ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ, ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ЕКВІВАЛЕНТІВ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 7

МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з видами та класифікацією паливно-енергетичних ресурсів. Засвоїти критерії кількісної та якісної оцінки енергоносіїв. Засвоїти методики перерахунку енергетичних одиниць для різних видів паливно-енергетичних ресурсів. Засвоїти методику екологічної ефективності заміщення енергоносіїв та економічної оцінки.

1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи (Додаток А)

Вивчити:

- види та класифікацію паливно-енергетичних ресурсів [1, 2];
- критерії кількісної та якісної оцінки енергоносіїв [3, 4].

1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Які ви знаєте види паливно-енергетичних ресурсів?

1.2.2 Надати класифікацію паливно-енергетичних ресурсів.

1.2.3 Які види джерел називаються нетрадиційними та поновлюваними?

1.2.4 До яких видів джерел відноситься біогаз?

1.2.5 Чому одиниця умовного палива при виробництві електроенергії відрізняється від одиниці умовного палива виробництва теплоти?

1.3 Рекомендована література

1 Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. - 984 с.

2 Маляренко В.А. Введение в инженерную экологию енергетики / В.А. Маляренко. – Харьков: Издательство САГА, 2008. - 185 с.

3 Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище / В.А. Маляренко. – Харків: Издательство САГА, 2008. - 320 с.

4 Методичні вказівки до практичної роботи №1 «Визначення енергетичних, економічних та екологічних еквівалентів паливно-енергетичних ресурсів» / Кафедра ТСТТ: ТДАТУ – Мелітополь, 2013.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

Виконуючи роботу, студенту необхідно засвоїти методики перерахунку енергетичних одиниць для різних видів паливно-енергетичних ресурсів; екологічної ефективності заміщення енергоносіїв та економічної оцінки. Виконати розрахунково-дослідне завдання роботи.

Скласти звіт та захистити роботу.

2.2 Оснащення робочого місця

2.2.1 Каталоги, нормативні документи.
2.2.2 Калькулятор.
2.2.3 Методичні вказівки.

2.3 Теоретичні відомості

2.3.1 Загальні положення.

Стала тенденція до розширення енергетичної бази за рахунок використання нових видів палива, паливних сумішей та альтернативних видів енергії вимагає також введення обґрунтованих методик порівняння їх енергоефективності чи енергетичної еквівалентності. Зокрема на об’єктах альтернативної енергетики виникають труднощі оцінки ступеня заміщення традиційних енергоносіїв при виробництві різних видів енергії, які до того ж обліковуються в різних енергетичних натуральних та умовних одиницях. Більше того, виникають труднощі класифікації енергоносіїв на традиційні та альтернативні.

Через розбіжність властивостей та енергетичної якості паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) неможливо нормативно затвердити значення коефіцієнтів переводу теплотворної здатності ПЕР, тому для технологічних розрахунків найдоцільніше користуватися

відповідними усередненими величинами. В той же час для бухгалтерської і державної статистичної звітності теплотворну здатність палив необхідно чітко відслідковувати за допомогою лабораторних аналізів. Тому очевидно, що теплотворний еквівалент найдоцільніше встановлювати на обмежений період, тривалість якого визначається стабільністю енергетичних характеристик. Підставою для перерахунку теплотворного еквівалента може бути, наприклад, зміна джерела постачання або навіть пори року, коли змінюється вологість енергоносія.

Для економічних розрахунків суб'єктів господарювання і не тільки в енергетиці, важливо правильно класифікувати природу використовуваних ПЕР, бо від цього залежить обґрунтування застосування тих, чи інших нормативів при взаєморозрахунках. Оскільки до традиційних та альтернативних енергоносіїв застосовуються різні економічні підходи і методи оцінки енергоефективності, то, насамперед, необхідно прийняти чіткі термінологічні визначення розмежувати їх походження.

2.3.2 Методики перерахунку енергетичних одиниць для різних видів паливно-енергетичних ресурсів; екологічної ефективності заміщення енергоносіїв та економічної оцінки.

Заходи з енергозбереження прийнято оцінювати кількістю зекономленого умовного палива. Тоді для встановлення еквіваленту користуються фізичними співвідношеннями між відповідними енергетичними величинами.

