МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Транспортні пально-мастильні матеріали»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів

за темою № 1 – Види палив, їх властивості і процеси горіння

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО
Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО
Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО
Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник:
Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач - методист Давітая О. В.

Рецензенти:
1. *Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н. , доцент Павленко О. В.;*
2. *Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, к.х.н., доцент Козловська Т. Ф.*

План лекції

1. Загальна характеристика палив.
2. Класифікація палив та його види.
3. Склад палив. Теплота згоряння палива.
4. Рідке та газоподібне паливо.

Рекомендована література:

Основна

1. Бойченко С. В., Черняк Л. М., Новікова В. Ф. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів : Київ : НАУ, 2012. 308 с. URL:https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38010/3/%D0%9E%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B8_%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%96_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%91%D0%BE%D0%B9%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D0%92%D0%A1%D0%95_%D0%905.pdf (дата звернення: 15.08.2023).
2. Бойченко С. В. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 323 с. URL:https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38010/ (дата звернення: 10.08.2023).
3. Бойченко С. В. Моторні палива: властивості та якість: підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 324 с. URL:https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka (дата звернення: 10.08.2023).
4. Бойченко С. В., Спіркін В. Г. Вступ до хіммотології палив та олив : навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.1. 236 с.
5. Бойченко С. В., Любінін Й. А., Спіркін В. Г. Вступ до хіммотології палив та олив : навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.2. 276 с.
6. Полянський С.К., Коваленко В.М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин : підручник . Київ : Либідь, 2005. 504с. URL:https://prom.ua/ua/p1824906114-polyanskij-kovalenko-ekspluatatsijni.html (дата звернення: 05.08.2023).

Додаткова

7. Карпинець А. П. Лекції з курсу «Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів» : навч. посібник. Горлівка, 2014.107 с. URL : https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/27470/2/%D0%92%D0%95%D0%9C_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82.pdf (дата звернення: 25.07.2023).
8. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.1. 353 с. URL : https://library.kr.ua/wp-

content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf (дата звернення: 25.07.2023).
9. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: ЦентральноУкраїнське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. URL : https://library.kr.ua/wp content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf (дата звернення: 13.07.2023).
10. Сизова З.О. Конспект лекцій з дисципліни «Хімотологія» : навч. посібн. Харків, 2013. 83 с. URL : https://docplayer.net/amp/111468418-Konspekt-lekciy-z-disciplini-himotologiya.html (дата звернення: 28.07.2023).

Текст лекції

1. Загальна характеристика палив.

Розвиток промисловості й транспорту безпосередньо пов'язаний зі зростанням потреби палив. В економіці застосовують багато видів палива. У широкому понятті термін «паливо» означає всі матеріали, що використовуються як джерело енергії. За походженням паливо поділяють на природне (нафта, газ, вугілля, природні сланці, торф, деревина) і штучне, або синтетичне (кокс, моторні палива, генераторні гази, біогази та ін.), за агрегатним станом – на газоподібне, рідке, тверде.

Моторні палива – ті види палива, що використовуються в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ).

Одним з основних напрямів розвитку світової нафтопереробної промисловості є виробництво моторних палив. Сьогодні та в перспективі основний обсяг споживання нафтопродуктів залишатиметься домінуючим у транспортному секторі (60 %). Споживання палива у світовому транспортному секторі становить близько
91 % загального балансу використання джерел енергії, а частка моторних палив у загальному світовому балансі споживання нафтопродуктів – 56–76 %.

Науково-технічний прогрес у галузі авіа- та автомобілебудування разом із посиленням екологічних вимог і умов експлуатації транспортних засобів висуває підвищені вимоги до якості моторних палив. Історичний екскурс розвитку техніки підтверджує, що прогрес у цій царині був тісно пов'язаний з удосконаленням виробництва моторних палив. Так, наприклад, для виконання міжнародних екологічних вимог необхідне впровадження комплексу заходів з удосконалення конструкції двигунів, а також для поліпшення якості моторних палив.

Навіть авангардна позиція двигунобудівників, які вважають, що вони завжди йдуть попереду, розробляючи сучасні покоління транспортних засобів, показує пріоритетну їх зорієнтованість на нові специфічні якості палив.

У той же час нафтопереробники вважають головним виконання двох основних завдань: 1) поліпшення якості моторних палив для надання їм властивостей підвищеної екологічної безпеки; 2) забезпечення природоохоронних заходів безпосередньо на нафтопереробному підприємстві.

