

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Кафедра електричної інженерії

Методичні вказівки для виконання
індивідуальної та самостійної роботи
з дисципліни
«ТЕОРІЯ СПАЛЮВАННЯ ТА СПАЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ»
для студентів денної та заочної форм навчання
технічних спеціальностей

Покровськ-2020

УДК 662.61 : 621.43.05 : 696.2](072)

М 54

Методичні вказівки для виконання індивідуальної та самостійної роботи з дисципліни «Теорія спалювання та спалювальні пристрої» для студентів денної та заочної форм навчання технічних спеціальностей [Електронний ресурс] / уклад. О.М. Любименко. – Покровськ : ДонНТУ, 2020. – 24 с.

В методичних вказівках надано рекомендації до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни «Теорія спалювання та спалювальні пристрої», а також до виконання індивідуальних домашніх завдань, перелік рекомендованої літератури, вихідні дані.

Наведені приклади розв'язування основних типів задач і завдань, які розраховуються при виконанні індивідуальної роботи. Наведені довідкові дані.

Методичні вказівки можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання технічних спеціальностей.

Укладач: Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц. кафедри електричної інженерії

Рецензент: Штепа О.А. доц., к.т.н., доц. кафедри електронної техніки

Відповідальний за випуск: Колларов О.Ю., завідувач кафедри електричної інженерії

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ, протокол № 9 від 24. 03. 2020 року

Розглянуто на засіданні кафедри електричної інженерії, протокол №11 від 03.03. 2020 року

© Донецький національний
технічний університет, 2020

ЗМІСТ

1. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ.....	6
2. ВКАЗІВКИ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ.....	8
2.1 Завдання	9
2.2 Вказівки до виконання.....	9
3.ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	19
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	23
ДОДАТОК А.....	24

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Теорія спалювання та спалювальні пристрої» поряд з дисциплінами «Термодинаміка», «Тепломасообмін», «Гідрогазодинаміка» є базовою у системі підготовки спеціалістів з промислової теплоенергетики. Задачами цієї дисципліни є вивчення фізико-хімічних властивостей та закономірностей горіння органічного палива.

З органічного палива, основними видами якого є вугілля, нафта і природний газ, зараз видобувається приблизно 90% всієї споживаємої енергії. З кожним роком зростає споживання енергії в промисловості, сільському господарстві, транспорті і побуті - кожні останні 15 років воно зростало вдвічі.

В той же час невпинно скорочуються розвідані запаси, зростають витрати на видобуток, переробку і транспортування палива. В Україні практично витрачені відомі родовища нафти і газу, значно скоротився видобуток вугілля на Донбасі. Тому, найважливіше значення має підвищення ефективності споживання палива. Досить сказати, що питомі витрати палива у промисловості вдвічі і більше перевищують показники, досягнуті розвиненими країнами Європи, США, Японією. Актуальні завдання по економному і раціональному використанні палива повинні, насамперед, вирішувати інженерно-технічні працівники, що займаються експлуатацією вогнетехнічних установок. А це потребує з боку студентів поглибленого всебічного вивчення як властивостей палива, так і теоретичних основ складного фізико-хімічного процесу його горіння та пристроїв, де ці присоси відбуваються. Для більш детального вивчення окремих розділів слід звернутися до рекомендованої літератури.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- основні показники, визначення і терміни теорії горіння;
- методику розрахунку повного горіння палива;
- особливості горіння окремих видів палива.

вміти:

- оцінювати вплив властивостей палива і окислювача на

- характеристики горіння органічного палива;
- виконувати розрахунки повного горіння палива;
- прогнозувати характеристики факелу в залежності від організації змішування палива і окислювача.

1. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Індивідуальні домашні завдання (ДЗ) охоплюють усі розділи дисципліни. Номер варіанта завдання задає викладач або студент обирає по списку у журналі обліку, попередньо узгодивши з викладачем. При виконанні ДЗ студент повинен знати відповідний теоретичний матеріал. Для виконання ДЗ необхідне користуватися відповідними довідниками, посилання на які надані у рекомендаціях до індивідуального завдання або в додатках.

Текстова частина ДЗ виконується на листах одностороннього білого паперу формату А4. Першою сторінкою текстової частини є титульний лист (додаток А). Другою та третьою сторінками є лист завдання, на якому повинні бути написані постановки задач з вихідними даними варіанта студента. Усі сторінки ДЗ, окрім першої, повинні бути пронумеровані та скріплені степлером (включаючи графічну частину). Перша сторінка (титульний лист) не нумерується, але враховується.

