

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ І ТРАНСПОРТУ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ
274 – «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»
(У ТОМУ ЧИСЛІ СКОРОЧЕНИЙ ТЕРМІН НАВЧАННЯ)
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

КРЕМЕНЧУК 2021

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни “Експлуатаційні матеріали“ для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 274 – «Автомобільний транспорт» (у тому числі скорочений термін навчання) освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладачі: к.т.н., доц. С. М. Черненко, ст. викл. Харьков О.А.

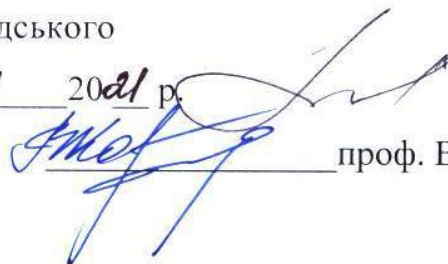
Рецензент к.т.н., доц. В. Ф. Шапко

Кафедра “Автомобілі та трактори”

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № 3 від «19» 01 2021 р.

Голова методичної ради



проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Перелік практичних занять.....	5
Практичне заняття № 1 Властивості основних груп вуглеводнів, що входять до складу нафти, та їх структурні формули.....	5
Практичне заняття № 2 Розрахунок теоретично необхідної кількості повітря для повного згоряння вуглеводневого пального різного складу.....	11
Практичне заняття № 3 Визначення теплоти згоряння рідкого пального. Вища та нижча теплота згоряння.....	16
Практичне заняття № 4 Розрахунок продуктів згоряння рідкого пального різного складу.....	20
Практичне заняття № 5 Октанове число автомобільних бензинів і його визначення за густиною та результатами перегонки.....	24
Практичне заняття № 6 Цетанове число дизельного пального і його визначення.....	28
Практичне заняття № 7 Класифікація моторних мастил.....	31
2 Критерії оцінювання здобутків студента під час виконання практичних робіт.....	35
Список літератури.....	37

ВСТУП

Практичні роботи є важливим видом занять для засвоєння студентами знань і набуття вмінь з дисципліни «Експлуатаційні матеріали». Практичні роботи проводяться після опанування теоретичного матеріалу на лекційних заняттях з теми, що вивчається, та самостійної роботи.

Перелік практичних робіт, їх обсяг для кожної спеціальності та форми навчання визначаються робочими програмами дисципліни, а термін їхнього проведення – розкладом навчальних занять.

Метою практичних робіт є закріплення знань, отриманих на лекціях і при самостійному вивченні дисципліни, набуття вмінь з теоретичного дослідження властивостей пального та мастил, а також процесів, що супроводжують горіння пального у двигунах внутрішнього згорання.

При підготовці до виконання практичних робіт студенти повинні:

- 1) вивчити матеріал з теми практичної роботи, яку виконує;
- 2) засвоїти методику виконання практичної роботи й аналізу результатів розрахунків;
- 3) підготувати бланк звіту з практичного заняття;
- 4) знати відповіді на контрольні запитання до практичної роботи.

Звіт містить: тему роботи, мету, короткі теоретичні відомості та виконання індивідуального завдання.

Результати розрахунків заносять до звіту, проводять необхідний аналіз отриманих результатів. Оформлений звіт подають викладачеві на перевірку. Під час захисту практичних робіт студент повинен знати відповіді на всі контрольні запитання. Практичні роботи також можна захистити за допомогою тестування у віртуальному освітньому середовищі КрНУ за посиланням www.krnu.org.

1 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

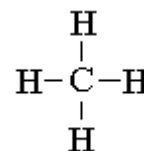
Тема. Властивості основних груп вуглеводнів, що входять до складу нафти, та їх структурні формули

Мета: вивчити будову і властивості основних груп вуглеводнів, що входять до складу нафти та нафтопродуктів.

Короткі теоретичні відомості

До складу нафти входять три основні групи вуглеводнів: парафінові, нафтенові та ароматичні. У нафтопродуктах можуть міститися, іноді в значних кількостях, неграничні вуглеводні, що утворюються в процесі переробки нафти.

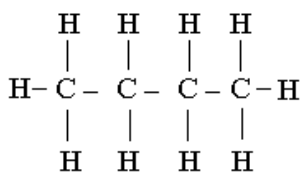
Парафінові вуглеводні (алкани). Загальна хімічна формула C_nH_{2n+2} . Вміст у нафті 25–30 % (іноді 40–50 %).



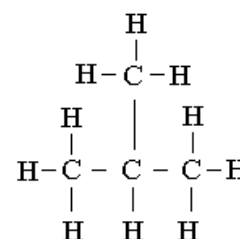
Найпростіший представник парафінів – метан (CH_4).

метан

Починаючи з бутану (C_4H_{10}), вуглеводні, що мають однакову молекулярну масу, кількість атомів вуглецю С і водню Н, можуть мати різні структурні формули, наприклад:



н-бутан



ізобутан (лінійна структура)

(розгалужена структура)

Вуглеводні з лінійною структурою називаються *нормальними* та позначаються буквою н-, а з розгалуженою – *ізомерами* й позначаються префіксом ізо-. Фізичні та хімічні властивості нормальних вуглеводнів та ізомерів різні. Чим складніша молекула речовини та більша її молекулярна маса,

тим більше в ній ізомерів. Так, октан C_8H_{18} має 17 ізомерів, тетрадекан $C_{14}H_{30}$ – 2835 ізомерів тощо.

Парафінові вуглеводні мають як негативні, так і позитивні властивості.

Позитивні:

- мають найбільш високу питому масову теплоту згоряння з усіх класів вуглеводнів;

- за нормальних умов хімічно стабільні, тому пальне та мастила, що містять велику кількість парафінових вуглеводнів, також стабільні при зберіганні;

- у дизельному пальному підвищують цетанові числа (ЦЧ) (див. табл. 1.1);

- поліпшують в'язкісно–температурну характеристику мастил.

Негативні:

- н–парафіни мають низькі октанові числа (ОЧ) (крім газоподібних), однак в ізопарафінів – більш високі ОЧ (див. таблицю 1.2);

- неналежні низькотемпературні властивості: у н–гексадекану (цетану) $C_{16}H_{34}$ температура плавлення $+18,15\text{ }^{\circ}C$, у н–октадекану $C_{18}H_{38}$ – температура плавлення $+28,18\text{ }^{\circ}C$.

Таблиця 1.1 – Цетанові числа парафінових вуглеводнів

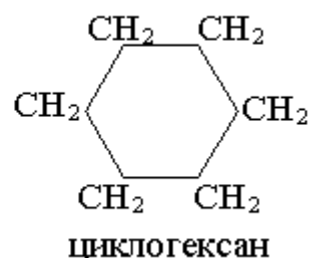
Вуглеводень	Формула	ЦЧ
н–гептан	C_7H_{16}	56,3
н–октан	C_8H_{18}	63,8
н–декан	$C_{10}H_{22}$	76,9
н–гексадекан (цетан)	$C_{16}H_{34}$	100

Таблиця 1.2 – Октанові числа парафінових вуглеводнів

Вуглеводень	Формула	ОЧД	ОЧМ
н-пентан	C_5H_{12}	61,9	61,9
н-гексан	C_6H_{14}	24,6	26,0
н-гептан	C_7H_{16}	0	0
н-октан	C_8H_{18}	–	–20
2,3- диметилбутан	C_6H_{14}	104,0	94,3
2,3- диметилпентан	C_7H_{16}	91,1	88,5
2,2,3- триметилбутан	C_7H_{16}	112,0	101,0

Нафтеніві вуглеводні (циклани). Загальна хімічна формула C_nH_{2n} .

Такі вуглеводні є похідними циклопентану та циклогексану.