Для багатьох потенційних користувачів енергетичних установок, в тому числі, з використанням відновлюваних джерел енергії, як і держави у цілому, щораз вагомішими стають екологічні чинники. Для невеликих сільськогосподарських об'єктів, малого чи середнього бізнесу, який задіяний у галузі оздоровлення, класичного, сільського чи зеленого туризму, власників дач у віддаленій місцевості екологічні переваги часто є головними критеріями успішної діяльності. Держава у цілому також зацікавлена у використанні відновлюваних джерел енергії через зменшення витрат на традиційні енергоносії, загальне зменшення викидів парникових газів у атмосферу при їх спалюванні.

Як наслідок держава отримує прямий прибуток від продажу квот на шкідливі викиди.

Останнім часом більшість сучасних проектів як і промислових виробів оцінюється за показником заміщення викидів вуглекислого газу від їх використання. У випадку енергоустановок відновлюваної енергетики цей показник розраховується шляхом порівняння їх середньорічної продуктивності вираженої у *кВт·год.* з кількістю зекономленого палива, вираженого в умовних тоннах.

На віддаленому об'єкті альтернативою вітровій електроустановці приймається автономна дизель-електростанція. Кількість умовного палива m у кг, яку вона використовує протягом року розраховують множенням середньорічної продуктивності $W_{ел}^{р}$ вітроустановки на коефіцієнт заміщення електроенергії 0,351

$$m = 0{,}351 \cdot W_{ел}^{р}, \text{ кг.} \qquad (1)$$

У випадку сонячної і теплопомпової установок цей показник розраховується шляхом порівняння їх середньорічної теплової продуктивності $Q_р$, вираженої у МДж з кількістю зекономленого палива, вираженого в умовних тоннах т у. п. або в кг у. п. Маса умовного палива у кг розраховується за його нижчою теплотою згоряння $q_н$ з врахуванням к.к.д. відповідного котла η

$$m = \frac{Q_р}{\eta \cdot q_н}, \text{ кг.} \qquad (2)$$

Фізичним еквівалентом умовної тонни в Україні прийнято вважати енергетичне вугілля з теплотворною здатністю 7000 *ккал/кг* або 29310 *кДж/кг*, тому його теплотворну здатність ще називають вугільним еквівалентом (*в.е.*). Основним горючим компонентом вугілля є вуглець. Для визначення кількості вуглекислого газу запишемо рівняння реакції горіння вуглецю

$$C + O_2 = CO_2. \qquad (3)$$

За відомими атомними масами елементів – 12, 32 і 44 відповідно, визначимо, що при спалюванні 12 кг вугілля утворюється 44 *кг* вуглекислого газу. Відтак, враховуючи співвідношення (1), використання електроенергетичної установки запобігає викидам в атмосферу вуглекислого газу, масу *M* якого розрахуємо за формулою

$$M = \frac{0,351 \cdot W_{ел}^{р} \cdot 44}{12} = 1,287 \cdot W_{ел}^{р}, \text{ кг}. \qquad (4)$$

Враховуючи співвідношення (2), використання теплоенергетичної установки запобігає викидам в атмосферу вуглекислого газу, масу *M* якого розрахуємо за формулою

$$M = \frac{Q_р \cdot 44}{\eta \cdot q_н \cdot 12} = 0,139 \cdot Q_р, \text{ кг}. \qquad (5)$$

Тут для спрощення к.к.д. теплогенератора подано рівним 0,9.

Вартість квот на емісію CO_2 можна визначити за формулою

$$B_{CO_2} = M \cdot Ц_{CO_2}, \qquad (6)$$

де $Ц_{CO_2}$ - ціна квот на викиди CO_2, *грн./кг*. Середня світова ціна становить $Ц_{CO_2} \approx (8...10) \cdot 10^{-3}$ *Євро/кг*.

2.3.3 Розрахунково-дослідне завдання роботи.

1. Розрахувати річну економію умовного палива при виробництві електричної енергії сонячною фотоелектричною установкою. Розрахувати обсяги зниження емісії CO_2 та її вартісну оцінку.

Таблиця 1 – Обсяг виробництва електричної енергії фотоелектричною установкою

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W_{ел}^{р}$, *кВт·год.*	1260	2450	960	3670	4680	2940	1910	8400	5670	6490

2. Розрахувати річну економію умовного палива при виробництві теплової енергії сонячною тепловою установкою. Розрахувати обсяги зниження емісії CO_2 та її вартісну оцінку.