Вихідні дані для виконання завдання надані у таблиці 1

Індивідуальне домашнє завдання складається з декількох частин, тому варто кожен частину починати з нової сторінки і нумерувати.

Кожна частина закінчується окремою сторінкою, на яку виписуються результати розрахунку. Робота, оформлена не відповідно належним вимогам, на перевірку не приймається. Якщо робота виконана не вірно, або в роботі є помилки вона повертається на доопрацювання.

Максимальна кількість балів отриманих за розрахунково- графічну роботу (домашні завдання), визначається з робочої програми дисципліни. За вірно виконану розрахункову роботу студент має можливість отримати 10 балів, а саме:

За теоретичну частину – 2 балів;

За практичну частину – 5 балів;

захист розрахункової роботи – 3 балів.

«8 - 10 балів» «відмінно» - одержують роботи, в яких містяться самостійні висновки, дається самостійний аналіз фактичного матеріалу на основі глибоких знань літератури з даного предмету.

«5 – 7» «добре» - ставиться в тому випадку, коли в роботі допущені незначні розрахункові неточності.

«3 – 4» – «задовільно» - заслуговують роботи, в яких містяться окремі помилкові положення та не чітко висвітлені відповіді на запитання.

«0 – 3» – «незадовільно» - студент одержує у випадку, коли не може відповісти на запитання викладача, в розрахунках допущені грубі помилки, не володіє матеріалом роботи, не в змозі дати пояснення висновкам і теоретичним положенням даної проблеми. У цьому випадку студенту має бути надана можливість повторного захисту.

Захист і оцінка розрахункової роботи – це підведення підсумків самостійної роботи студента й одержання права допуску до екзамену з дисципліни.

Відпрацьовування пропущених лекцій та практичних занять здійснюється під час консультацій та передбачає наявність теоретичного матеріалу у конспекті та позитивних усних відповідей на запитання викладача по даній темі. Тобто студент повинен самостійно вивчити тему та вміти розв'язувати задачі. Для відпрацьовування пропущених практичних занять викладач назначає додатковий час консультацій.

Оцінки, отримані при виконанні індивідуального завдання та практичних робіт, враховуються при виставленні екзамену. При отриманні незадовільної оцінки з будь-якого виду занять студенту назначається додаткова консультація (не більше двох на одне заняття) для перездачі.

2. ВКАЗІВКИ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

НА ТЕМУ: « ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ГАЗІВ ЗА КАМЕРОЮ ЗМІШАННЯ, А ТАКОЖ ТЕМПЕРАТУРУ ГАЗУ ПІСЛЯ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ»

Метою виконання розрахункової роботи є закріплення теоретичних знань, отриманих при вивченні курсу, і використання їх при розрахунку практичних завдань, спрямованих на задоволення потреб енергопромислового комплексу.

У цей час велика увага приділяється ефективним і високо- економічним способам одержання теплової енергії. Одним із прогресивних напрямків одержання енергоносія у вигляді гарячого газу із заданими параметрами є метод спалювання палива в камері згоряння з наступним розведенням продуктів згоряння повітрям у камері змішання (рис. 1).