Майже в усіх нафтових вуглеводнів у нафтовому кільці є бічні парафінові ланцюги. Вуглеводні, до складу яких входять декілька нафтових кілець, називаються *поліциклічними*. У нафті нафтових вуглеводнів міститься 60–70 %, у мастильних фракціях – 70% і більше.

Нафтові вуглеводні мають як негативні, так і позитивні властивості.

Позитивні:

– мають вищі октанові числа, порівняно з н-парафіновими, тому в бензині більш цінні. Так, у н-гексану (C_6H_{14}) ОЧ = 26, а у циклогексану (C_6H_{12}) ОЧ = 71,1;

– мають низьку температуру плавлення, а отже, циклани є цінним компонентом для дизельного пального, що працює при негативних температурах;

– збільшують в'язкість масляних фракцій, мають високі індекси в'язкості.

Негативні:

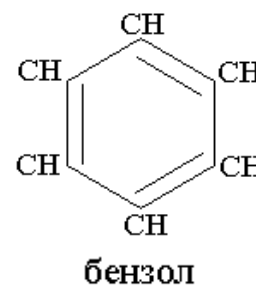
– мають меншу теплоту згорання, ніж парафінові вуглеводні;

– спричиняють набухання гуми;

– низькі порівняно з парафіновими вуглеводнями цетанові числа. Так, у н–гептану (C_7H_{16}) ЦЧ = 56,3, а у метилциклогексану (C_7H_{14}) ЦЧ = 20; у н–цетану ($C_{16}H_{34}$) ЦЧ = 100, а у н–гексилциклогексану ($C_{16}H_{32}$) ЦЧ = 35.

Ароматичні вуглеводні (арени). Загальна хімічна формула C_nH_{2n-x} , де $x \geq 6$.

Ці вуглеводні в основному є похідними бензолу C_6H_6 . До них також належать: толуол, ксілоли, нафталін тощо.



Ароматичні вуглеводні мають як позитивні, так і негативні властивості.

Позитивні:

– мають високі термічну та хімічну стабільність, але через це арени є небажаними компонентами дизельного пального;

– мають найвищі антидетонаційні властивості (октанові числа) (див. табл. 1.3), тому арени є найбільш цінними компонентами бензинів.

Таблиця 1.3 – Октанові числа ароматичних вуглеводнів

Вуглеводень	ОЧД	ОЧМ
Бензол	–	108
Толуол	120	100
н–пропілбензол	107,0	97,9
Ізопропілбензол	111,0	98,7

Негативні:

– теплота згоряння (масова) найнижча з усіх класів вуглеводнів;

– володіють схильністю до нагароутворення, тому в товарних бензинах їх вміст не повинен перевищувати 40–45 %;

– мають низькі цетанові числа;

– вміст у мастилах ароматичних вуглеводнів погіршує в'язкісно–температурні властивості, тобто знижує рівень в'язкості;

– спричиняють набухання гуми з натурального каучуку.

Неграничні вуглеводні (алкени, алкіни тощо). Ці вуглеводні не входять до складу нафти, а утворюються при її переробці. Їх поділяють на олефінові (з одним подвійним зв'язком), діолефінові (з двома) і ацетиленові (з одним потрійним зв'язком).

Загальна формула олефінових неграничних вуглеводнів C_nH_{2n} .

Діолефінові та ацетиленові вуглеводні не входять до складу автотракторного пального і мастил. Мають низьку хімічну стабільність. Завдяки наявності подвійного зв'язку вони легко окислюються, полімеризуються, утворюючи смоли. Є гарною сировиною для хімічної промисловості.

Залежно від числа атомів вуглецю, n вуглеводні можуть бути газоподібними, рідкими або твердими.

Якщо $n = 1 \dots 4$ – це гази при нормальних умовах;

$n = 5 \dots 20$ – рідкі продукти;

$n = 21 \dots 70$ – мастила, мазути, напівгудрони;

$n > 70$ – гудрони (тверді речовини).

Властивості пального та мастил залежать від хімічного складу, тобто від того, які вуглеводні та в якій кількості входять до їх складу.

Бензини містять вуглеводні з числом атомів вуглецю C від 4 до 12.

Дизельне пальне містить вуглеводні з числом атомів C від 12 до 25.

Мастила містять вуглеводні з числом атомів C від 20 до 70.

Завдання до теми

За останньою цифрою шифру (див. табл. 1.4) нарисувати структурні формули нормального вуглеводню та його ізомерів, описати їх властивості

Таблиця 1.4– Варіанти індивідуального завдання

Остання цифра шифру	Вуглеводень	Остання цифра шифру	Вуглеводень
1	н–бутан, ізо–пентан	6	н–нонан, ізо–декан
2	н–пентан, ізо–гептан	7	н–декан, ізо–гептан
3	н–гептан, ізо–гексан	8	етан, циклогексан
4	н–гексан, ізо–октан	9	пропан, циклопентан
5	н–октан, ізо–нонан	0	н–пентан, ізо–декан

Контрольні питання

1. Які класи вуглеводнів входять до складу нафти й нафтопродуктів, їх загальні хімічні формули?
2. Що таке ізомери? Навести приклади нормального вуглеводню та його ізомеру. У чому їх відмінності.
3. Які класи вуглеводнів є найбільш цінними компонентами бензинів, чому?
4. Наявність яких класів вуглеводнів небажана в зимових сортах дизельного пального, чому?
5. Чому в товарних бензинах обмежують наявність ароматичних вуглеводнів?

Література: [1; 2].

Практичне заняття № 2

Тема. Розрахунок теоретично необхідної кількості повітря для повного згоряння вуглеводневого пального різного складу

Мета: засвоєння методики розрахунку кількості повітря, необхідної для повного згоряння вуглеводневого пального різного складу.

Короткі теоретичні відомості

Під *горінням* розуміють швидку хімічну реакцію, яка супроводжується виділенням тепла і випромінюванням світла. Це окислювальний процес, найчастіше з'єднання пального з киснем повітря, але іноді згоряння здійснюється в чистому кисні O_2 або в інших окислювачах. Для виникнення реакції горіння необхідно, щоб пальне та окислювач були нагріті до температури самозаймання пального, яка залежить від його хімічного складу та фізичних властивостей, концентрації O_2 , температури навколишнього середовища тощо.

На процес згоряння значною мірою впливає кількість повітря, що подається до циліндрів двигуна. За його недостатності температура процесу невисока, горіння протікає повільно, утворюються продукти неповного згоряння (CO , сажа), а відпрацьовані гази стають темними, навіть чорними. Якщо ж подавати кількість повітря вищу за певну межу, то багато тепла буде витрачатися на нагрівання азоту й надмірного кисню. При цьому температура знижується, швидкість згоряння зменшується, виникає перевитрата пального.

Кількість повітря L_0 у горючій суміші, що теоретично необхідна для повного згоряння 1 кг пального називають *стехіометричною*.

Розрахуємо кількість повітря L_0 $\left[\frac{\text{кг повітря}}{\text{кг палива}}\right]$ та M_0 $\left[\frac{\text{кмоль повітря}}{\text{кмоль палива}}\right]$, необхідну для спалювання 1 кг пального.

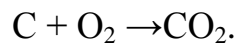
Як початкові дані візьмемо склад найбільш поширеного автомобільного пального.

Бензин: уміст вуглецю $C = 84...87\%$; водню $H = 13...16\%$; сірки S до $0,12\%$; кисню O_2 немає.

Дизельне пальне: вуглецю $C = 85...87\%$; водню $H = 12...14\%$; сірки S до $0,2\%$; кисню $O_2 = 0,1...0,6\%$.

Розглянемо реакції, що відбуваються при згорянні.

