

ЛЕКЦІЯ 7. АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА (2 частина)

План лекції:

1. Спиртові палива
2. Біопалива
3. Водень як паливо
4. Топочні мазути
5. Пічне побутове паливо
6. Тверде паливо
7. Контрольні запитання

СПИРТОВІ ПАЛИВА

В останні роки спостерігається підвищений інтерес до використання спиртів як заміників нафтових палив або як добавку до них. Із спиртів нині найбільше практичне значення мають метанол (CH_3OH) і етанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Ці палива за своїми фізико-хімічними та експлуатаційними показниками найповніше відповідають характерним особливостям сучасних двигунів внутрішнього згорання (табл. 1).

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості нафтових і спиртових палив

Показник	Бензин	Дизельне паливо	Метанол	Етанол
Нижча теплота згорання, МДж/кг	44,4	42,7	19,95	27,72
Густина при 20°C, кг/м ³	710..760	830...860	796	794
Кінематична в'язкість, мм ² /с при 20°C	0,52...0,63	1,5...6,0	0,758	1,52
Температура кипіння, °С	35...215	160...360	65	78
Температура займання, °С	430	210	470	420
Цетанове число	–	≥45	3	8
Октанове число (моторний метод)	76...98	–	95	94

Перспективність використання спиртів, особливо метанолу, зумовлена реальною можливістю добування їх за певною технологією виробництва на основі різноманітної сировинної бази. Метанол можна добувати з вугілля, природного газу та інших джерел, етанол – з відновлюваної рослинної сировини. Спирти можна транспортувати, зберігати й розподіляти так само, як і нафтові палива, вони більш прийнятні в екологічному аспекті, оскільки в разі їх використання вміст забруднень у відпрацьованих газах менший.

Однією з основних переваг спиртів є висока детонаційна стійкість, що дає змогу підвищити ступінь стиску, а отже, й індикаторний ККД двигуна. Порівняно з нафтовими паливами спирти характеризуються стійкішим згоранням, завдяки чому можуть працювати на бідних сумішах ($\alpha=1,5...1,6$), що також підвищує економічність двигуна. Підвищенню потужності двигунів, які працюють на спиртах, сприяє також збільшення коефіцієнта наповнення внаслідок їх високої прихованої теплоти пароутворення та більшої щільності спиртоповітряних сумішей.

Разом з тим на відміну від вуглеводневих палив спирти мають меншу теплоту згоряння, що зумовлює більшу об'ємну їх витрату. Через високу теплоту випаровування їх пускові властивості нижчі, ніж бензину. Вони також корозійно-агресивні що до металів і токсичні.

Ці властивості спиртів і визначають перспективу основних напрямків розвитку як моторобудування, так і паливного виробництва.

Великий досвід із застосування етанолу замість бензину накопичений у Бразилії, де для його добування є значні сировинні ресурси – цукрова тростина. Нині за сучасного рівня розвитку моторобудування стало цілком реальним використання добавок до бензину. Встановлено, що при добавленні 2...3% етанолу не потрібне спеціальне регулювання двигуна. У США та інших розвинених країнах вже використовується паливо під назвою газохол (суміш 10% етанолу і 90% бензину). Економічність двигунів у разі використання газохолу збільшується на 2...4%.

Для організації роботи двигуна на метанолі встановлена раціональна бензино-метанольна суміш, що містить 10...15% метанолу. Метанол є також компонентом ефективної добавки – метилтретбутилового ефіру (МТБЕ), використання якого дасть змогу виключити з бензину тетраетилсвінець, а з компонентного складу бензину вивільнити бензин каталітичного крекінгу, замінивши його на менш дорогий дистилят прямої перегонки. На відміну від метанолу та етанолу МТБЕ практично не розшаровується у суміші з бензином, має високе октанове число та теплоту згоряння. Тому чим нижче октанове число вихідного бензину, до якого додається спирт, тим більший антидетонаційний ефект (табл.2).