Ці тенденції мають перспективний характер як з позицій удосконалення існуючих технологій виробництва моторних палив, так і у контексті впровадження нових прогресивних технологій авіа- та автомобілебудування.

За першим законом хіммотології експлуатаційні властивості палив обумовлюються хімічним складом складових речовин, структурою та енергетичним станом їх молекул. А третій закон вказує, що надійність, економічність і екологічність техніки визначається якістю палив та інших експлуатаційних матеріалів. Іншими словами, кількісне відтворення властивостей моторних палив характеризується їх якісними показниками.

Якість моторних палив має великий вплив на надійність експлуатації машин і механізмів. Якість є мірою відповідності властивостей палив технічним характеристикам транспортного засобу та умовам його експлуатації.

Моторні палива, на сьогодні є традиційними джерелами енергії для сучасних транспортних засобів.

Властивості моторних палив

Основним сировинним джерелом отримання моторних палив до сьогодні залишається унікальна природна копалина – нафта. Близько 2 тис. років до н. е. до сфери практичних інтересів людини ввійшли нафта і газ, тому про нафту відомо людству вже понад 4 тисячі років. Неможливо уявити життя сучасної людини без них. Палива і мастильні матеріали, розчинники, тверді продукти (зокрема, парафіни, бітуми тощо), пластмаси, синтетичні волокна, полімерні матеріали, гуми, фарби і лаки та багато інших предметів, що повсякденно використовуються у побуті, своїм походженням пов’язані з нафтою. Найбільшу питому частку серед продуктів перероблення нафти мають моторні палива.

Нафта (через турецьке neft від персидського нефт), на відміну від інших горючих копалин, переважно складається з вуглеводнів, що під час згорання виділяють значну кількість тепла. Нафта – це суміш різноманітних хімічних сполук. В одній краплині нафти міститься близько 900 різних надскладних хімічних сполук, більше ніж половина хімічних елементів таблиці Менделєєва. Нафта – це своєрідний згусток енергії, основне джерело енергії та тепла.

На сьогодні чітко визначились три основні напрями використання нафти: на енергетичні потреби, як сировина для виробництва нафтопродуктів із заданими властивостями та сировина для нафтохімічного синтезу.

Паливом називають горючу речовину, яку спеціально спалюють для одержання тепла і подальшого його використання для інших потреб у сільськогосподарському виробництві. Воно повинно мати певні властивості,

тобто відповідати таким основним вимогам: порівняно легко займатися; при згорянні виділяти якомога більше теплоти; бути поширеним у природі, доступним при видобуванні та дешевим при виробництві; не змінювати свої властивості при транспортуванні та зберіганні; бути нетоксичним і при згорянні не виділяти шкідливих та отруйних речовин.

Цим вимогам найбільш повно відповідають речовини органічного походження: нафта, природний газ, тверді горючі копалини тощо.

2. Класифікація палив та його види.

Палива класифікують за такими основними ознаками: агрегатним станом, походженням і способом одержання, тепловою цінністю, цільовим призначенням або застосуванням.

За агрегатним станом всі види палива поділяють на тверді, рідкі і газоподібні.

За походженням палива ділять на нафтові і альтернативні. До альтернативних палив належать спирти, водень і майже всі види штучних вуглеводних палив. За способом одержання палива бувають природні, які використовують у тому вигляді, в якому вони існують у природі, і штучні, якщо після видобутку їх переробляють. За тепловою цінністю, тобто тепловою згоряння, палива класифікують на висококалорійні, середньо - і низькокалорійні. За цільовим призначенням паливо розрізняють: паливо для двигунів з примусовим запалюванням, реактивні і дизельні палива. Для двигунів з примусовим запалюванням відносять бензин і газоподібне паливо. Дизельне паливо виготовляють для швидкохідних двигунів (автомобільних, тракторних тощо), для середньо - і тихохідних двигунів (судових і стаціонарних).

У сільському господарстві застосовують всі види палив: рідке – яке забезпечує роботу сільськогосподарської техніки, стаціонарних двигунів та інших теплових установок сільськогосподарського виробництва (дизель-електростанцій з двигунами внутрішнього згоряння, котельні установки тощо); газоподібне – у газобалонних автомобілях і газогенераторних установках, для технологічних і побутових потреб; тверде – для різних виробничих і побутових потреб.

Поняття «паливо» є категорія не тільки технічна, а й економічна та екологічна, оскільки у кожному конкретному випадку його використання має бути ефективним. До того ж, при спалюванні палива необхідно створювати умови для якомога меншого забруднення навколишнього середовища.