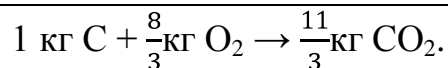
Окислення вуглецю:



Ураховуючи молярну масу елементів, що беруть участь у реакції, одержимо:

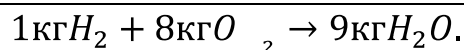
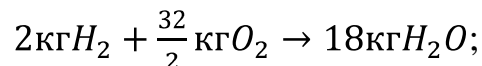
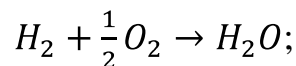


Після елементарних перетворень запишемо



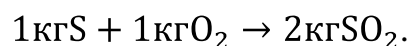
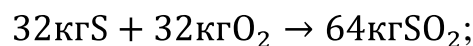
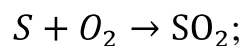
З наведеного рівняння випливає, що для спалення 1 кг вуглецю потрібно $\frac{8}{3} \text{ кг}$ кисню (O_2).

Окислення водню:



З рівняння випливає, що для спалення 1 кг водню потрібно 8 кг кисню.

Якщо до складу пального входять домішки сірки S , то окислення відбувається за такою схемою:



Таким чином, для повного спалення 1 кг сірки необхідний 1 кг кисню.

Кисень, якщо він міститься в пальному, бере участь у згорянні, тому кількість кисню, необхідного зовні, зменшується на цю величину.

Загальна кількість кисню, необхідного для спалення 1 кг пального

$$m_{O_2} = \frac{8}{3}C + 8H + S - O, \left[\frac{\text{кг } O_2}{\text{кг повітря}} \right].$$

Оскільки 1 кг повітря містить 0,232 кг O_2 , то теоретично необхідна кількість повітря для спалення 1 кг пального розраховується за формулою:

$$L_0 = \frac{1}{0,232} \left(\frac{8}{3}C + 8H + S - O \right), \left[\frac{\text{кг повітря}}{\text{кг палива}} \right], \quad (2.1)$$

де С, Н, S, O – масовий вміст вуглецю (С), водню (Н), сірки (S), кисню (O) в пальному.

Визначимо кількість повітря в молях, необхідну для спалення 1 кг пального. Кількість речовини $\nu = \frac{m}{\mu}$, де m – маса речовини, μ – молярна маса. Як відомо, молярна маса кисню $\mu_{O_2} = 32$ кг/кмоль, тоді кількість повітря визначиться так:

$$\begin{aligned} M_{O_2} &= \frac{8}{3}C \cdot \frac{1}{\mu_{O_2}} + 8H \frac{1}{\mu_{O_2}} + S \frac{1}{\mu_{O_2}} - O \frac{1}{\mu_{O_2}}; \\ M_{O_2} &= \frac{8}{3 \cdot 32}C + \frac{8}{32}H + \frac{1}{32}S - \frac{1}{32}O; \\ M_{O_2} &= \frac{1}{12}C + \frac{1}{4}H + \frac{1}{32}S - \frac{1}{32}O. \end{aligned}$$

Оскільки 1 моль повітря містить 0,209 моль O_2 , то:

$$M_{O_2} = \frac{1}{0,209} \left(\frac{1}{12}C + \frac{1}{4}H + \frac{1}{32}S - \frac{1}{32}O \right), \left[\frac{\text{кмоль повітря}}{\text{кг палива}} \right]. \quad (2.2)$$

У реальних умовах здійснити повне згоряння пального зі стехіометричною кількістю повітря неможливо (необхідно, щоб кожна частка пального вступила в реакцію з кожною часткою кисню). Тому практично для здійснення повного згоряння завжди подається деякий надлишок повітря: згоряння ведеться не з розрахунковою, а з дійсною кількістю повітря ($L_{\text{дійс.}}$).

Коефіцієнт надлишку повітря – відношення дійсної кількості повітря до стехіометричної:

$$\alpha = \frac{L_{\text{дійс.}}}{L_0}; L_{\text{дійс.}} = \alpha L_0; \quad (2.3)$$

якщо $\alpha < 1$ – горюча суміш багата $\alpha = 1$ – нормальна; $\alpha > 1$ – бідна.

Приклад розрахунку. Розрахувати теоретично необхідну та дійсну кількість повітря в кг і молях, необхідну для повного згоряння дизельного

пального і його суміші з повітрям, якщо в пальному міститься вуглецю 87 % (0,87), водню 12,5 % (0,125), кисню 0,3 % (0,003), сірки 0,2 % (0,002), коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,05$.

Розв'язання. За формулою (2.1) стехіометрична кількість повітря в кг:

$$L_0 = \frac{1}{0,232} \left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) = \frac{1}{0,232} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,87 + 8 \cdot 0,125 + 0,002 - 0,003 \right) = 14,31 \text{ кг/кг.}$$

За формулою (2.2) стехіометрична кількість повітря в кіломолях:

$$M_{O_2} = \frac{1}{0,209} \left(\frac{1}{12} C + \frac{1}{4} H + \frac{1}{32} S - \frac{1}{32} O \right) = \frac{1}{0,209} \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,125}{4} + \frac{0,002}{32} - \frac{0,003}{32} \right) = 0,496 \text{ моль/кг;}$$

$$L_{\text{дійс}} = \alpha L_0 = 1,05 \cdot 14,31 = 15,026 \text{ кг/кг;}$$

$$M_{\text{дійс}} = \alpha M_0 = 1,05 \cdot 0,496 = 0,5208 \text{ кмоль/кг.}$$

Завдання до теми

1. Написати хімічне рівняння горіння і визначити кількість кисню, необхідну для згорання 1кг вуглецю (для студентів, у яких остання цифра шифру парна) і 1 кг водню (непарна остання цифра шифру).

2. Розрахувати стехіометричну та дійсну кількість повітря в кг і молях, необхідну для повного згорання пального та його суміші з повітрям. Вихідні дані для розрахунків беруть за останньою цифрою шифру (див. табл. 2.1). Значення коефіцієнта надлишку повітря α узяти самостійно, виходячи з того, що для бензинів $\alpha = 0,65 \dots 1,1$, для дизельного пального $\alpha = 0,82 \dots 1,05$.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунків

Остання цифра шифру	Вид пального	Уміст вуглецю, С, %	Уміст водню Н, %	Уміст сірки, S, %	Уміст кисню, О, %
1	бензин	84	$H = 100\% - (C+O+S)$	0,12	–
2	диз. пальне	85		0,2	0,1
3	бензин	85		0,1	–
4	диз. пальне	86		0,1	0,2
5	бензин	86		0,11	–
6	диз. пальне	87		0,15	0,3
7	бензин	87		0,12	–
8	диз. пальне	86		0,16	0,4
9	бензин	85		0,11	–
0	диз. пальне	87		0,17	0,5

Контрольні питання

1. Як впливає на процес згоряння пального в циліндрі двигуна кількість повітря, що подається?
2. Що таке стехіометрична кількість повітря?
3. Як визначається коефіцієнт надлишку повітря?

Література: [2; 3].

Практичне заняття № 3

Тема. Визначення теплоти згоряння рідкого пального.

Вища та нижча теплота згоряння

Мета: вивчення понять вищої та нижчої теплоти згоряння пального, ознайомлення з методами визначення цих величин, розрахування теплоти згоряння вуглеводневого пального різного складу.

Короткі теоретичні відомості

Теплота згоряння (теплоутворююча здатність) – це кількість тепла, яка виділяється при повному згорянні одиниці маси чи об'єму пального: 1 кг рідкого або твердого, чи 1 м³ газоподібного.