Таблиця 2 – Вплив етанолу на октанове число бензинів

Вміст спирту в суміші з бензином, % об.	Октанове число суміші	
	№ 1*	№ 2*
0	70	65
5	–	68
10	71,5	72,5
15	–	77
20	73	–

* Примітка: Бензини №1 і №2, до яких додається спирт, мають різні октанові числа.

БІОПАЛИВА

Біопаливами називають моторні палива, які отримують з відновлювальних, в основному рослинних джерел сировини. В останні роки виробництву і використанню біологічних палив приділяється значна увага. Для виробництва цього виду палива використовують різноманітні олійні культури (соя, ріпак та ін.), а також відходи виробництва тваринних жирів. Найбільш часто для виробництва біопалива використовують ріпакову олію, яка складається з складних ефірів гліцерину і вищих насичених і ненасичених карбонових кислот.

Ріпакова олія має високу температуру плавлення, і тому її піддають гідролізу з отриманням гліцерину і суміші жирних кислот. Цю суміш етерифікують

метанолом з отриманням метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії – біодизельне паливо, яке можна використовувати як таке або у вигляді різних композицій з традиційним нафтовим паливом.

Введення до 10% біодизельного палива практично не впливає на фізико-хімічні та експлуатаційні властивості нафтового дизельного палива, при більшому вмісті виникає необхідність в додаванні депресорних присадок.

Основні фізико-хімічні і експлуатаційні властивості біодизельного палива і його суміші з нафтовим дизельним паливом наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Властивості біодизельного палива і його сумішей з нафтовим дизельним паливом

Показники	Нафтове дизельне паливо	Біодизельне паливо	Кількість біодизельного палива в суміші, %			
			5	20	30	50
Густина, кг/м ³ при 15°C	828	884	833	840	848	858
Цетановий індекс	51	51	51	51	51	51
Нижча теплота згоряння, МДж/л	35,5	32,9	35,3	35,0	34,7	34,2
В'язкість, мм ² /с при 40°C	2,2...2,9	4,5	2,4	2,6	2,7	3,1
Температура спалаху, °C	73	188	75	76	78	83

В США запропоновані два види палива для дизелів: B100 з 100% кількістю біодизельного палива і B20 – нафтове дизельне паливо з 20% біодизельного палива.

При використанні біодизельного палива і його сумішей з нафтовим паливом не потрібна реконструкція обладнання резервуарів, баків, транспортних комунікацій на відміну від застосування інших видів альтернативних палив. Характеристики дизельного двигуна при роботі на біодизельному паливі і традиційному нафтовому паливі практично аналогічні.

Двигуни, які працюють на біодизельному паливі, менше виділяють сажу, оксиди вуглецю і менш токсичні в порівнянні з двигунами, що використовують нафтове паливо.

ВОДЕНЬ ЯК ПАЛИВО

Використання водню як палива вимагає більш тривалого часу для вирішення ряду проблем. Це передусім – розміщення водню на автомобілі. Використання водню в газоподібному стані вимагає мати балони великої маси і великого об'єму. Водень у рідинному стані може зберігатись в криогенних апаратах при температурах мінус 252,8°C і нижче. Зберігання водню в металогідридних акумуляторах не дає можливості накопичувати його в достатній кількості, бо ємність акумуляторів мала при загальній великій масі.

Дуже велика швидкість згоряння водню викликає великі теплові і механічні навантаження в деталях двигуна. Мала енергія, необхідна для займання, може викликати некероване самозаймання палива. Водень спроможний проникати через товщу металу, з підвищенням температури і тиску дифузія водню в метали підвищується. Рідкий водень може викликати розклад деяких металів. Воднево-

повітряна суміш має велику межу займання (4...75% об.) і вибухонебезпечності (18,3...74% об.).