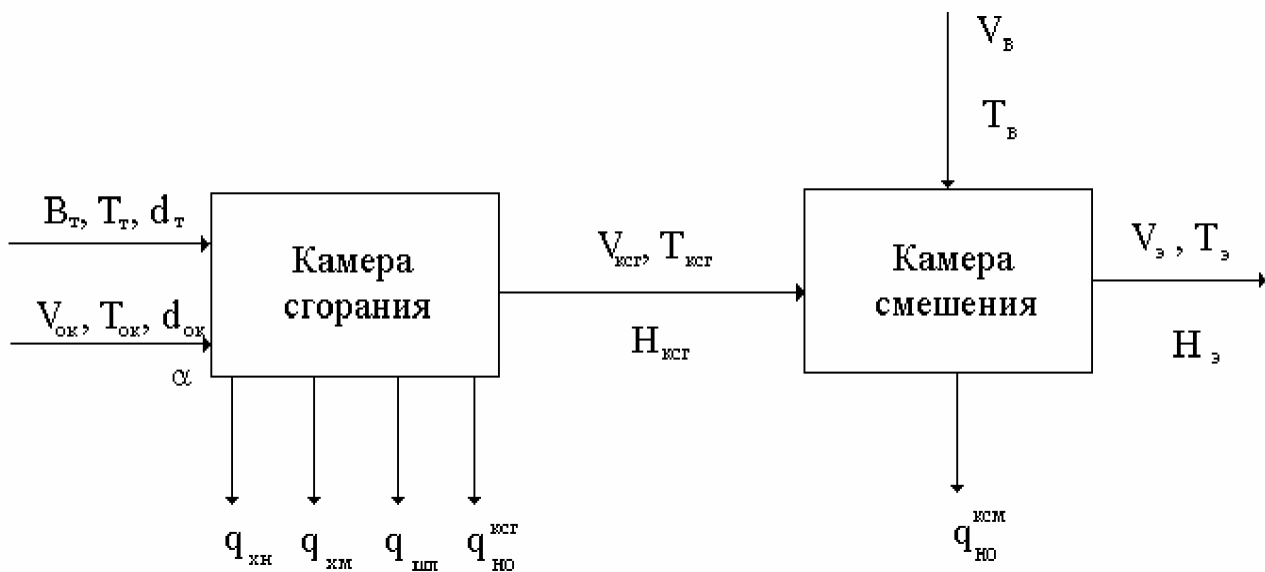


Рисунок 1 - Схема руху теплоносіїв

Завдання для розрахункової роботи, максимально наближено до реальних умов схема одержання необхідної кількості енергоносія у вигляді гарячого газу заданої температури для групи сушильних установок.

У завданні повинні бути відбиті питання спалювання або переробки палива при впровадженні нового обладнання або реконструкції існуючого з метою підвищення його економічності, ефективності, утилізації виробничих відходів, удосконалювання енерготехнологічних процесів і т.і.

2.1 Завдання

Визначити витрати палива B , кг/с ($\text{м}^3/\text{с}$), окиснювача $V_{\text{ок}}$, $\text{м}^3/\text{з}$, і повітря згоряння, що йде на розведення продуктів, палива $V_{\text{в}}$, $\text{м}^3/\text{с}$, необхідні для одержання заданої кількості енергоносія $V_{\text{э}}$, $\text{м}^3/\text{с}$, що має температуру $T_{\text{э}}$, К. Визначити склад газів за камерою змішання, а також температуру газу після камери згоряння $T_{\text{кст}}$, К.

У якості окиснювача й повітря, що подавали для розведення продуктів згоряння, прийняти повітря $O_2 = 21 \%$, $N_2 = 79 \%$ з температурою $T_{\text{в}} = 300^\circ\text{C}$ и вологовмістом $d_{\text{в}} = d_{\text{ок}} = 15 \text{ г}/\text{м}^3$.

Вихідні дані для виконання контрольного завдання вибираються з табл. 1 по трьом останнім цифрам шифру студента (залікової книжки).

2.2 Вказівки до виконання

Виконання розрахунків горіння різних палив, складання матеріальних і теплових балансів є основою інженерних розрахунків, зв'язаний зі спалюванням палива.

Схема процесу горіння палива й наступного розведення продуктів згоряння повітрям з метою одержання енергоносія у вигляді гарячого газу в заданій кількості й із заданою температурою показана на рис.1.

У камеру згоряння подаються паливо й окиснювач, продукти згоряння надходять у камеру змішання, де змішуються з повітрям, отриманий енергоносій надходить до споживача.

Для спрощення розрахунків складові теплових втрат задані ввідсотках, втрати теплоти внаслідок термічної дисоціації не враховуються.

Таблиця 1 - Вихідні дані

Параметр		Варіант									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Остання цифра шрифту											
Витрата енергоносія V_3 , m^3/c		3,0	2,5	2,0	0,75	4,0	4,5	3,5	5,0	1,0	1,5
Передостання цифра шрифту											
Температура енергоносія $T_3, ^\circ C$		800	750	850	900	1050	1000	950	700	1200	1150
Паливо		Вугілля іршабор-одинський Б2	Вугілля кузнецкий	Вугілля донецьке	Сланець	Мазут малосернистий	Мазут високосернистий	Газ природний Серпухово-Ленінський	Газ природний Саратов-Москва	Газ промисловий доменний	Газ генераторний
Теплові втрати	$q_{хн}, \%$	0,0	1,0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	$q_{мн}, \%$	0,5	2,0	3,0	0,5	0	0	0	0	0	0
	$q_{шл}, \%$	0,5	1,0	1,5	2,0	0	0	0	0	0	0
	через зовнішні огороження										
	а) камери згорання $q_{но}^{кг}, \%$	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
	б) камери змішування $q^{кг}, \%$	1,5	0,5	1,0	0,4	9,0	10	1,0	0,5	7,0	8,0
Третя від кінця цифра											
Коефіцієнт витрати окиснювача, α		1,03	1,05	1,08	1,10	1,12	1,20	1,05	1,10	1,12	1,15