В одиницях СІ її вимірюють у Джоулях (Дж/кг, Дж/м³). Тривалий час користувалися калоріями (кал/кг, кал/м³) і кілокалоріями (ккал/кг, ккал/м³). Співвідношення між ними:

$$1 \text{ кал} = 4,1867 \text{ Дж.}$$

Теплота згоряння пального (ТЗП) є однією з найважливіших його характеристик: за її величиною оцінюють енергетичні можливості пального. Чим більша теплота згоряння пального, тим більшу потужність може розвинути двигун внутрішнього згоряння й тим менша питома витрата пального. ТЗП залежить від його хімічного складу. Найбільшу в природі теплоутворюючу здатність має водень (H₂). У таблиці 3.1 наведено нижчу теплоту згоряння деяких поширених видів пального.

Таблиця 3.1 – Теплота згоряння деяких видів пального

Пальне	Теплота згоряння кДж/кг
Водень	121000
Авіабензин	44400
Метан	55496
Автобензин	44000
ДП	42700
Етиловий спирт	26000

Розрізняють вищу $Q_{\text{п}}^{\text{в}}$ і нижчу $Q_{\text{п}}^{\text{н}}$ ТЗП.

За *вищу* ТЗП беруть усе тепло, що виділяється при згорянні 1 кг пального, включаючи кількість тепла, яка виділяється при конденсації води. Вода утворюється при згорянні водню, що входить до складу пального, а також міститься в складі домішок. Величину *нижчої* ТЗП $Q_{\text{п}}^{\text{н}}$ визначають без урахування кількості теплоти, що виділяється при конденсації води.

ТЗП визначають дослідним і розрахунковим способами. При дослідному визначенні в калориметричній бомбі спалюють визначену кількість випробованого пального (при постійному об'ємі) у середовищі стиснутого кисню, насиченого водяною парою. Необхідно знати масу спаленого пального, кількість води і температуру, на яку вода нагрілася при згорянні пального:

$$Q = \frac{m_{\text{в}}(t_2 - t_1)}{m_{\text{п}}},$$

де Q – теплота згоряння, ккал/кг; $m_{\text{в}}$ – маса води, кг; t_2 – температура води в кінці досліду; t_1 – температура води на початку досліду; $m_{\text{п}}$ – маса пального, кг

Якщо відсутні відомості про експериментальне визначення теплоутворюючої здатності, то для органічного пального природного походження її можна з достатньою точністю визначити за формулою Д.

І. Менделєєва:

$$Q_{\text{п}}^{\text{в}} = 33900\text{С} + 125600\text{Н} - 11800\text{S} - 11800\text{O} \text{ кДж/кг}, \quad (3.1)$$

де С, Н, S, O – уміст вуглецю, водню, кисню, сірки в пальному у відсотках за масою.

Нижча теплота згоряння

$$Q_{\text{H}}^{\text{H}} = Q_{\text{H}}^{\text{B}} - 2510 \cdot (9\text{H} + \text{W}), \quad (3.2)$$

де H – уміст водню в пальному, кг/кг; W – уміст вологи в пальному, кг/кг.

У розрахунках ДВЗ зазвичай користуються значенням нижчої теплоти згоряння Q_{H}^{H} , тому що пари води в циліндрі двигуна не конденсуються. Оскільки в циліндрі згоряє суміш пального з повітрям, то розраховують теплоту згоряння горючої суміші:

$$Q_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{H}}^{\text{H}}}{1 + \alpha \cdot L_0}, \quad (3.3)$$

де α – коефіцієнт надлишку повітря; L_0 – стехіометрична (теоретично необхідна) кількість повітря для повного згоряння 1 кг пального. Ця формула справедлива лише при $\alpha \geq 1$, тому що при $\alpha < 1$ частина пального не згорає, і його ТЗП не реалізується.

Приклад розрахунку. Розрахувати вищу та нижчу теплоту згоряння дизельного пального, а також теплоту згоряння його суміші з повітрям, використовуючи розрахунки практичного заняття № 2.

Початкові дані: $\text{C} = 87 \%$; $\text{H} = 12,5 \%$; $\text{O} = 0,3 \%$; $\text{S} = 0,2 \%$; $\alpha = 1,1$; $L_0 = 14,33$.

Розв’язання. За формулою Д. І. Менделєєва (3.1) вища ТЗП

$$Q_{\text{H}}^{\text{B}} = 33900 \cdot 0,87 + 125600 \cdot 0,125 + 11800 \cdot 0,002 - 11800 \cdot 0,003 = 45181 \text{ кДж/кг.}$$

За відсутності вологи в пальному нижча теплота згоряння дизельного пального за формулою (3.2) визначиться так:

$$Q_{\text{H}}^{\text{H}} = 45181 - 2510 \cdot (9 \cdot 0,125 + 0) = 42357 \text{ кДж/кг.}$$

Теплота згоряння горючої суміші за формулою (3.3)

$$Q_{\text{см}} = \frac{42357}{1 + 1,1 \cdot 14,3} = 2531,8 \text{ кДж/кг.}$$

Завдання до теми

Розрахувати вищу та нижчу теплоту згоряння пального, а також горючої суміші. Початкові дані для розрахунків вибрати за таблицею 2.1.

Контрольні питання

1. Що розуміють під теплотою згоряння пального? У яких одиницях вимірюється ця величина? Що вона характеризує?
2. У чому відмінність між вищою та нижчою теплотою згоряння пального?
3. У якого вуглеводню теплота згоряння вища: у н-гептану C_7H_{16} чи в циклогексану C_6H_{12} ?
4. Як визначити теплоту згоряння горючої суміші?

Література: [2; 4].

Практичне заняття № 4

Тема. Розрахунок продуктів згоряння рідкого пального різного складу

Мета: здобуття навичок визначення розрахунковим шляхом складу та кількості продуктів згоряння вуглеводневого пального.

Короткі теоретичні відомості

Двигуни внутрішнього згоряння працюють на запальних сумішах різних складів, що складаються з повітря та пального, змішаних у певних відсотках. Для зміни складу запальної суміші рідко змінюють кількість повітря, що надходить до двигуна, а звичайно регулюють тільки кількість пального, що подається пальною апаратурою. У зв'язку з цим постійною величиною будемо вважати кількість повітря, що дорівнює 1 г, а змінною величиною – ту чи іншу кількість пального. Припустимо, що 1000 мг повітря, яке надходить до циліндра двигуна, складається з 232 мг кисню O_2 та 768 мг азоту N_2 . Інші гази знаходяться в повітрі у незначній кількості й тому ними знехтуємо.

Склад запальної суміші характеризується коефіцієнтом надлишку повітря α або коефіцієнтом кількості пального α_p , – відношення дійсної кількості пального, що бере участь у згорянні, до теоретичної її кількості. Запальна суміш, багата палним, містить пального більше, ніж теоретична суміш, тому коефіцієнт $\alpha_p > 1$, а $\alpha < 1$ і навпаки.

Склад продуктів згоряння вуглеводневого пального значною мірою залежить від коефіцієнта кількості пального, тому розглянемо два випадки: згоряння бідних і багатих запальних сумішей.

Якщо кількість пального недостатня, порівняно з теоретичною кількістю та незмінною кількістю повітря, то частина кисню не бере участі у хімічних реакціях. Наслідком цього буде поява вільного молекулярного кисню O_2 в продуктах згоряння, а кількість азоту залишиться без змін. Унаслідок меншої кількості окислювального пального зменшиться і кількість вуглекислого газу

CO₂ та водяної пари H₂O. Таким чином, продуктами згоряння бідних запальних сумішей будуть: вуглекислий газ CO₂, водяна пара H₂O, молекулярні азот N₂ і кисень O₂.

Визначення складу продуктів згоряння бідних і стехіометричних запальних сумішей проводиться на основі хімічних реакцій, викладених у практичному занятті № 2.