Водень дуже відрізняється від традиційних палив за фізико-хімічними показниками якості (табл. 4). Він має найвищу теплоту згоряння з усіх традиційних і альтернативних палив, по масовій енергоємності водень перевищує нафтові палива у 2,5...3 рази, спирти – у 5...6 разів. Водень запалюється в суміші з повітрям в широкому діапазоні, включно до коефіцієнту надлишку повітря 10, тому водень забезпечує сталу роботу двигуна на всіх швидкісних режимах при складі суміші від $\alpha=0,2$ до $\alpha=5$. Згоряння водневоповітряних сумішей відбувається практично при постійному об'ємі (у стехіометричній області); високі швидкості згоряння різко підвищують тиск.

Таблиця 4 – Показники якості водню і бензину

Показники	Бензин	Водень
Щільність при 15°C, г/см ³	0,7...0,8	0,07
Температура кипіння, °C	30...205	252,8
Температура застигання, °C	-60...-80	259,1
Теплота згоряння нижча, МДж/кг	~ 42,70	76,27
Теплота випаровування, кДж/кг	180...300	450
Коефіцієнт заміності щодо нафтового палива, п/п	1	0,57
Умови зберігання	Звичайні	-253°C і нижче

Це іноді провокує зворотні потрапляння полум'я у впускний колектор, передчасне займання паливних сумішей. Вдосконалення системи паливоподачі може ліквідувати ці недоліки. Для зменшення температури робочого циклу необхідне вдосконалення конструкції самого водневого двигуна.

Відпрацьовані гази водневих двигунів мають значно меншу кількість токсичних сполук порівняно з токсичністю відпрацьованих газів бензинових двигунів.

Одним з недоліків водневого палива є підвищений вміст оксидів азоту у відпрацьованих газах. Іншим недоліком водневих двигунів є можливість утворення пероксиду водню H_2O_2 , при згорянні водню. Пероксид водню у відпрацьованих газах додатково забруднює оточуюче середовище. Для його розкладу до води та кисню на автомобілях необхідно монтувати додаткові перетворювачі (термічні чи хімічні).

Використання високооктанових бензинів вимагає збільшення виготовлення високооктанових компонентів, а виснаження природних копалин вимагає все більшого застосування різних добавок до нафтових палив, але при розробці і використанні альтернативних палив слід враховувати економічні та екологічні питання, а також проводити хімотологічне обґрунтування їх ефективного застосування.

ТОПОЧНІ МАЗУТИ

Топочні мазути, що є продуктами переробки нафти, горючих сланців і кам'яного вугілля, використовують у котельних установках. Головний показник якості мазуту – в'язкість покладено основою його маркування. За в'язкістю визначають спосіб і тривалість зливних та наливних операцій, умови транспортування та ефективність роботи форсунок. В'язкість впливає на швидкість осадження механічних домішок при зберіганні, транспортуванні та підігріві мазуту, а також на ступінь відокремлення його від води (при відстоюванні).

Щільність мазуту при 20°C коливається від 920 до 1015 кг/м³. У поєднанні з в'язкістю вона визначає умови відстоювання мазутів та осадження механічних домішок. Якщо щільність мазуту менша за щільність води, його відстій відбувається за 100...200 год; при щільності 980... 1010 кг/м³ час відстою перевищує 200 год, а при щільності близько 1050 кг/м³ мазут розташовується в резервуарах нижче за воду і відстій його стає неможливим.

Малосірністі топочні мазути містять до 0,5% сірки, сірчисті – до 2%, високосірчисті – до 3,5%. У процесі спалювання мазуту сірчисті сполуки, що містяться в ньому, згоряють з утворенням в основному діоксиду сірки (SO₂) і в дуже невеликій кількості триоксиду сірки (SO₃). Ці сполуки за наявності вологи в топкових газах утворюють кислоти, що викликають підвищену корозію металевих поверхонь димових труб, економайзерів та інших деталей котлів.