Усі необхідні для розрахунку формули знаходяться в конспекті з дисципліни «Теорія спалювання та спалювальні пристрої», а необхідні довідникові дані з рекомендованої літератури. Рекомендується наступний порядок виконання розрахунків:

- 1) визначити й вибрати необхідні для наступних розрахунків характеристики палива (состав палива, теплота згоряння, теплоємність);
- 2) розрахувати теоретичні витрата окиснювача й теоретичний вихід продуктів повного згоряння палива;
- 3) визначити температуру газів після камери згоряння $T_{K\text{ сг}}, ^\circ\text{C}$;
- 4) скласти рівняння теплового балансу всього процесу й визначити на його основі обсяг повітря, необхідний для розведення продуктів згоряння $v_B, \text{ м}^3/\text{кг}$ ($\text{м}^3/\text{м}^3$) палива;
- 5) скласти матеріальний баланс процесу й визначити на його основі витрата палива $B, \text{ кг/з}$ ($\text{м}^3/\text{с}$), окиснювача $V_{\text{ок}}, \text{ м}^3/\text{с}$, і повітря $V_B, \text{ м}^3/\text{с}$;
- 6) розрахувати склад продуктів згоряння (після камери згоряння) і енергоносія (після камери змішання), %

Приклад розрахунку

Вихідні дані :

Витрати енергоносія $G=4.0, \text{ м}^3 / \text{с}$

Температура енергоносія $T=1050, \text{ К}$

Паливо – Мазут малосірчатий

$$q_{\text{хл}} = 0,5, \%$$

$$q_{\text{мл}} = 0, \%$$

$$q_{\text{шл}} = 0, \%$$

$$q_{\text{но}}^{\text{КСГ}} = 2,0, \%$$

$$q_{\text{но}}^{\text{сми}} = 9,0, \%$$

$$\alpha = 1,12$$

$$O_2 = 21, \%$$

$$N_2^{OK} = 79, \%$$

$$T_B = T_{OK} = 300, K$$

$$d_B = d_{OK} = 15, \text{ г / м}^3$$

$$C^p = 85,3, \% = 0,853$$

$$H^p = 10,2, \% = 0,102$$

$$N^p = 0,3, \% = 0,003$$

$$O^p = 0,4, \% = 0,004$$

$$S^p = 0,5, \% = 0,005$$

$$W^p = 3, \% = 0,03$$

$$A^p = 0,3, \% = 0,003$$

Розрахунок:

1. Розрахунок приблизного значення теплоти згорання

$$Q_n^p = 0,339C^p + 1,03H^p - 0,109(O^p - S_{op+\kappa}^p) - 0,0251W^p$$

$$Q_n^p = 0,339 * 0,853 + 1,03 * 0,102 - 0,109 * (0,004 - 0,005) - 0,025 * 0,03$$

$$Q_n^p = 0,396586, \text{ МДж / м}^3$$

2. Теоретична витрата окислювача

$$\nu_{O_2}^0 = 1,866 \frac{C^p}{100} + 5,56 \frac{H^p}{100} + 0,7 \frac{S_{op+\kappa}^p}{100} - \frac{O^p}{100\rho_{O_2}^0}$$

$$\nu_{O_2}^0 = 1,866 \frac{0,853}{100} + 5,56 \frac{0,102}{100} + 0,7 \frac{0,005}{100} - \frac{0,004}{100 * 1,428}$$

$$\nu_{O_2}^0 = 0,021, \text{ м}^3 / \text{ кг}$$

3. Теоретична витрата повітря, необхідна для повного згорання

$$V_B^0 = 4,76 * V_{O_2}^0 = 4,76 * 0,021 = 0,09996, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

4. Реальна витрата окислювача

$$V_{ок} = \alpha * V_B^0 = 1,12 * 0,099 = 0,11, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

5. Вихід продуктів повного згорання

Загальний випадок для всіх видів палива сумарний вихід продуктів повного згорання, $\text{м}^3 / \text{кг}$:

$$V_{кг} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} + V_{H_2O}.$$

Об'ємний вихід CO_2 при згоранні 1 кг вуглецю, $\text{м}^3 / \text{кг}$:

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} = 1,866, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

SO_2 при спалюванні 1 кг сірки, $\text{м}^3 / \text{кг}$:

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} = 0,7, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