Кількість вуглекислого газу: $G_{CO_2} = (11/3) \cdot C$;

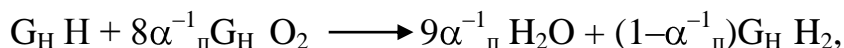
кількість водяної пари: $G_{H_2O} = 9 \cdot H$;

кількість кисню: $G_{O_2} = (1 - \alpha_p) \cdot 232$;

кількість азоту: $G_{N_2} = 768 \text{ мг/1г повітря}$.

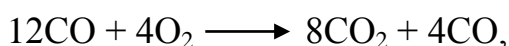
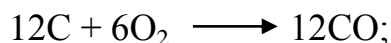
При згорянні багатих паливом запальних сумішей у циліндр подається надлишкова кількість пального, і кисню для його окислення не вистачає, що відображається на складі продуктів згоряння. Сучасні дані свідчать, що продукти згоряння багатих запальних сумішей містять вуглекислий газ CO₂, окис вуглецю CO, водяну пару H₂O, азот N₂, а також незначну кількість молекулярного водню H₂. Для проведення подальших розрахунків візьмемо кількість водяної пари в продуктах згоряння сталою при $\alpha_p = 1$, що дорівнює її кількості при окисленні суміші теоретичного складу.

Окислення водню, що міститься в багатій суміші, підпорядковується такій залежності:

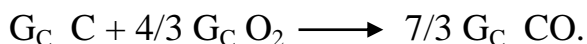


де G_H – кількість водню в пальному.

Окислення вуглецю відбувається у дві стадії (суміш складається з 10 C та 10 O₂):



тоді реакції окислення багатой запальної суміші будуть мати такий вигляд:

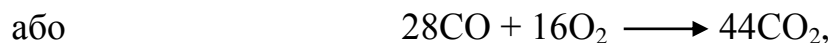
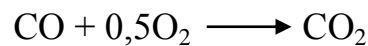


Кількість кисню, необхідного для доокислення CO до CO₂, знаходиться як різниця O₂, необхідного для повного окислення всього вуглецю при α_п = 0 та O₂ вже витраченого на отримання CO в першій реакції:

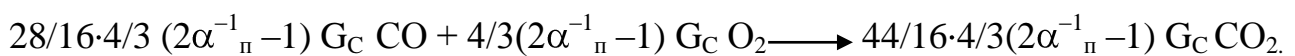
$$G_{O_2 \text{ на } CO_2} = 8/3\alpha_{\text{п}}^{-1} G_C - 4/3 (2\alpha_{\text{п}}^{-1} - 1) G_C,$$

де G_C – кількість вуглецю, що міститься в багатій суміші при заданому α_п.

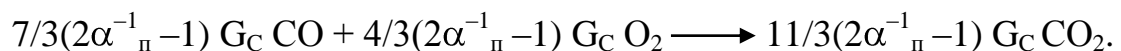
Друга реакція може бути записана таким чином:



звідки одержимо:



Після перетворень:



Кількість окису вуглецю CO, що залишилася неокисленою:

$$G_{CO} = 7/3 G_C - 7/3(2\alpha_{\text{п}}^{-1} - 1) G_C \longrightarrow 14/3(1 - \alpha_{\text{п}}^{-1})G_C.$$

Ураховуючи викладене, склад продуктів згоряння багатих сумішей пального, яке містить G_C мг вуглецю C та G_H мг водню H, визначається таким чином:

Кількість вуглекислого газу: $G_{CO_2} = 11/3(2\alpha_{\text{п}}^{-1} - 1) G_C.$

Кількість угарного газу: $G_{CO} = 14/3(1 - \alpha_{\text{п}}^{-1})G_C.$

Кількість водню: $G_H = (1 - \alpha_{\text{п}}^{-1})G_H.$

Кількість водяної пари: $G_{H_2O} = 9G_H\alpha_{\text{п}}^{-1}.$

Кількість азоту: $G_{N_2} = 768 \text{ мг}.$

Слід зазначити, що при високих температурах згоряння (близько 2500 К), молекулярний азот реагує з киснем повітря, утворюючи окиси азоту NO_x, які є дуже токсичними. Кількість окисів азоту не залежить від хімічного складу пального, а визначається високою температурою згоряння та наявністю вільного кисню в продуктах згоряння.

Приклад розрахунку

Розрахувати кількість продуктів згоряння дизельного пального, якщо в ньому міститься вуглецю $C = 87\%$, водню $H = 12,5\%$, кисню $O = 0,3\%$, коефіцієнт кількості пального $\alpha_{п} = 1,1$.

Враховуючи, що суміш багата ($\alpha_{п} = 1,1$), то на 1 г повітря кількість продуктів згоряння визначиться наступним чином:

кількість вуглекислого газу

$$G_{CO_2} = 11/3 \cdot (2 \cdot 1,1^{-1} - 1) \cdot 0,87 = 2,61 \text{ мг};$$

кількість угарного газу

$$G_{CO} = 14/3 \cdot (1 - 1,1^{-1}) \cdot 0,87 = 0,37 \text{ мг};$$

кількість водяної пари

$$G_{H_2O} = 9 \cdot 0,125 \cdot 1,1^{-1} = 1,023 \text{ мг};$$

кількість молекулярного водню

$$G_{H_2} = (1 - 1,1^{-1}) \cdot 0,125 = 0,0114 \text{ мг};$$

кількість молекулярного азоту

$$G_{N_2} = 768 \text{ мг}.$$

Завдання до теми

Розрахувати кількість продуктів згоряння пального за вказівкою викладача. Письмово відповісти на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Що таке коефіцієнт надлишку повітря, коефіцієнт кількості пального?
2. Які продукти утворюються при згорянні багатих і бідних запальних сумішей? Чим вони відрізняються?
3. Яким чином утворюються окиси азоту?

Література: [3; 4]

Практичне заняття № 5

Тема. Октанове число автомобільних бензинів і його визначення за густиною та результатами перегонки

Мета: вивчення поняття октанового числа (ОЧ) і його вплив на експлуатаційні показники автомобільних бензинів. Ознайомлення з методами визначення ОЧ. Орієнтовне визначення ОЧ зразка бензину за його густиною та результатами перегонки.

Короткі теоретичні відомості

Октанове число (ОЧ) – найважливіший показник бензинів, за яким оцінюють здатність пального протистояти детонації. Його встановлюють методом порівняння з еталонним паливом, що складається з двох вуглеводнів: ізооктану C_8H_{18} , у якого висока стійкість до детонації та н-гептану C_7H_{16} , у якого низька стійкість до детонації. Умовно взято ОЧ ізооктану за 100 одиниць, а ОЧ н-гептану за 0 одиниць. Фізичні властивості цих вуглеводнів наближені, але будова різна, чим і пояснюється різна стійкість до детонації. Ізооктан починає детонувати тільки в двигунах з дуже високим ступенем стиску (більш ніж 9), а н-гептан – з низьким ступенем стиску. Змішуючи ці вуглеводні в певному співвідношенні можна отримати еталони пального з октановим числом від 0 до 100 одиниць.

Октановим числом називають відсотковий (об'ємний) вміст ізооктану (C_8H_{18}) у суміші з н-гептаном (C_7H_{16}), яка за своєю детонаційною стійкістю рівноцінна випробуваному пальному. Наприклад, якщо бензин має октанове число 76, то його стійкість до детонації така ж сама, як у суміші, що складається з 76 % ізооктану і 24 % н-гептану. Значення ОЧ указують у марці бензину.

Октанове число оцінюють двома методами: моторним (ГОСТ 511–82) і дослідним. (ГОСТ 8226–82). Відповідно й октанове число бензину, визначене різними методами, умовно позначають літерами ОЧМ (октанове число за моторним методом) та ОЧД (октанове число за дослідним методом).