До сільського господарства надходять топкові мазути марок 40 і 100, які призначені для котельних установок. Нижча теплота згорання у перерахунку на сухе паливо для малосірчистого мазуту марки 40 становить 40,74 МДж/кг, марки 100 – 40,53 МДж /кг, а для сірчистого обох марок 39,9 МДж/кг. Температура застигання мазуту марки 40 має бути вищою 10°C, а марки 100 – не вищою 25°C.

ПІЧНЕ ПОБУТОВЕ ПАЛИВО

Пічне побутове паливо одержують із дизельних фракцій як прямої перегонки нафти, так і вторинного походження – дистилятів термічного, каталітичного крекінгу та коксування.

У пічному паливі не містяться сірководень, водорозчинні кислоти та луки, а також механічні домішки (табл. 5).

Пічне побутове паливо має ширший фракційний склад порівняно з дизельним паливом. Температура застигання -15°C ускладнює його використання за низьких температур. У період з 1 квітня до 1 вересня допускається застосовувати палива з температурою застигання не вище -5°C.

Пічне побутове паливо широко використовують у сільському господарстві для роботи парових і водогрійних котлів, теплогенераторів, зерносушарок та ін. При роботі на пічному побутовому паливі в зимовий період можлива втрата його плинності на лінії подачі палива в теплогенеруючі установки, а також забиття парафінами паливних фільтрів. Тому резервуари, в яких зберігається пічне паливо, та баки, звідки воно надходить до установок для спалювання, слід розміщувати в утеплених приміщеннях. Для покращення низькотемпературних властивостей пічного побутового палива застосовують депресорні присадки, синтезовані на основі сополімеру етилену з вінілацетатом.

Таблиця 5 – Характеристика пічного побутового палива

Показник	Значення
Фракційний склад:	
10% переганяється при температурі, °С, не нижче	160
90% переганяється при температурі, °С, не вище	360
Кінематична в'язкість при 20°С, мм ² /с, не більше	8
Температура застигання, °С, не вище:	
з 1 вересня до 1 квітня	-15
з 1 квітня до 1 вересня	-5
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не нижче	45
Масова частка сірки, %, не більше:	
у малосірчистому паливі	0,5
у сірчистому паливі	1,1
Випробування на мідній пластинці	Витримує
Кислотність, мг КОН/100 см ³ палива, не більше	5
Зольність, %, не більше	0,02
Коксівність 10%-го залишку, %, не більше	0,35
Вміст води	Сліди
Колір	Від світло-коричневого до чорного
Щільність при 20 °С, кг/м ³	Не нормується, визначення обов'язкове

ТВЕРДЕ ПАЛИВО

Тверде паливо, що використовується в сільськогосподарському виробництві, ділять на природне (викопне вугілля, торф, відходи деревини сільськогосподарського виробництва) та штучне (різні брикети, деревне вугілля). У різних зонах країни широко застосовують палива місцевих видів. У твердому паливі у великій кількості міститься баласт, який різко знижує його теплову цінність.

Викопне вугілля буває двох основних видів: гумусове, що утворилося з вищих наземних рослин (в основному деревини), і сапропелітове, що утворилося з водних рослин і водоростей, багатих жирами і воском. Широко поширене вугілля змішаного походження. Залежно від ступеня зміни органічної речовини, або від «хімічного» віку, вугілля поділяють на буре, кам'яне та антрацити.

Вугілля класифікують за розмірами шматків: плита – розмір шматків понад 100 мм, великий – 50... 100, горіх – 25...50, дрібний – 13...25, насіння – 6... 13, штиб – менше 6 мм.

Буре вугілля є бурою землистою або чорною однорідною масою, яка при зберіганні окислюється і розсипається в порошок. Буре вугілля має високу зольність (15...30%) і вологість (15...50%), тому діапазон значень його теплоти згоряння дуже великий (8,4...18,8 МДж/кг). Воно легко спалахує і горить довгим полум'ям, що коптить. Буре вугілля схильне до окислення і самозаймання, тому його рекомендують укладати в штабелі заввишки не більше 2,5 м і зберігати не більше місяця, щоб уникнути можливого самозаймання.