Таблиця 2 – Обсяг виробництва теплової енергії сонячною тепловою установкою

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_р$, *МДж*	6450	5820	7340	9710	2680	1730	3460	4370	8340	1025

3. Визначити економію умовного палива газовою міні-котельною з утилізацією теплоти відхідних газів до заданої температури $t_к$ (^oC). Розрахувати обсяги зниження емісії CO_2 та її вартісну оцінку.

Таблиця 3 – Теплова продуктивність міні-котельні і температура конденсації

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_р$, *МДж*	14560	14560	22140	32120	19450	26540	19450	32120	19450	9520
$t_к$, ^oC	60	60	70	80	70	60	70	80	70	60

Таблиця 4 – Теплота конденсації водяної пари

Температура конденсації, ^oC	50	60	70	80	100
Теплота конденсації, *кДж/кг*	2382	2357	2332	2308	2256

Примітка: для забезпечення природної тяги відхідних газів зменшення їх температури нижче $60^{o}C$ не допускається нормативними документами.

2.4 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:

1 Найменування, номер, тему та мету роботи.

2 Загальні відомості і основні співвідношення.

3 Розрахунково-дослідне завдання роботи.

4 Оформлення результатів розрахунків.

5 Висновки до виконаної роботи.

Пункти 1, 2 студент виконує самостійно, як підготовку до практичного заняття.

2.5 Контрольні запитання

2.5.1 Чому одиниця умовного палива при виробництві електроенергії відрізняється від одиниці умовного палива виробництва теплоти?

2.5.2 Як здійснити перевід енергетичних одиниць від реального палива до умовного?

2.5.3 Які є співвідношення між одиницями потужності?

2.2.4 Опишіть зв’язок між одиницями виміру роботи, енергії та кількості умовного палива.

2.5.5 В чому полягає екологічна суть застосування засобів відновлюваної енергетики?

2.5.6 Яким чином здійснюється економічне стимулювання заходів щодо зниження емісії CO_2?

ДОДАТОК А

(довідковий)

Основні визначення, класифікація та одиниці виміру.

Паливно-енергетичні ресурси – це сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються в народному господарстві та включають традиційні і альтернативні їх види.

До традиційних видів палива та енергії відносяться: вугілля, нафта. нафтопродукти та супутній газ, природний газ та газовий конденсат, торф, горючі сланці тощо.

Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії (альтернативні) – це такі, що постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси тощо.

До альтернативних видів рідкого палива належать:

- горючі рідини, отримані під час переробки твердих видів палива (вугілля, торфу, сланців);
- спирти та їх суміші, олії, інше рідке біологічне паливо, одержане з біологічної сировини (у тому числі з відновлюваних відходів сільського та лісового господарства, інших біологічних відходів);
- горючі рідини, одержані з промислових відходів, у тому числі газових викидів та інших відходів промислового виробництва;
- паливо, одержане з нафти і газового конденсату нафтових, газових та газоконденсатних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ, з важких сортів нафти та природних бітумів.

Якщо це паливо належить до традиційного виду (тобто для його видобутку необхідно застосовувати новітні дуже вартісні технології, а за існуючими технологіями на поточний момент добувати його в промислових умовах у значних обсягах неможливо, але для малого бізнесу – можливо, при умові вкладання коштів окремими підприємцями та спонсорами і видобування невеликими партіями).

До альтернативних видів газового палива належать:

- газ (метан) вугільних родовищ, а також газ, одержаний у процесі підземної газифікації та підземного спалювання вугілля;

- газ, одержаний під час переробки твердого палива (кам'яне та буре вугілля, горючі сланці, торф) природних бітумів, важкої нафти;

- газ, що міститься у водоносних пластах вугільних басейнів з аномально високим пластовим тиском, в інших підземних водах, а також у газонасичених водах і болотах;

- газ, одержаний з природних газових гідратів, підгідратний газ;

- біогаз, генерований газ та інше газове паливо, одержане з біологічної сировини, у тому числі з біологічних відходів;

- газ, одержаний з промислових відходів (газифікованих викидів, стічних вод промислової каналізації, вентиляційних викидів, відходів вугільних збагачувальних фабрик тощо);

- стиснений та зріджений природний газ, супутній нафтовий газ, вугільний газ метан, якщо вони одержані з газових, газоконденсатних та вугільних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ і не належать до традиційних видів палива.