3. Склад палив. Теплота згоряння палива.

Будь-яке паливо складається з двох основних частин: горючої і негорючої (баласту). Горюча частина містить різні органічні сполуки, до яких входять такі хімічні елементи: вуглець (С), водень (Н), сірка (S), кисень

(O), азот (N), а також ті неорганічні сполуки, які під час горіння палива, розкладаючись, утворюють легкі речовини.

Склад твердого і рідкого палива визначається у процентах за масою, газоподібного – у процентах за об'ємом.

Вуглець – основа горюча складова, із збільшенням частки якої зростає теплова цінність палива. Вміст вуглецю у різних видах палива коливається у межах від 50% (дрова) до 98% (антрацит).

Водень за теплотою згоряння майже у 4 рази цінніший ніж вуглець. Враховуючи, що вміст водню в паливі складає до 25% - це друга за значимістю складова частини палива.

Кисень, що входить в склад палива, не горить і тому фактично є внутрішнім баластом горючої частини. Вміст кисню становить від 0,5% до 43%. Чим більше в горючій частині кисню, тим менш цінне паливо.

Азот, як і кисень, не горить, є внутрішнім баластом горючої частини. У твердому і рідкому паливі вміст азоту невеликий (0,5...1,5%) і тому вплив його на теплову цінність палива незначний. Однак, у деякому газоподібному паливі (наприклад, генераторному газі) вміст азоту становить біля 50%, що різко знижує його теплову цінність.

Сірка є горючим елементом і, входячи до складу палива у вільному стані або у вигляді органічних і сульфідних сполук, бере участь у горінні. Але не зважаючи на це, сірка є дуже небажаною складовою палива тому, що під час горіння сірки утворюються сполуки SO_2, SO_3, які викликають газову корозію, а з'єднуючись з вологою, яка завжди є у паливі, перетворюються у сірчисту та сірчану кислоти, які викликають рідину корозію металів. Вміст сірки у твердому паливі коливається від 0,01 до 8%, а у нафтах – від 0,1 до 4%. При переробці палива намагаються вміст сірки за можливістю довести до мінімуму.

Негорюча частина у твердому і рідкому паливі складається з мінеральних домішок (при згорянні утворюють золу А) і вологи W. Ця частина, зменшуючи об'єм горючої частини і відбираючи частину теплоти на своє нагрівання, знижує теплову цінність палива. Крім того зола прискорює абразивне спрацювання деталей циліндро-поршневої групи двигунів, а волога збільшує корозію та ускладнює експлуатацію установок взимку.

Вміст мінеральних домішок у рідкому паливі вимірюється десятими частинами процента, а у твердому – десятками процентів. Мінеральні домішки і вологу розділяють на зовнішні та внутрішні. Перші – потрапляють у паливо з навколишнього
середовища при його добуванні, транспортуванні, зберіганні, другі – входять до його хімічного складу.

Залежно від фізичного стану палива, при якому визначають його елементарний склад, розглядають маси: робочу (р), аналітичну (повітряно-суху, лабораторну) (а), суху (с), горючу (г) і органічну (о).

Паливо, яке надходить до споживачів у природному стані та містить, крім горючої частини, золу і вологу, називають робочим. Елементарний склад палива виражають рівнянням

$$C_P + H_P + O_P + N_P + S_P + A_P + W_P = 100\%$$

У тих випадках, коли паливо піддають лабораторному дослідженню, з нього готують аналітичну пробу, яку приводять для повітряно-сухого стану. При цьому паливо містить тільки внутрішню вологу.

Суха маса не має вологи, оскільки вона одержана штучним сушінням при температурі 105 °С.

Горюча маса – це паливо, що не має вологи і золи. А якщо з палива видалити ще і сірку, то отримують органічну масу.

Загальний склад палива для різного його стану схематично показаний на рис. 1.1. Елементарний склад палива розраховують на горючу і суху маси, а всі теплові розрахунки ведуть на робочу (дійсну) масу, склад якої залежить від кількості золи і вологи.

Горюча частина газоподібного палива включає: водень (Н), оксид вуглецю (СО), метан (СН4), та інші вуглеводні (C_nH_m) з числом атомів вуглецю до чотирьох. Негорюча частина – пари води і негорючі гази (CO_2, N_2, O_2).