Склад бурого вугілля дуже неоднорідний: вуглець – $C^r=65...78\%$, водень – $H^r = 4,3...6,2$, кисень – $O^r = 16...27$, нітроген – $N^r = 0,7... 1,8$, сірка – $S^r = 0,4...3,9\%$. Вихід летких речовин на пальне становить 40...50 %, а в деяких видах вугілля доходить до 60 %. Класифікують його в залежності від розмірів шматків: бурий крупний (БК), бурий горіх (БГ), бурий дрібний (БД), буре насіння зі штибом (БНШ) і бурий рядовий (БР).

Кам'яне вугілля має чорний колір і відрізняється від бурого меншим вмістом золи та вологи. Склад органічної маси кам'яного вугілля також неоднорідне: $C^r = 78...90\%$, $H^r = 4...5,8$, $O^r = 3...15$, $N^r = 0,5...2$, $S^r = 1...6$, зола – 15...27, вода – 4...12%. Нижча робоча теплота згоряння коливається від 20,73 до 31,4 МДж/кг.

Розрізняють кам'яне вугілля шести марок. Вугілля, спрямоване на термічну переробку для отримання смоли та газу, маркують Д (довгополум'яні) та Г (газові). Вони мають понад 35% летких речовин. Вугілля, що йдуть на переробку з метою отримання металургійного коксу, позначають К (коксівні) і Ж (жирні). Вугілля, що використовується як паливо, позначають СС (схудлі що спекаються) і Х (худі).

Застосовують також кам'яне вугілля, придатне для спалювання в ковальських горнах. Ці вугілля повинні містити не більше 20% летких сполук, невелику кількість сірки, мати теплоту згоряння 25...27 МДж/кг і мати здатність спекатися, тобто при розкладанні без доступу повітря утворювати кокс у вигляді шматків, а не порошок. Таке вугілля зазвичай називають ковальським.

Антрацит є різновидом кам'яного вугілля і містить вуглецю 96,5 %. Він має чорний колір з сіруватим відтінком, має високу щільність і міцність. В антрациті міститься невелика кількість води (3...5%), золи (10...15%) та летких речовин (2...9%). Теплота згоряння антрациту найвища серед викопного вугілля – 25...27МДж/кг, інколи 30МДж/кг.

Антрацити маркують за розміром шматків: АП – плитний; АК – крупний; АГ – горіх; АД – дрібний; АН – насіння; АШ – штиб.

Сланці характеризуються високим вмістом золи (50...60%) та вологи (15...20%). У горючій частині сланців міститься велика кількість водню (до 10%), а вихід летких речовин досягає 90%, тому вони легко спалахують. Теплота згоряння сланців невисока і становить 5,8...10,8 МДж/кг. У сільському господарстві сланці використовують як котельне паливо.

Торф утворився в результаті розкладання рослинних залишків в умовах надлишку вологи та незначного доступу повітря. Якщо торф утворився з рослинності, багаті мінеральними солями (осоки, тростини, очерету), його називають луговим чи низинним. Він містить 8...16% золи. Якщо торф утворився з рослинності, бідної мінеральними солями, його вважають моховим, чи верховим, вміст золи у ньому 2...4 %.

Є торфовища змішаного походження, зольність яких 7...9%. Торф є однорідною масою від жовтого до темно-коричневого кольору, вологість якої 85...95%.