Одиниці вимірювання та їх позначення:

Дж – джоуль;
кГ – кілограм (сили);
кг – кілограм маси;
м – метр;
год. – година;
к. с. – кінська сила.
Вт – ват;
л – літр;
г, т – грам, тонна;
с – секунда;
кал – калорія;

Прийняті позначення і скорочення:

ел. – електрична;
зг. – згоряння (теплота);
в. е. – вугільний еквівалент;
н. е. – нафтовий еквівалент;
у. п. – умовне паливо;
кіло- (*к*) - 10^3;
мега- (*М*) - 10^6;
гіга- (*Г*) - 10^9;
тера- (*Т*) - 10^{12};
пета- (*П*) - 10^{15}.

Таблиця А1 – Співвідношення між одиницями потужності

	Вт	*кГ·м/с*	*кал/с*	*к. с.*
1 *Вт*	1	0,102	0,239	$1{,}36\cdot10^{-3}$
1 *кГ·м/с*	9,81	1	2,34	$1{,}33\cdot10^{-3}$
1 *кал/с*	4,187	0,427	1	$5{,}69\cdot10^{-3}$
1 *к. с.*	736	75	175,5	1

Таблиця А2 – Співвідношення між основними енергетичними одиницями

	Дж	*кГ·м*	*ккал.*	*кВт·год.*	*т ум.п.ел.*	*т ум.п.зг.*
1 *Дж*	1	0,102	$2{,}39\cdot10^{-4}$	$2{,}78\cdot10^{-7}$	$9{,}74\cdot10^{-11}$	$3{,}41\cdot10^{-11}$
1 *кг·м*	9,81	1	$2{,}34\cdot10^{-3}$	$2{,}72\cdot10^{-6}$	$9{,}57\cdot10^{-10}$	$3{,}33\cdot10^{-10}$
1 *ккал.*	4187	427	1	$1{,}16\cdot10^{-3}$	$4{,}08\cdot10^{-7}$	$1{,}43\cdot10^{-7}$
1 *кВт·год.*	$3{,}6\cdot10^{6}$	$3{,}67\cdot10^{5}$	860	1	$3{,}51\cdot10^{-4}$	$1{,}23\cdot10^{-4}$
1 *т ум.п.ел.*	$10{,}2\cdot10^{9}$	$1{,}045\cdot10^{9}$	$2{,}45\cdot10^{6}$	2849	1	0,35
1 *т ум.п.зг.*	$29{,}3\cdot10^{9}$	$3\cdot10^{9}$	$7\cdot10^{6}$	8130	2,853	1

Таблиця А3 – Співвідношення між одиницями виміру роботи, енергії та кількості умовного палива

Одиниця виміру	Джоуль	Вт·год.	Калорія	Умовне паливо	
				для ВЕС, міні- та мікро-ГЕС (ел.)	для решти об’єктів ВДЕ
1	2	3	4	5	6
1 *Дж*	-	$2{,}778\cdot10^{-4}$	0,2388	$9{,}74\cdot10^{-4}$ *г у.п.*	$3{,}4110^{-4}$ *г у.п.*
1 *кДж*	-	0,2778	0,2388 *ккал*	0,0974 *г у.п.*	0,03412 *г у.п.*
1 *МДж*	-	0,2778 *кВт·год.*	238,8 *ккал*	97,37 *г у.п.*	34,12 *г у.п.*
1 *ГДж*	-	277,78 *МВт·год.*	238,8 *Мкал*	97,37 *кг у.п.*	34,12 *кг у.п.*
1 *ТДж*	-	277,78 *ГВт·год.*	238,8 *Гкал*	97,37 *т у.п.*	34,12 *т у.п.*
1 *ПДж*	-	277,78 *ГВт·год.*	238,8 *Ткал*	97366 *т у.п.*	34120 *т у.п.*
1 *кВт·год.*	3,6 *МДж*	-	860 *ккал*	351,4 *г у.п.*	122,86 *г у.п.*
1 *МВт·год.*	3,6 *ГДж*	-	860 *Мкал*	351,4 *кг у.п.*	122,86 *кг у.п.*
1 *ГВт·год.*	3,6 *ТДж*	-	860 *Гкал*	351,4 *т у.п.*	122,86 *т у.п.*
1 *ТВт·год.*	3,6 *ПДж*	-	860 *Ткал*	351400 *т у.п.*	122860 *т у.п.*
1 *кал*	4,187 *Дж*	$1{,}161\cdot10^{-3}$	-	$4{,}08\cdot10^{-4}$ *г у.п.*	$1{,}423\cdot10^{-4}$ *г у.п.*
1 *ккал*	4,187 *кДж*	1,16	-	0,408 *г у.п.*	0,14286 *г у.п.*
1 *Мкал*	4,187 *МДж*	1,16 *кВт·год.*	-	0,408 *кг у.п.*	0,14286 *кг у.п.*
1 *Гкал*	4,187 *ГДж*	1,16 *МВт·год.*	-	0,408 *т у.п.*	0,14286 *т у.п.*
1 *Ткал*	4,187 *ТДж*	1,16 *ГВт·год.*	-	408,16 *т у.п.*	142,86 *т у.п.*
1 *Пкал*	4,187 *ПДж*	1,16 *ТВт·год.*	-	408163 *т у.п.*	142860,4 *т у.п.*
1 *г у.п.зг.*	29,31 *кДж*	8,13	7,0 *ккал*	-	-