Із цією метою застосовують стандартні одноциліндрові двигуни зі змінним ступенем стиску. При визначенні ОЧМ застосовують установки ІТ9–2М, або УІТ–65, а при визначенні ОЧД – установку ІТ9–6 або УІТ–65. Моторний метод імітує рух автомобіля за містом (великі швидкості, висока теплонапруженість), а дослідний – міський режим роботи (обмежена потужність, часті зупинки, знижений тепловий режим).

Випробування проводять таким чином: двигун установки заправляють випробуваним бензином, задають стандартний режим роботи (див. табл. 4.1), а потім поступово підвищують ступінь стиску до появи детонації. Інтенсивність останньої фіксують детонометром.

Таблиця 4.1 – Умови випробування автомобільних бензинів

Показник	Метод	
	Моторний	Дослідний
Установка для випробувань	ІТ9–2 або УІТ–65	ІТ9–6 або УІТ–65
Двигун	Одноциліндровий зі змінним ступенем стиску ϵ від 4 до 10	
Частота обертів колінчастого вала, с^{-1}	14,4	9,6
Температура, $^{\circ}\text{C}$: – у системі охолодження – повітря, що надходить до карбюратора; – суміші після карбюратора	100 45–55 149	100 52 не підігрівається
Кут запобігання запаленню, град. до в. м. т	Змінний, 22 $^{\circ}$ при $\epsilon=6$ 19 $^{\circ}$ при $\epsilon=7$	Постійний, 13 $^{\circ}$

Після цього двигун заправляють еталонним пальним, підбирають таку суміш ізооктану та н–гептану, при роботі на якій інтенсивність детонації буде такою ж самою, як і на випробуваному бензині. Октанове число одного бензину, але визначене різними методами, різне. Як правило, ОЧД більше ОЧМ на 7...10 одиниць.

Бензин	А-76	АИ-93	АИ-98
ОЧМ (не більше ніж)	76	85	89
ОЧД (не менше ніж)	80	93	98

Різниця між ОЧД і ОЧМ називається **чутливістю бензину**. Вона залежить від вуглеводневого складу. Чим більша ця різниця, тим вищі експлуатаційні властивості бензину на перехідних режимах роботи.

Значення ОЧМ та ОЧД визначають на лабораторних двигунах в умовах, що відрізняються від експлуатаційних. При випробуваннях реальних двигунів у стендових і шляхових умовах визначають фактичну детонаційну стійкість бензину – фактичне октанове число (ФОЧ). Зазвичай ОЧМ < ФОЧ < ОЧД.

Найважливішою умовою бездетонаційної роботи є відповідність октанового числа бензинів конструктивним особливостям двигунів внутрішнього згоряння. У першу чергу, це ступінь стиску ε і діаметр циліндра $d_{ц}$. Вплив параметрів ε та $d_{ц}$ на необхідне октанове число бензину для конкретного двигуна приблизно можна оцінити за формулою [3]:

$$ОЧ = 125,4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0,183 \cdot d_{ц}, \quad (5.1)$$

де ОЧ– необхідне октанове число бензину (за моторним методом); ε – ступінь стиску; $d_{ц}$ – діаметр циліндра, мм.

Орієнтовно октанове число бензину можна визначити, використовуючи значення густини та результати перегонки за емпіричною формулою:

$$ОЧД \approx 120 - 2 \left(\frac{t_{cp} - 50}{5\rho_{20}} \right), \quad (5.2)$$

де $t_{cp} = \frac{t_{н.п.} + t_{к.п.}}{2}$ – середня температура перегонки бензину; $t_{н.п.}$ – температура початку перегонки; $t_{к.п.}$ – температура кінця перегонки; ρ_{20} – щільність бензину при 20°C, г/см³.

Завдання до теми

1. Розрахувати октанове число бензину для бездетонаційної роботи двигуна. Вихідні дані вибрати за таблицею 5.1.

2. Використовуючи результати вимірювань з лабораторних робіт, орієнтовно визначити октанове число зразка бензину за його густиною та фракційним складом.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунків

Остання цифра шифру	Марка двигуна	Ступінь стиску, ϵ	Діаметр циліндра, $d_{ц}$
1	МеМЗ–968	7,2	76
2	ЗИЛ–130	7,1	100
3	ГАЗ–66	8,3	92
4	ГАЗ–24	7,2	92
5	МеМЗ–245	9,3	72
6	МЗМА–412	8,8	82
7	ВАЗ–2103	8,4	76
8	ВАЗ–2108	9,8	76
9	ЗИЛ–130	7,0	100
0	ВАЗ–2106	8,6	76

Контрольні питання

1. Дати визначення октанового числа бензину.
2. Якими методами визначається октанове число бензину, які відмінності між ними?
3. Як впливає ступінь стиску та діаметр циліндрів двигуна на необхідне ОЧ бензину для бездетонаційної роботи двигуна?

Література: [2; 5].

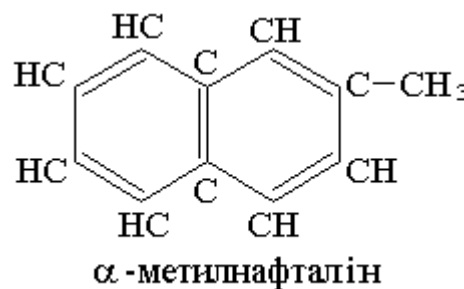
Практичне заняття № 6

Тема. Цетанове число дизельного пального і його визначення

Мета: вивчення поняття цетанового числа (ЦЧ) і його впливу на експлуатаційні показники дизельного пального. Ознайомлення з методами визначення ЦЧ. Орієнтовне визначення ЦЧ дизельного пального за його густиною та в'язкістю.

Короткі теоретичні відомості

Цетанове число (ЦЧ) – найважливіший показник дизельного пального, за яким судять про здатність пального до samozapalennya та про характер роботи двигуна. ЦЧ установлюють методом порівняння випробуваного пального з еталонним. За еталони взято два вуглеводні. Перший – цетан (н-гексадекан $C_{16}H_{34}$), парафіновий вуглеводень нормальної будови. Його структурна формула $CH_3-(CH_2)_{14}-CH_2$. Цетан має дуже невеликий період затримки запалення, забезпечує м'яку роботу двигуна. Його ЦЧ узятє за 100 одиниць.



Другим вуглеводнем є α – метилнафталін ($C_{11}H_{10}$) ароматичного ряду. Його структурна формула зображена на рисунку.

Вуглеводень α – метилнафталін дуже важко окислюється та запалюється, має великий період затримки запалення. Умовно його ЦЧ узятє за 0 одиниць.

Під **цетановим числом** розуміють відсотковий уміст (за об'ємом) цетану в штучно приготованій суміші з α – метилнафталіном, яка за характером згоряння (самозапалення) рівноцінна

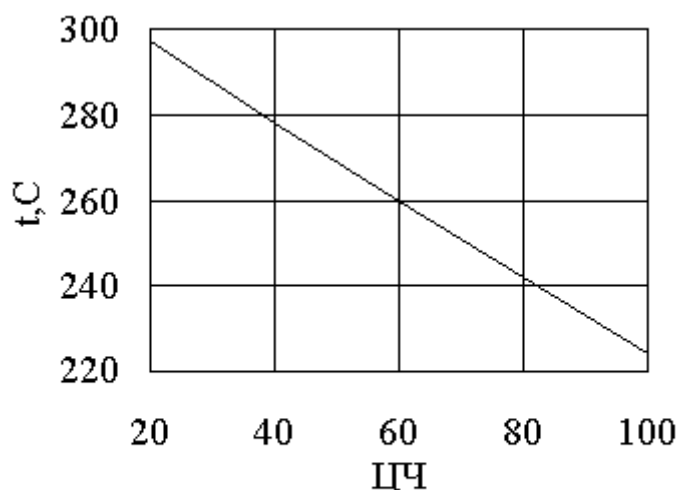


Рисунок 6.1 - Залежність температури samozapalennya від ЦЧ

випробуваному пальному.