Торф є оборотним колоїдом, тобто при висушуванні він виділяє воду, а намокаючи, поглинає її знову. Якщо вологий торф висушити до вмісту вологи нижче 34%, він перейде в незворотний колоїд. Повітряно-сухий торф зручний для транспортування. Його можна зберігати за будь-якої погоди, тому що він не змінює

форму і не поглинає воду, а лише злегка намокають верхні шари. Органічна маса торфу характеризується наступним складом: $C^r = 55...56\%$, $H^r = 5...6$, $O^r = 35...40$, $N^r = 0,5...3$, $S^r = 0,12...1,5\%$. Найнижча теплота згоряння горючої маси торфу становить близько 12,6 МДж/кг. Торф широко використовують як паливо для теплових установок та побутових потреб, а також як добриво та підстилку для худоби.

Деревина містить понад 60% целюлози, близько 30% лігніну та близько 1% мінеральних солей. Елементний склад органічної частини деревини: $C^r = 50\%$, $H^r = 6$, $O^r = 43$, $N^r = 1\%$. Основним баластом в паливі цього виду є волога, вміст якої в свіжозрубаній деревині досягає 50...60%.

Дрова бувають сухі (вологість менше 25%), напівсухі (25...30%), сирі (понад 35%). До сухих відносять дрова, заготовлені в осінній або зимовий період і пролежали в чорницях не менше року: до напівсухих – не менше 6 міс; до сирих – менше 6 місяців після рубки. Теплота згоряння паливної маси деревини становить 18,8...19,2 МДж/кг, проте за вологості 30% вона знижується до 13,3 МДж/кг.

Теплоту згоряння (кДж/кг) дров різної вологості можна розрахувати за формулою:

$$Q_H^P = 18422 - 50W^P.$$

Теплота згоряння дров з деревини різних порід коливається в невеликих межах, проте маса 1 м³ твердих порід у 1,6...1,8 разів більша за м'які. Дрова відпускають споживачеві за обсягом, а не за масою, тому перевагу віддають твердим породам деревини. З урахуванням твердості деревини дрова по теплоті згоряння ділять на чотири групи: 1 – дуб, граб, ясен, клен, бук – їх тепловий еквівалент ТЕ = 1,2; 2 – береза, модрина – ТЕ = 1; 3 – вільха, сосна, кедр, ялиця – ТЕ = 0,8; 4 – верба, осика, тополя, липа – ТЕ = 0,7.

Сільськогосподарські відходи використовують для виробничих та побутових потреб, особливо у районах де нема лісів. До відходів відноситься солома, соняшникове лушпиння, костра, стебла соняшнику, рисова луска і т.п. За складом органічної маси ці відходи найближчі до деревини.

Деревне вугілля отримують у результаті сухої перегонки деревини за нормальної температури 400...450°C без доступу повітря. Органічна маса такого вугілля містить 75% вуглецю, 4% водню, 20% кисню та азоту. Його зольність становить близько 1%, вологість 10%. Найнижча теплота згоряння деревного вугілля 27 МДж/кг.

Штучне паливо отримують фізико-механічними методами (сортування, збагачення, сушіння, брикетування та ін.) та фізико-хімічними (суха перегонка, напівкоксування, коксування та ін.). Брикети одержують із відходів сільськогосподарського виробництва із застосуванням сполучної речовини в пресах при тиску 100...150 МПа (холодне брикетування). При гарячому брикетуванні торфу, пилу та крихти вугілля сполучною речовиною служить смола, що виділяється ними при нагріванні. Тиск такого брикетування 25...30 МПа, температура 260...320 °С.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. В чому полягає основна причина розробки альтернативних палив та які їх сировинні джерела ?
2. Які експлуатаційні властивості спиртів, ефірів та інших альтернативних палив?
3. У яких установках використовують паливні мазути?
4. Назвіть марки топкових мазутів, які у сільське господарство?
5. У яких установках сільськогосподарського призначення застосовують побутове пальне?
6. Яка теплота згоряння у пічного побутового палива?
7. Які тверді палива використовують у сільськогосподарському виробництві?
8. Який склад бурого вугілля?
9. Назвіть сільськогосподарські відходи, які використовуються для опалення виробничих приміщень та побутових потреб.
10. Розкажіть про отримання штучного палива.