Продовження табл. А3

1	2	3	4	5	6
1 *кг у.п.зг.*	29,31 *МДж*	8,13 *кВт·год.*	7,0 *Мкал*	-	-
1 *т у.п.зг.*	29,31 *ГДж*	8,13 *МВт·год.*	7,0 *Гкал*	-	-
1 *тис. т у.п.зг.*	29,31 *ТДж*	8,13 *ГВт·год.*	7,0 *Ткал*	-	-
1 *г у.п.ел.*	10,2 *кДж*	2,849	2,45 *ккал*	-	-
1 *кг у.п.ел.*	10,2 *МДж*	2,849 *кВт·год.*	2,45 *Мкал*	-	-
1 *т у.п.ел.*	10,2 *ГДж*	2,849 *МВт·год.*	2,45 *гкал*	-	-
1 *тис. у.п.ел.*	10,2 *ТДж*	2,849 *ТВт·год.*	2,45 *Ткал*	-	-

Наведені у таблицях А1–А3 співвідношення враховують к.к.д. використання палива при виробництві електроенергії. Так, на сучасних електростанціях к.к.д. перетворення теплової енергії у електричну приймається рівним 0,35. Тому 1 *тонна у. п. ел.* прирівнюється до 0,35 *т у. п. зг.* І навпаки, 1 *т у. п. зг.* еквівалентна 1/0,35=2,853 *тонни у. п. ел.* Тому й паливний еквівалент 1*кВт·год.* вітро- та фотоелектричної станції оцінюється значенням у 351,4 *г у. п. зг.* Натомість для решти альтернативних видів палив, енергія яких вивільнюється лише у процесі прямого спалювання, паливний еквівалент 1*кВт·год.* електроенергії еквівалентний фізичному співвідношенню, а саме 122,3 *г у. п. зг.*

Нижче в таблицях А4 і А5 подано перелік паливних брикетів та горючих речовин, які використовуються в якості традиційних і альтернативних видів твердого, рідкого та газоподібного палив з вказуванням нижчої теплоти згоряння та теплового еквіваленту.

Таблиця А4 – Нижча теплотворна здатність та тепловий еквівалент паливних брикетів

Вид горючого матеріалу	Нижча теплотворна здатність, $q_н$, кДж/м^3	Тепловий еквівалент, $E_п$
1	2	3
Відходи кукурудзи	20000	0,68
Відходи ріпаку	22000	0,75
Відходи соняшнику	24000	0,82

Продовження табл. А4

1	2	3
Солома пшенична 70 %, хвойне борошно 30 %	21350	0,73
Тирса соснова 70 %, хвойне борошно 30 %	22150	0,76
Солома пшенична 40 %, хвойне борошно 40 %, пил деревного вугілля 20 %	27300	0,93
Тирса соснова 40 %, хвойне борошно 40 %, пил деревного вугілля 20 %	27900	0,95

Таблиця А5 – Нижча теплотворна здатність та тепловий еквівалент традиційних й альтернативних видів палива

Вид горючого матеріалу	Нижча теплотворна здатність, $q_н$, кДж/м^3	Тепловий еквівалент, $E_п$
1	2	3
1. Тверде паливо		
Дрова	7794	0,27
Кусковий торф	11427	0,39
Торфобрикети	17580	0,60
Кам’яне вугілля	23150	0,79
Кокс	29010	0,99
Деревне вугілля	28400	0,97
2. Рідке паливо		
Спирт метиловий (метанол)	21357	0,73
Спирт етиловий (етанол)	26800	0,91
Мазут пічний	40140	1,37
Дизельне паливо (газойль)	42490	1,45
Бензин автомобільний	43660	1,49

