp;
```

Аналогічно, у calculate2() розраховується склад робочої маси мазуту з урахуванням вологості та зольності, а також визначається теплота згоряння.

## Завдання 1:

При завантаженні сторінки index.html користувач бачить форму для введення даних про склад палива. Введені значення передаються до файлу calculator.js, який обробляє їх та викликає функції з functions.js для розрахунку результатів. Взаємодія відбувається через подію натискання кнопки "Розрахувати".

### 2. Введення та перевірка даних

Користувач вводить значення масових часток елементів палива у форму. Після натискання кнопки calculator.js отримує введені дані та перевіряє їх коректність. Наприклад, перевіряється, чи сума компонентів дорівнює 100%.

```
const total = hp + cp + sp + np + op + wp + ap;  
if (Math.abs(total - 100) > 0.1) {  
    document.getElementById('error1').textContent = 'Сума всіх компонентів повинна дорівнювати 100%';  
    document.getElementById('error1').style.display = 'block';  
    document.getElementById('results1').style.display = 'none';  
    return;  
}
```

### 3. Виконання розрахунків та виведення результатів

Файл functions.js містить математичні функції для розрахунків. Спочатку обчислюються коефіцієнти переходу від робочої маси до сухої та горючої:



```
const kpc = 100 / (100 - wp);  
const kpg = 100 / (100 - wp - ap);
```

Далі, використовуючи отримані коефіцієнти, розраховується склад сухої маси:

```
const hc = hp * kpc;  
const cc = cp * kpc;  
const sc = sp * kpc;  
const nc = np * kpc;  
const oc = op * kpc;  
const ac = ap * kpc;  
  
const hg = hp * kpg;  
const cg = cp * kpg;  
const sg = sp * kpg;  
const ng = np * kpg;  
const og = op * kpg;
```

Результати обчислень повертаються до `calculator.js`, де вони додаються у HTML-документ.

**Результат виконання на контрольному прикладі:**

Завдання 1

Завдання 2

# Калькулятор складу палива

## Вхідні дані (робоча маса)

H<sup>P</sup>, %

C<sup>P</sup>, %

S<sup>P</sup>, %

N<sup>P</sup>, %

O<sup>P</sup>, %

W<sup>P</sup>, %

A<sup>P</sup>, %

Розрахувати

## Результати розрахунку:

Коефіцієнт переходу від робочої до сухої маси: 2.13

Коефіцієнт переходу від робочої до горючої маси: 3.04

Склад сухої маси:

**Склад сухої маси:**

$$H^C = 4.04\%$$

$$C^C = 44.89\%$$

$$S^C = 5.53\%$$

$$N^C = 0.43\%$$

$$O^C = 15.11\%$$

$$A^C = 30.00\%$$

**Склад горючої маси:**

$$H^{\Gamma} = 5.78\%$$

$$C^{\Gamma} = 64.13\%$$

$$S^{\Gamma} = 7.90\%$$

$$N^{\Gamma} = 0.61\%$$

$$O^{\Gamma} = 21.58\%$$

**Теплота згоряння:**

$$Q^P_H = 7.2953 \text{ МДж/кг}$$

$$Q^C_H = 18.34 \text{ МДж/кг}$$

$$Q^{\Gamma}_H = 26.2 \text{ МДж/кг}$$

$$H^C + C^C + S^C + N^C + O^C + A^C = 4,04 + 44,94 + 5,54 + 0,426 + 15,12 + 30 = 100\%$$

$$H^{\Gamma} + C^{\Gamma} + S^{\Gamma} + N^{\Gamma} + O^{\Gamma} + A^{\Gamma} = 5,78 + 64,14 + 7,9 + 0,608 + 21,58 = 100\%$$

Результат виконання за варіантом:

Завдання 1

Завдання 2

## Калькулятор складу палива

### Вхідні дані (робоча маса)

H<sup>P</sup>, %

C<sup>P</sup>, %

S<sup>P</sup>, %

N<sup>P</sup>, %

O<sup>P</sup>, %

W<sup>P</sup>, %

A<sup>P</sup>, %

### Результати розрахунку:

Коефіцієнт переходу від робочої до сухої маси: 1.25

Коефіцієнт переходу від робочої до горючої маси: 1.56

**Склад сухої маси:**

$$H^C = 4.00\%$$

$$C^C = 68.00\%$$

$$S^C = 2.88\%$$

$$N^C = 1.25\%$$

$$O^C = 3.88\%$$

$$A^C = 20.00\%$$

**Склад горючої маси:**

$$H^{\Gamma} = 5.00\%$$

$$C^{\Gamma} = 85.00\%$$

$$S^{\Gamma} = 3.59\%$$

$$N^{\Gamma} = 1.56\%$$

$$O^{\Gamma} = 4.84\%$$

**Теплота згоряння:**

$$Q^P_H = 21.1506 \text{ МДж/кг}$$

$$Q^C_H = 27.06 \text{ МДж/кг}$$

$$Q^{\Gamma}_H = 33.83 \text{ МДж/кг}$$

**Завдання 2:**

## 1. Введення та перевірка даних

Користувач вводить складові мазуту (вуглець, водень, кисень, сірка), а також значення вологості, зольності та теплоти згоряння. Дані перевіряються на коректність:

```
if ([cg, hg, og, sg, qdaf, wr, ad, v].some(isNaN)) {  
    document.getElementById('error2').textContent = 'Будь ласка, заповніть всі поля коректними числовими значеннями';  
    document.getElementById('error2').style.display = 'block';  
    document.getElementById('results2').style.display = 'none';  
    return;  
}  
  
const total = cg + hg + og + sg;  
if (Math.abs(total - 100) > 0.1) {  
    document.getElementById('error2').textContent = 'Сума компонентів горючої маси повинна дорівнювати 100%';  
    document.getElementById('error2').style.display = 'block';  
    document.getElementById('results2').style.display = 'none';  
    return;  
}
```

## 2. Виконання розрахунків та виведення результатів

Спочатку розраховується склад робочої маси мазуту з урахуванням вологості та зольності:

```
const k = (100 - wr - ad) / 100;  
  
const cr = cg * k;  
const hr = hg * k;  
const or = og * k;  
const sr = sg * k;  
const ar = ad * (100 - wr) / 100;  
const vr = v * (100 - wr) / 100;  
  
const qr = qdaf * (100 - wr - ar) / 100;
```

**Результат виконання на контрольному прикладі:**

# Калькулятор для перерахунку складу мазуту

## Вхідні дані (горюча маса)

Вуглець, %	<input type="text" value="85,5"/>
Водень, %	<input type="text" value="11,2"/>
Кисень, %	<input type="text" value="0,8"/>
Сірка, %	<input type="text" value="2,5"/>
$Q_{\text{daf}}$ , МДж/кг	<input type="text" value="40,40"/>
Вологість робочої маси, %	<input type="text" value="2"/>
Зольність сухої маси, %	<input type="text" value="0,15"/>
Вміст ванадію, мг/кг	<input type="text" value="333,3"/>
<input type="button" value="Розрахувати"/>	

## Результати розрахунку:

### Склад робочої маси мазуту:

$$H^P = 10.96\%$$

$$C^P = 83.66\%$$

$$S^P = 2.45\%$$

$$O^P = 0.78\%$$

$$A^P = 0.15\%$$

$$V^P = 326.63 \text{ мг/кг}$$

### Теплота згоряння:

$$Q_H^P = 39.53 \text{ МДж/кг}$$

## ВИСНОВОК

У межах даної практичної роботи було розроблено веб-калькулятор для розрахунку складу сухої та горючої маси палива, а також нижчої теплоти згоряння для робочої, сухої та горючої мас. Реалізовано два окремі калькулятори: один для загального складу палива, а другий - для перерахунку характеристик мазуту. У процесі виконання роботи було створено зручний веб-інтерфейс з можливістю перемикання між калькуляторами, 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

прикладів, що підтвердило правильність реалізованих алгоритмів.

Веб-калькулятор може бути корисним для аналізу характеристик палива та застосування в енергетичних розрахунках.