В практиці технологічних розрахунків приймаються

$$V_{CO_2} + V_{SO_2} = V_{RO_2}$$

та

$$V_{RO_2} = 1,866 \frac{C^p}{100} + 0,7 \frac{S_{op+k}^p}{100} = 1,866 \frac{0,853}{100} + 0,7 \frac{0,005}{100} = 0,015, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Вихід азоту при спалюванні твердих (рідких) палив, $\text{м}^3 / \text{кг}$, визначається в залежності від вмісту азоту в паливі та окислювачі

$$\nu_{N_2} = \frac{N^p}{100\rho_{N_2}^0} + \alpha\nu_{ок}^0 \frac{N_2^{ок}}{100} = \frac{0,003}{100*1,251} + 1,12*0,021*\frac{0,79}{100} = 0,0002, \text{м}^3 / \text{кг}$$

Об'ємний склад кисню в продуктах згорання, $\text{м}^3 / \text{кг}$,

$$\nu_{O_2} = (\alpha - 1)\nu_{ок}^0 \frac{O_2^{ок}}{100} = (1,12 - 1)*0,021*\frac{0,21}{100} = 5,292*10^{-6}, \text{м}^3 / \text{кг}$$

Вихід водяних парів, $\text{м}^3 / \text{кг}$, визначається з матеріального балансу реакції горіння водню з урахуванням вологи робочої маси палива та вологовмісту окислювача

$$\nu_{H_2O} = \frac{H^p}{100\rho_{H_2}^0} + \frac{W^p}{100\rho_{H_2O}^0} + \alpha\nu_{ок}^0 d_{ок} \frac{0,001}{\rho_{H_2O}^0}$$

$$\nu_{H_2O} = \frac{0,102}{100*900} + \frac{0,03}{100*900} + 1,12*0,021*15*\frac{0,001}{900} = 1,858*10^{-6}, \text{м}^3 / \text{кг}$$

6. Температура газів після камери згорання визначається з рівняння теплового балансу камери згорання, МДж/кг,

$$T_{кцг} = \frac{(Q_n^p + Q_{фм} + Q_{ок} + Q_{расп}) * [100 - (q_{хн} + q_{мн} + q_{шл} + q_{но}^{кцг})]}{(\nu_{RO_2} * c_{RO_2} + \nu_{N_2} * c_{N_2} + \nu_{O_2} * c_{O_2} + \nu_{H_2O} * c_{H_2O}) * 100} + 273$$

$$\nu_{H_2O} = \frac{0,102}{100*0,089} + \frac{0,03}{100*0,804} + 1,12*0,021*15*\frac{0,001}{0,804} = 0,012$$

$$Q_n^p = 338C^p + 1025H^p - 108,5(O^p - S^p) - 25W^p$$

$$Q_n^p = 338 * 0,853 + 1025 * 0,102 - 108,5(0,004 - 0,005) - 25 * 0,03$$

$$Q_n^p = 382,222, \text{кДж} / \text{кг}$$

$$Q_{ок} = \beta * V^0 * (ct_{\text{г.н}} - ct_{\text{х.н}}) = 1,12 * 0,11 * (39 - 26) = 1,6, \text{кДж} / \text{кг}$$

$$Q_{расн} = G * (h_n - 2510) = 0,3 * (2550,4 - 2510) = 12,12, \text{кДж}$$

$$Q_{фm} = \frac{D}{B_p} (h_{nn} - h_{\text{жв}}) = \frac{17300}{4} (2626,8 - 2550,4) = 330, \text{кДж}$$

$$T_{\text{КСЗ}} = \frac{(382,222 + 330 + 1,6 + 12,12) * [100 - (0,005 + 0 + 0 + 0,02)]}{(0,015 * 1316 + 0,0002 * 1050 + 5,292 * 10^{-6} * 900 + 1,858 * 10^{-6} * 2000) * 100} + 273 = 309,29, K$$

$$T_{\text{КСЗ}} = \frac{(382,222 + 330 + 1,6 + 12,12) - (0,005 + 0 + 0 + 0,2)}{(0,015 * 1316 + 0,0002 * 1050 + 5,292 * 10^{-6} * 900 + 1,858 * 10^{-6} * 2000)} + 273 = 280,456, K$$