Продовження табл. А5

1	2	3
3. Горючі гази		
Газ природний GZ50	35600	1,21
Метан	35850	1,22
Зріджений газ (бутан)	122000	4,16
Зріджений газ (пропан)	93750	3,20
Метан вугільних родовищ	29017	0,99
4. Альтернативне паливо		
Хвоя	12479	0,43
Тирса (дуб)	12563	0,43
Тирса (дуб+сосна)	12521	0,43
Лушпиння соняшника	14301	0,49
Осад стічних вод (сухий)	13819	0,47
Солома (пшениця)	14301	0,49
Стрижні кукурудзи	16805	0,57
Сухий міскантус	17000	0,58
Відходи паперу	18426	0,63
Побутові відходи (сортовані)	18844	0,64
Макуха соняшникова	19091	0,65
Макуха ріпакова	24000	0,82
Біоетанол	27200	0,93
Покришки автомобільні	34757	1,19
Біодизель з ріпаку	37500	1,28
Газохол	41900	1,43
Поліетилен	46022	1,57

ДОДАТОК Б

(довідковий)

Приклади виконання розрахунково-дослідного завдання.

Завдання 1. Розрахувати річну економію умовного палива при виробництві електричної енергії сонячною фотоелектричною установкою. Розрахувати обсяги зниження емісії CO_2 та її вартісну оцінку.

Розв'язання.

Економію умовного палива визначимо виходячи з того, що генерування 1 *кВт·год.* електроенергії фотоелектричною установкою відповідає витраті 0,351 *кг ум. п.*, тобто за формулою

$$m = E_n \cdot W_{ел}^{р} = 0,351 \cdot W_{ел}^{р}, \qquad (1)$$

де E_n – коефіцієнт відповідності 1 *кВт·год.* електроенергії 1 *кг ум.п.*

Отже, для першого варіанту (табл. 1) отримаємо

$$m = 1260 \cdot 0,351 = 442,26 \text{ кг ум. п.}$$

Використання фотоелектричної установки запобігає викидам в атмосферу вуглекислого газу, масу *М* якого розрахуємо за формулою

$$M = \frac{0,351 \cdot W_{ел}^{р} \cdot 44}{12} = 1,287 \cdot W_{ел}^{р}. \qquad (2)$$

Остаточно отримаємо:

$$M = 1,287 \cdot 1260 = 1621,62 \text{ кг } CO_2.$$

Вартість квот на емісію CO_2 визначаємо за формулою

$$B_{CO_2} = M \cdot Ц_{CO_2}, \qquad (3)$$

де $Ц_{CO_2}$ - ціна квот на викиди CO_2, *грн./кг.* Середня світова ціна становить $Ц_{CO_2} \approx (8...10) \cdot 10^{-3}$ *Євро/кг.*

Відтак, отримаємо

$$B_{CO_2} = 1621,62 \cdot 10^{-3} \cdot 105 = 170,27 \text{ грн.}$$

Завдання 2. Розрахувати річну економію умовного палива при виробництві теплової енергії сонячною тепловою установкою. Розрахувати обсяги зниження емісії CO_2 та її вартісну оцінку.

Розв'язання.

Економію умовного палива визначимо виходячи з того, що вироблення теплової енергії сонячною тепловою установкою відповідає витраті умовного палива, яке було спалене у теплоенергетичній установці, тобто за формулою

$$m = \frac{Q_p}{\eta \cdot q_н}, \qquad (1)$$

де Q_p – теплова продуктивність сонячної водогрійної установки, *МДж*;

η – к.к.д. традиційного теплогенератора, $\eta = 0{,}9$;

$q_н$ – нижча теплота згоряння умовного палива, $q_н = 29{,}31$ *МДж/кг*.

Отже, для отримаємо

$$m = \frac{6450}{0{,}9 \cdot 29{,}31} = 244{,}51 \text{ кг ум. п.}$$

Використання сонячної теплової установки запобігає викидам в атмосферу вуглекислого газу, масу *M* якого розрахуємо за формулою

$$M = \frac{Q_p \cdot 44}{\eta \cdot q_н \cdot 12} = 0{,}139 \cdot Q_p \cdot \qquad (2)$$

Отже, отримаємо

$$M = 0{,}139 \cdot 6450 = 896{,}55 \text{ кг } CO_2.$$

Вартість квот на емісію CO_2 визначаємо за формулою

$$B_{CO_2} = M \cdot Ц_{CO_2}, \qquad (3)$$

де $Ц_{CO_2}$ - ціна квот на викиди CO_2, *грн./кг*.