Цетанове число безпосередньо пов'язане з температурою та періодом затримки самозапалення. Чим більше ЦЧ, тим нижча температура самозапалення та менший період затримки запалення (див. рис. 6.1).

Застосування ДТ із ЦЧ меншим ніж 45 зазвичай призводить до «жорсткої» роботи двигуна. При цьому виникають ударні навантаження на поршень, підшипники, що викликає їх прискорений знос і навіть руйнування. Підвищення ЦЧ вище ніж 70 спричиняє надмірне скорочення періоду затримки самозапалення, що призводить до погіршення утворення запальної суміші та, як наслідок, до падіння потужності та економічності двигуна. Це так звана «млява» робота. Для забезпечення нормальної роботи двигуна необхідно застосовувати пальне з оптимальною тривалістю періоду затримки самозапалення, який характеризується ЦЧ. Згідно зі стандартами, ЦЧ дизельного пального повинне бути не нижче ніж 45 одиниць.

Цетанове число визначають на одноциліндровій установці ІТ 9–3 (ГОСТ 3122–67), що дозволяє працювати зі змінним ступенем стиску від 7 до 23. У певних умовах проводять випробування дизельного пального, а потім підбирають еталонну суміш, що за займистістю еквівалентна випробуваному пальному. Оцінюють ЦЧ трьома методами: за критичним ступенем стиску, запізненням самозапалення або моментом збігу спалахів.

Приблизно цетанове число дизельного пального можна оцінити за його густиною та в'язкістю, використовуючи формулу [3]:

$$\text{ЦЧ} = (v_{20} + 17,8) \cdot \frac{1587,9}{\rho_{20}},$$

де v_{20} – кінематична в'язкість дизельного пального при 20°C , сСт; ρ_{20} – густина пального при 20°C , кг/м³.

Знаючи груповий хімічний склад, цетанове число можна оцінити за формулою:

$$\text{ЦЧ} = 0,85\text{П} + 0,1\text{Н} - 0,2\text{А},$$

де П, Н, А – уміст у пальному відповідно парафінових, нафтових і ароматичних вуглеводнів.

Цетанове число визначає не тільки характер протікання процесу згоряння при постійній роботі, але і пускові якості пального. Якщо ЦЧ нижче ніж 40 одиниць, то запустити холодний двигун не тільки в зимовий, але і в літній час складно. Нормальний пуск і м'яка робота дизелів у літній час забезпечується паливом із ЦЧ близько 45 одиниць, а в зимовий – 50 одиниць. Більш високі значення ЦЧ для двигунів існуючих конструкцій непотрібні, оскільки це підвищення вже помітно не позначається на поліпшенні процесу згоряння.

Завдання до теми

Орієнтовно визначити цетанове число зразка дизельного пального, використовуючи дані лабораторних робіт з визначення густини та в'язкості. Письмово відповісти на контрольні питання

Контрольні питання

1. Що розуміють під цетановим числом дизельного пального?
2. Як впливає ЦЧ на температуру самозапалення та період затримки самозапалення?
3. Що таке «жорстка» та «м'ява» робота дизеля?
4. Яким чином експериментально визначається цетанове число дизельного пального?

Література: [2; 5].

Практичне заняття № 7

Тема. Класифікація моторних мастил

Мета: вивчення класифікації та асортименту вітчизняних і зарубіжних моторних мастил. Набуття навичок визначення галузі застосування конкретного мастила за його маркуванням.

Короткі теоретичні відомості

Відповідно до ГОСТ 17479–72 існує єдина система позначення моторних мастил для всіх ДВЗ, крім авіаційних. Мастила розділені на класи й групи залежно від їх в'язкості та експлуатаційних якостей. Промисловістю передбачений випуск моторних мастил, що мають кінематичну в'язкість при 100⁰С ν_{100}^0 від 6 до 14 сСт з кроком 2, тобто 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 сСт.

Крім цього, кожний клас в'язкості розділений ще на шість груп за експлуатаційними властивостями, які позначаються великими літерами А, Б, В, Г, Д, Е. Кожна літера вказує на кількість домішок у даному мастилі й на галузь його застосування. Так, мастила групи:

А – містять присадок до 2,5 %, призначені для змащування нефорсованих карбюраторних і дизельного двигунів;

Б – містять присадок до 5 %, призначені для змащування малофорсованих карбюраторних і дизельного двигунів;

В – містять присадок до 7–8 %, призначені для змащування середньофорсованих карбюраторних і дизельного двигунів;

Г – містять присадок до 11–12 %, призначені для змащування високофорсованих карбюраторних і дизельного двигунів;

Д – містять присадок 18 %, призначені для змащування високофорсованих дизельного двигунів, що працюють у важких умовах;

Е – містять присадок 24 %, призначені для змащування дизельного малооборотних двигунів, що працюють на важкому пальному із вмістом сірки до 3,5 %;

При позначенні моторних мастил передусім указується їх призначення: М—моторне. Потім указується в'язкість при 100⁰С, далі – група експлуатаційних властивостей (А – Е) і потім індекс, що вказує на тип двигуна, для якого призначене мастило:

1 – для карбюраторних двигунів, 2 – для дизелів.

Приклад. Позначення М–10Г₁. Це моторне мастило, що має при 100⁰С в'язкість 10 сСт. Призначено для високофорсованих карбюраторних двигунів.

М – 10Г_{2к} моторне мастило з в'язкістю при 100⁰С 10 сСт. Призначене для високофорсованих дизельного двигунів. Індекс «к» свідчить про те, що вказане мастило розроблене для двигунів автомобілів КамАЗ, однак застосовується й для інших типів дизелів.

Класифікацією передбачений випуск згущених зимових і всесезонних мастил, що мають поліпшені в'язкісно–температурні властивості (індекс в'язкості більш ніж 115). В їх маркуванні додатково вказують клас в'язкості – максимально допустиме значення в'язкості при температурі –18⁰С. Такі мастила позначаються через дріб.

Приклад. М – 4з/8Г₂. Моторне мастило 4–го класу в'язкості (тобто при –18⁰С в'язкість не більша ніж 2600 сСт) згущене за допомогою присадок до 8 сСт при 100⁰С. Призначене для всесезонного використання у високофорсованих дизельних двигунах.

М – 6з/10В. Моторне мастило 6–го класу в'язкості (тобто при –18⁰С в'язкість не більш ніж 10400 сСт) згущене за допомогою присадок до 10 сСт при 100⁰С. Призначене для всесезонного використання в середньофорсованих дизельних і карбюраторних двигунах.

За міжнародними стандартами мастила мають наступні класифікації.

1. SAE – класифікація спілки американських автомобільних інженерів. Вона визначає тільки міру в'язкості мастила й не дає ніяких відомостей про його якість, конкретне застосування. Згідно з позначеннями за SAE, цифра вказує середнє значення в'язкості в універсальних секундах Сейболта (SSU), поділене на 2. Поряд із цифрою може стояти буква W (наприклад, SAE 20W),

яка означає, що це мастило для зимової експлуатації. Літні мастила мають цифру без букви (наприклад, SAE 30). Мастила для всесезонної експлуатації мають подвійне позначення, дробове або через дефіс (наприклад, SAE 15W–30 або SAE 10W/40), де перша цифра – це клас в'язкості при -18°C , а друга – клас в'язкості при 100°C .