7. Рівняння теплового балансу усього процесу

$$\left[(Q_n^p + Q_{фm} + Q_{ок} + Q_{расн}) \frac{100 - (q_{\text{хн}} + q_{\text{мн}} + q_{\text{шл}} + q_{\text{но}}^{\text{КСЗ}})}{100} + Q_{\text{г}} \right] * \frac{100 - q_{\text{но}}^{\text{КСМ}}}{100} = H_e$$

$$Q_{\text{г}}^c = \nu_{\text{г}}^c * c_{\text{г}}^c (T_{\text{г}} - 273) = 0,09996 * 900 * (300 - 273) = 2,4, \text{кДж}$$

$$Q_{\text{г}}^{H_2O} = 0,00124 * \nu_{\text{г}}^c * d_{\text{г}} * c_{H_2O} (T_{\text{г}} - 273) = 0,00124 * 0,09996 * 15 * 2000 * (300 - 273) = 100,339, \text{кДж}$$

$$H_e = \left[(382,222 + 330 + 1,6 + 12,12) \frac{100 - (0,005 + 0 + 0 + 0,02)}{100} + 102,4 \right] * \frac{100 - 0,09}{100}$$

$$H_e = 827,853, \kappa \text{Дж} / \kappa \text{г}$$

8. Ентальпія теоретичної кількості продуктів горіння палива в енергоносії

$$H_{\kappa \text{г}}^0 = (\nu_{\text{RO}_2} * c_{\text{RO}_2} + \nu_{\text{N}_2} * c_{\text{N}_2} + \nu_{\text{H}_2\text{O}} * c_{\text{H}_2\text{O}}) * (T_e - 273)$$

$$H_{\kappa \text{г}}^0 = (0,015 * 1316 + 0,0002 * 1050 + 1,858 * 10^{-6} * 2000) * (1050 - 273)$$

$$H_{\kappa \text{г}}^0 = 15504,037, \kappa \text{Дж} / \kappa \text{г}$$

9. Ентальпія надлишкового окиснювача

$$H_{\text{ок}}^0 = (\nu_{\text{ок}}^0 * c_{\text{ок}} + 0,00124 * \nu_{\text{ок}}^0 d_{\text{ок}} c_{\text{H}_2\text{O}}) * (T_e - 273)$$

$$H_{\text{ок}}^0 = (0,021 * 900 + 0,00124 * 0,021 * 15 * 2000) * (1050 - 273) = 15292,3, \kappa \text{Дж} / \kappa \text{г}$$

10. Ентальпія повітря у камері згорання

$$H_{\text{г}} = \nu_{\text{г}}^c (c_{\text{г}}^c + 0,00124 * d_{\text{г}} \nu_{\text{г}}^c) = 0,09996 * (900 + 0,00124 * 15 * 0,09996) = 89,964, \kappa \text{Дж}$$

11. Секундна витрата енергоносія

$$V_e = V_{\kappa \text{гс}}^0 + V_{\text{ок.над}} + V_{\text{г}}$$

$$\nu_{\kappa \text{гс}} = (0,015 * 1316 + 0,0002 * 1050 + 5,292 * 10^{-6} * 900 + 1,858 * 10^{-6} * 2000) = 19,96, \text{м}^3 / \kappa \text{г}$$

$$V_{КС}^0 = \nu_{КС}^0 B = (0,015 * 1316 + 0,0002 * 1050 + 5,292 * 10^{-6} * 900 + 1,858 * 10^{-6} * 2000) * 4 = 79,83, \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_{ок.над}^c = (\alpha - 1) \nu_{ок}^0 B = (1,12 - 1) * 0,021 * 4 = 0,01, \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_{ок.над}^{H_2O} = 0,00124 * \nu_{ок}^0 d_{ок} B = 0,00124 * 0,021 * 15 * 4 = 1,54 * 10^{-3}, \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_{\epsilon} = \nu_{\epsilon} B = 0,09996 * 4 = 0,34, \text{ м}^3 / \text{с}$$

12. Відсотковий склад продуктів горіння %:

$$RO_2 = \frac{\nu_{RO_2}}{\nu_{КС}} = \frac{0,015}{19,96} * 100 = 0,751 * 10^{-1}$$

$$O_2 = \frac{\nu_{O_2}}{\nu_{КС}} = \frac{5,292 * 10^{-6}}{19,96} * 100 = 2,65 * 10^{-5}$$

$$N_2 = \frac{\nu_{N_2}}{\nu_{КС}} = \frac{0,0002}{19,96} * 100 = 10^{-3}$$

$$H_2O = \frac{\nu_{H_2O}}{\nu_{КС}} = \frac{1,858 * 10^{-6}}{19,96} * 100 = 9,3 * 10^{-6}$$