Отже, отримаємо

$$B_{CO_2} = 896{,}55 \cdot 10^{-3} \cdot 105 = 94{,}14 \text{ грн.}$$

Завдання 3. Визначити економію умовного палива газовою мінікотельною з утилізацією теплоти відхідних газів до заданої температури $t_к$ (^oC). Розрахувати обсяги зниження емісії CO_2 та її вартісну оцінку.

Розв'язання.

Кількість теплової енергії, яку може виробити газовий котел з 1 $м^3$ газу визначається за формулою

$$Q_к = q_г \cdot \rho \cdot \eta_к, \qquad (1)$$

де $q_г$ – теплотворна здатність газу, *МДж/кг*;

ρ – густина газу, $кг/м^3$;

$\eta_к$ – коефіцієнт корисної дії газового котла.

$$Q_к = 50{,}08 \cdot 0{,}71466 \cdot 0{,}9 = 32{,}21 \ МДж.$$

Витрата газу на теплопостачання об'єкта газовим котлом буде становити

$$Q_г = \frac{Q_р}{Q_к}; \qquad (2)$$

$$Q_г = \frac{12350}{32{,}21} = 383{,}42 \ м^3.$$

Розрахуємо енергетичну ефективність впровадження конденсаторів вологи відхідних газів, що спалює природний газ, основним компонентом якого є метан. Процес горіння метану є екзотермічною хімічною реакцією

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + 35600 \ кДж/м^3.$$

Один моль метану масою $M(CH_4) = 0{,}016$ *кг* займає об'єм 22,4 *л* або 0,0224 $м^3$. Визначимо масу 1 $м^3$ метану

$$M_г = \frac{M(CH_4)}{V_г}; \qquad (3)$$

$$M_г = \frac{0{,}016}{0{,}0224} = 0{,}714 \ кг.$$

Маса двох молів води, що утворилася при спалюванні 1 моля метану рівна

$$2M(H_2O) = 2 \cdot 0{,}018 = 0{,}036 \ кг.$$

Кількість водяної пари, що утворюється в результаті спалювання газу

$$W_{вп} = M_г \cdot \frac{2\mathrm{M}(\mathrm{H_2O})}{\mathrm{M}(\mathrm{CH_4})}. \quad (4)$$

Отже, буде вироблено водяної пари

$$W_{вп} = 0,714 \cdot \frac{0,036}{0,016} = 1,607 \ кг.$$

Тобто при спалюванні 1 $м^3$ метану утворюється 1,607 *кг* водяної пари.

З урахуванням загальної кількості спаленого газу отримаємо кількість водяної пари

$$W_{вп} = Q_г \cdot W_{вп}. \quad (5)$$

Отже, отримаємо

$$W_{вп} = 383,42 \cdot 1,607 = 606,16 \ кг \text{ водяної пари.}$$

За температури 60 ^oC прихована теплота конденсації водяної пари становить 2357 *кДж/кг* або 2,357 *МДж/кг*. Тому протягом опалювального сезону додатково виділиться кількість теплової енергії

$$Q_{дод} = W_{вп} \cdot q^t_{кп}. \quad (6)$$

Отже,

$$Q_{дод} = 606,16 \cdot 2,357 = 1428,72 \ МДж.$$

Економію умовного палива визначимо виходячи з того, що генерування 1 *МДж* теплоти відповідає витраті 0,139 *кг ум. п.*, тобто за формулою

$$M = 0,139 \cdot Q_{дод}, \quad (7)$$

Отже, отримаємо

$$M = 0,139 \cdot 1428,72 = 198,59 \ кг\ ум.\ п.$$

Вартість квот на емісію CO_2 визначаємо за формулою

$$B_{CO_2} = M \cdot Ц_{CO_2}, \quad (8)$$

де $Ц_{CO_2}$ - ціна квот на викиди CO_2, *грн./кг*.

Отже, отримаємо

$$B_{CO_2} = 198,59 \cdot 10^{-3} \cdot 105 = 20,85 \ грн.$$