2. API – класифікація асоціації інженерів американського нафтового інституту. За цією класифікацією мастилу надається позначення з двох букв залежно від його експлуатаційних властивостей. Перша буква – призначення мастила для конкретного двигуна: С – для дизельного, S – для бензинового. Друга буква вказує на експлуатаційні показники даного мастила (для форсованих, високофорсованих двигунів і т. ін.). Наприклад: SF, SJ, CD, CC. Чим далі друга буква за алфавітом, тим вища якість мастила.

3. ACEA (застаріла назва CCMC) – сучасна класифікація Європейської співдружності. Діє паралельно, але незалежно від американської API. Передбачає групи якості, наприклад: A1–96, A2–96, A3–96, або B1–98, B2–98, B3–98. Буква визначає тип двигуна, для якого призначене мастило (A – для бензинового, B – для дизельного); індекс характеризує експлуатаційні властивості, причому чим більша цифра, тим вища якість. Цифри після дефіса вказують на рік сертифікації мастила.

Наприклад. Shell Helix D SAE 10W/40 API CD, CCMC PD2. Це моторне мастило виробництва фірми «Shell». Усесезонне, оскільки за SAE позначення подвійне. Цифра 10 вказує, що при -18°C клас в'язкості 10 (таке мастило працездатне при температурах до -20°C), а цифра 40 – клас в'язкості при температурі 100°C . Класифікація API вказує, що мастило призначене для дизельних (буква С) високофорсованих двигунів (буква D). Додатково застаріла класифікація CCMC свідчить, що дане мастило призначене для високофорсованих дизельних двигунів легкових автомобілів (PD2).

Tedex Motor Oil Universal SAE 15W/40, API CE/SF, ACEA A3–96, B3–96. Універсальне моторне мастило фірми «Tedex». При -18°C клас в'язкості 15, при 100°C клас в'язкості 40. Мастило можна використовувати як для дизельних,

так і для карбюраторних двигунів, про що свідчить дробове позначення SE/SF, однак переважніше використовувати для дизельних двигунів, тому що позначення SE стоїть попереду. Класифікація ACEA вказує, що мастило універсальне, придатне і для бензинових (A3), і для дизельних (B3) сучасних високофорсованих двигунів. Рік сертифікації 1996.

Завдання до теми

Розшифрувати позначення моторного мастила, вітчизняного та імпортного. Завдання видає викладач кожному студенту індивідуально. Письмово відповісти на контрольні питання

Контрольні питання

1. Які параметри моторних мастил указуються в їх класифікації?
2. Як у вітчизняній класифікації моторних мастил указується в'язкість?
3. Що таке SAE, API, ACEA?

Література: [2; 6].

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУТКІВ СТУДЕНТА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Відповідно до положення про проведення поточного та семестрового контролю викладач здійснює перевірку та оцінювання:

- систематичності та активності роботи студента на аудиторних заняттях;
- відвідування студентом аудиторних занять, консультацій;
- розуміння та засвоєння матеріалу, набутих навичок та вмінь самостійно опрацьовувати матеріал, працювати з літературою, а також умінь усно чи письмово подавати матеріал у вигляді презентацій, відповідей на запитання тощо. Розрахунок здобутків студента за 100-бальною шкалою проводять за нижченаведеними математичними залежностями.

Відвідування і робота студента на практичних заняттях оцінюється за формулою

$$B_{\text{пз}} = \frac{0,3K_{\text{факт}}^{\text{пз}} + 0,3K_{\text{акт}}^{\text{пз}}}{0,5\Gamma_{\text{нп}}^{\text{пз}}} + \frac{0,4O_{\text{оф}}^{\text{пз}}}{5} \cdot B_{\Sigma 2};$$

де $K_{\text{факт}}^{\text{пз}}$ – кількість відвіданих практичних занять; $K_{\text{акт}}^{\text{пз}}$ – кількість занять, на яких студент проявляв доцільну активність; $O_{\text{оф}}^{\text{пз}}$ – оцінка за 4-бальною (національною) шкалою, яку студент отримує за оформлення звіту з практичної роботи); $B_{\Sigma 2}$ – максимальна кількість балів, яку студент може отримати за накопичувальною системою за цією формою оцінки роботи ($B_{\Sigma 2}=30$, якщо результатом атестації є залік, в тому числі і диференційований).

Контроль знань студента проводиться його оцінюванням на лабораторних роботах, практичних заняттях та під час модульного контролю. Загальний бал розраховується за формулою

$$B_{\text{контр}} = 0,3 \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{лр}}} O_i^{\text{лр}}}{5N_{\text{лр}}} + 0,2 \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{кр}}} O_i^{\text{пр}}}{5N_{\text{пр}}} + 0,5 \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{лр}}} O_i^{\text{мк}}}{5N_{\text{мк}}} B_{\Sigma 3},$$

де $O_i^{\text{лр}}$ – оцінка захисту i -ої лабораторної роботи; $N_{\text{лр}}$ – кількість лабораторних робіт за робочою навчальним планом; $O_i^{\text{пр}}$ – захисту i -ої

практичної роботи; $N_{\text{пр}}$ – кількість практичних робіт за робочою навчальною програмою; $O_i^{\text{МК}}$ – оцінка за змістовий модуль (оцінка за i -й етап поточного (модульного) контролю); $N_{\text{МК}}$ – кількість змістових модулів за робочою навчальною програмою (кількість етапів поточного (модульного) контролю); $B_{\Sigma 3}$ – максимальна кількість балів, яку студент може отримати за накопичувальною системою за цією формою оцінки роботи ($B_{\Sigma 3}=60$, якщо результатом атестації є залік, у тому числі і диференційований).

Оцінки $O_i^{\text{ЛР}}$, $O_i^{\text{ПР}}$, $O_i^{\text{МК}}$ виставляються за 4-бальною (національною) шкалою, яка враховує рівень знань студента за відповідними видами контролю.

Оцінка 5 (відмінно) виставляється студенту, який виявляє особливі творчі здібності, уміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили.

Оцінку 4 (добре) отримує студент, який уміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок.

Оцінка 3 (задовільно) виставляється студенту, який відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.

Оцінку 2 (незадовільно) отримує студент, якщо він володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колосюк Д.С., Зеркалов Д.В. Експлуатаційні матеріали: Підручник, 2-ге видання, доповнене. Київ: Арістей. 2005. 241 с.
2. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. М.: КолосС, 2007. 199 с.
3. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / Упор. В.Я.Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. 353с.
4. Колосюк Д. С. Кузнецов А. В. Автотракторные топлива и смазочные материалы. – Київ : Вища шк. Главное из-во, 1987. 191 с.
5. Караулов А. К., Худолий Н.Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные : справочник. Киев : журнал „Радуга”, 2000. 436 с.
6. Караулов А. К., Худолий Н.Н. Автомобильные топлива. Бензины и дизельное. Ассортимент и применение : справочник. Киев : журнал „Радуга”, 1999. 214 с.
7. Черненко С.М., Атамась А.І., Семенов В.Г. Економічні показники дизеля під час роботи на біодизельному паливі рослинного походження. - Вісник Кремен. держ. університету ім. М. Остроградського. Наукові праці КДУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДУ ім. М. Остроградського, 2010. – Вип. 1/2010 (60) Частина 1. – с. 143 – 146.
8. Черненко С.М., Атамась А.І., Семенов В.Г. Визначення нижчої теплоти згоряння біодизельного палива зданими хроматографії. - Вісник Кремен. держ. університету ім. М. Остроградського. Наукові праці КДУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДУ ім. М. Остроградського, 2010. – Вип. 2/2010 (61) Частина 1. – с. 87– 92.

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни “Експлуатаційні матеріали“ для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 274 – «Автомобільний транспорт» (у тому числі скорочений термін навчання) освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач к.т.н., доц. С. М. Черненко.

Відповідальний за випуск зав. кафедри «Автомобілі та трактори» Е.С. Клімов

Підп. до др. _____ . Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600