13. Кількість продуктів горіння при розбавленні повітря в енергоносії

$$\nu_{N_2}^e = \nu_{N_2} + 0,79 * \nu_{\epsilon}^c = 0,0002 + 0,79 * 0,09996 = 7,9 * 10^{-2}, \text{ м}^3$$

$$\nu_{O_2}^e = \nu_{O_2} + 0,79 * \nu_{\epsilon}^c = 5,292 * 10^{-6} + 0,79 * 0,09996 = 0,07$$

$$\nu_{H_2O}^e = \nu_{H_2O} + 0,79 * \nu_{\epsilon}^c = 1,858 * 10^{-6} + 0,79 * 0,09996 = 0,08$$

14. Загальний вихід енергоносія

$$\nu_e = \nu_{RO_2}^e + \nu_{N_2}^e + \nu_{O_2}^e + \nu_{H_2O}^e = 0,751 * 10^{-1} + 7,9 * 10^{-2} + 0,07 + 0,08 = 0,3041$$

15. Склад енергоносія у відсотках %

$$RO_2 = \frac{v_{RO_2}}{v_{КСЗ}} = \frac{0,015}{19,96} * 100 = 0,751 * 10^{-1}$$

$$O_2 = \frac{v_{O_2}}{v_{КСЗ}} = \frac{0,07}{19,96} * 100 = 0,35$$

$$N_2 = \frac{v_{N_2}}{v_{КСЗ}} = \frac{7,9 * 10^{-2}}{19,96} * 100 = 0,4$$

$$H_2O = \frac{v_{H_2O}}{v_{КСЗ}} = \frac{0,08}{19,96} * 100 = 0,4$$

3.ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Питання обираються по формулі

$$N = (n+K),$$

де n- варіант студента по журналу обліку;

K- коефіцієнт, 0, 10, 20,30 ,40 ,50, 60,70.

Тобто кожен студент повинен відповісти на 8 питань.

1. Перелічіть види енергетичного палива, приведіть їх класифікацію.
2. Стехіометричні співвідношення горіння палива.
3. Конструкція і робота подового пальника.
4. Склад твердого та рідкого палива: робочий, сухий, горючий, органічний.

Перерахунок з складу на склад.

5. Кількість повітря, необхідного для спалювання палива. Коефіцієнт надлишку повітря.

6. Конструкція і робота газо мазутних вихрового пальника.

7. Вологість палива. Вплив вологості палива на процес горіння і Характеристики димових газів.

8. Склад і обсяг продуктів згоряння.

9. Конструкція і робота пальника типу дкз.

10. Зольність палива. Вплив зольності палива на економічність горенію. 11.

Рівняння повного і неповного горіння.

12. Конструкція і робота пальників типу гм і гмп.

13. Температурні характеристики золи палива. Вплив їх на спосіб шлакозоловидалення. Очищення димових газів від виносу золи.

14. Аналіз рівняння теплового балансу горіння палива.

15. Конструкція і робота пальників типу г-1,0 і г-0,4.

16. Вихід летючих з палива та коксовий залишок. Вплив цих характеристик на надійність горіння.

17. Теплові характеристики продуктів згоряння.

18. Конструкція і робота пальників типу гмгм і гмгб-5,6.
19. Сірчистого палива. Методи придушення утворення оксидів сірки
При спалюванні палива.
20. Адіабатична і теоретична температури горіння. Дисоціація. Продуктів згоряння.
21. Конструкція інжекційних пальників. Принцип їх роботи (на прикладі Пальників типу ігк і біг).
22. Теплота згоряння палива. Вища і нижча теплота згоряння. Способи визначення теплоти згорання.
23. Аналіз та способи визначення складових втрат теплоти при
Спалюванні палива.
24. Конструкції дифузійних пальників.
25. Класифікація твердих палив, характеристика твердих палив.
26. Розрахунок діаграми «температура-Ентальпія» димових газів при
стехіометричному і реальному надлишку повітря.
27. Класифікація газових пальників.
28. Марки і характеристики мазутів.
29. Параметри сумішей і хімічні реакції: абсолютна і відносна молярна концентрації, рівняння стану компонента в суміші газів. Закон Дальтона, закон Авогадро, рівняння реакції і швидкість реакції в вигляді.
30. Вимоги до пальників для спалювання газу.
31. Види і характеристики горючих газів.
32. Хімічна рівновага. Принцип Ле-шательє. Термодинамічний Закон діючих мас.
33. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на економічність горіння.
34. Кінетичний закон діючих мас.
35. Розвиток газових струменів в котельній камері.
36. Турбулентне дифузійне горіння.
37. Закон Арреніуса.
38. Прямоточна турбулентна струмінь.

39. Спалювання газу при комбінованому змішуванні з первинним і вторичним повітрям.

40. Константи рівноваги при дисоціації продуктів горіння.

41. Закручена турбулентна струмінь.

42. Ламінарне дифузійне горіння.

43. Вплив тиску і складу суміші на швидкість реакції горіння.

44. Аеродинаміка частки палива в газовому потоці.

45. Горіння гомогенної суміші.

46. Виникнення реакції горіння, ланцюгова реакція горіння.

47. Аеродинаміка киплячого шару. Загальна характеристика.

48. Теплова теорія самозаймання, температури спалаху, стійкого горіння.

Час індукції.

49. Доставка мазуту. Мазутне господарство.

50. Механізм турбулентного поширення полум'я.

51. Умови примусового займання.

52. Підготовка рідкого палива до спалювання.

53. Фактори, що впливають на швидкість горіння, на концентраційні границі займання.

54. Розпилення рідкого палива і організація паливо-повітряної суміші. В форсунках різного типу.

55. Основний закон горіння.

56. Методи зменшення концентрації «термічних» оксидів азоту в Продуктах згоряння.

57. Якість розпилення мазуту.

58. Основні характеристики горіння газоподібного палива: швидкість нормального поширення полум'я; масова швидкість горіння.

59. Освіта оксидів азоту в топкових процесах.

60. Характеристики мазутного факела.

61. Перемішування газових обсягів в палаючому прямоточном і закрученном факелах. Коефіцієнт незавершеності змішання.

62. Горіння палива в кінетичної і дифузійної областях.
63. Типи пальників кручені повітря. Коефіцієнт інтенсивності крутки.
64. Якість сумішоутворення. Впливають на нього величини: діаметр газороздаючих отворів; кількість газових струменів; інтенсивність масопереносу.
65. Молекулярна дифузія в газах.
66. Механізм горіння одиничної краплі.
67. Принципи розрахунку глибини проникнення газових струменів в потік Повітря.
68. Турбулентна дифузія. Масштаб турбулентності. Коефіцієнт Турбулентного масопереносу.
69. Процес випаровування краплі рідкого палива. Закон Срезневського.
70. Сумішоутворення горючого газу і повітря.
71. Дифузійна теорія горіння краплі. Облік кінетичних факторів При горінні краплі.
72. Стійкість горіння. Вплив різних факторів на стійкість Горіння.
73. Аеродинаміка топкової камери.
74. Стабілізація займання.
75. Теплові характеристики камери згоряння.
76. Структура розвитку дифузійного факела.
77. Економічність горіння рідкого палива. Впливають фактори: коефіцієнт надлишку повітря, початкова температура розпилювача.
78. Дальність польоту краплі. Довжина палаючого смолоскипа рідкого палива.
79. Особливості аеродинаміки топкової камери в котлах з п-образної Компонуванням.
80. Схема газопостачання котельні.
81. Кут розкриття і діаметр закрученого факела. Область рециркуляції в прі осевій зоні.
82. Класифікація форсунок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Частухин, В.И. Топливо и теория горения / В.И. Частухин, В.В. Частухин. – К. : Вища шк., 1999. – 223 с.
2. Хзмалян, Д.М. Теория горения и топочные устройства / Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган. – М. : Энергия, 1996. – 488 с.
3. Белосельский, В.С. Энергетическое топливо / В.С. Белосельский, В.С. Соляков. – М. : Энергия, 1999. – 168 с.
4. Иссерлин, А.С. Основы сжигания газового топлива : справ. пособие / А.С. Иссерлин. - Л. : Недра, 1987. – 336 с.
5. Гусовский, В.Л. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей : справочник / В.Л. Гусовский, А.Е. Лившиц, В.М. Тымчак. – М. : Металлургия, 1981. – 272 с.
6. Баранов, П.А. Предупреждение аварий паровых котлов / П.А. Баранов. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 272 с.
7. Эстеркин, Р.И. Противоаварийные тренировки в производственно-отопительных котельных / Р.И. Эстеркин. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 248 с.
8. Герасименко, И.Е. Справочник инженера по пуску, наладке и эксплуатации котельных установок / И.Е. Герасименко, А.И. Герасименко, В.И. Герасименко. – К. : Техніка, 1986. – 335 с.

ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
Кафедра електричної інженерії

ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА

з дисципліни «ТЕОРІЯ СПАЛЮВАННЯ ТА СПАЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ»

Виконав: студент 3 курсу, групи ТЕП-19 варіант 184782
(шифр групи)
напряму підготовки (спеціальності) 144 теплоенергетика.
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

ІВАНОВ ІВАН ІВАНОВИЧ

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Видав

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Покровськ–2020 р