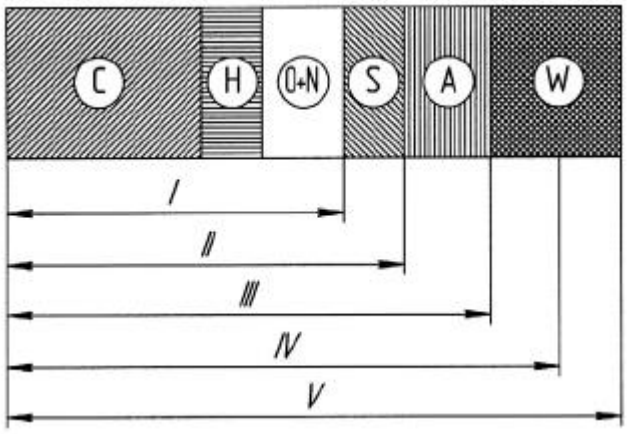

Рис 1.1. Загальний склад палива:
I – органічна; II – горюча; III – суха; IV – лабораторна (аналітична);
V – робоча маса

Теплота згоряння палива

Кількість теплоти, яка виділяється під час повного згоряння одиниці маси (1 кг рідкого або твердого) або одиниці об'єму (1 м^3 газоподібного) палива називають питомою теплотою згоряння (теплотворністю) палива (надалі у тексті просто теплота згоряння).

При згорянні вода, яка міститься в паливі та утворюється від згоряння водню, перетворюється в пару. На пароутворення води витрачається теплота.

Теплоту Q згоряння називають вищою (Qв) у тому випадку, коли пари води конденсується і
теплота, що затрачена на пароутворення звільнюється. Якщо ж пари води виносяться з димовими або відпрацьованими газами, частина теплоти втрачається і таку теплоту називають нижчою (Qн).

Теплоту згоряння визначають експериментальним шляхом у спеціальних приладах-калориметрах, і розрахунковими методами. Суть калориметричного методу визначення теплоти згоряння палива полягає в тому, що при спалюванні певної кількості палива у спеціально закритих камерах калориметричних установок теплота продуктів згоряння передається воді і при цьому її оцінюють за підвищенням температури в калориметрі.

При визначенні теплоти згоряння розрахунковими методами необхідно знати елементний склад палива. Найчастіше визначають теплоту згоряння за законом Г.І. Геса, згідно з яким вона залежить від складу початкових та кінцевих продуктів і не залежить від проміжних реакцій. Підрахована таким чином теплота згоряння буде трохи відрізнятися від фактичної, оскільки горючі елементи у паливі перебувають не у вільному стані, а утворюють різні органічні сполуки, на руйнування яких витрачається частина теплоти. Тому згоряння палива дає менший тепловий ефект, ніж згоряння окремих елементів, які входять до його складу, що і враховується коефіцієнтами формул. У практиці найчастіше для визначення теплоти згоряння застосовують формули Д.І. Менделєєва. Відповідно до них теплоту згоряння рідких і твердих палив, кДж/кг, визначають так:

$$Q_в = 339\ C + 1256\ H - 109\ (O - S)$$
$$Q_н = Q_в - 25\ (9H + W) = 339\ C + 1090H - 109\ (O - S) - 25\ W$$

де C, H, O, S, W – елементний склад палива, відсотки за масою; 25 – коефіцієнт, який враховує втрати теплоти, що виносяться продуктами згоряння в атмосферу (1 кг пари при виносі в атмосферу забирає 2500 кДж/кг); 9H – число масових частин води, що утворюється при згорянні однієї масової частини водню.

Теплоту згоряння газоподібного палива, кДж/м^3, у розрахунку на суху масу визначають за формулами:

$$Q_в = 128(CO + H_2) + 339\ CH_4 + 639\ C_nH_m$$
$$Q_в = 128CO + 108\ H_2 + 356CH_4 + 589C_nH_m$$

де CO, H_2, CH_4, C_nH_m – склад газоподібного палива, проценти за об'ємом за нормальних умов (0°C, тиск 760 мм. рт. ст.).

Теплоту згоряння робочої маси газоподібного палива, що містить вологу, підраховують за формулами:

$$Q_в^p = Q_в^c \frac{0{,}805}{0{,}805 + W};$$
$$Q_н^p = Q_н^c \frac{0{,}805}{0{,}805 + W}$$

де 0,805 – маса 1м^3 газу, кг.

Для порівняння різних видів палива, а також для обліку загальних запасів палива і складання замовлень встановлений еталон – умовне паливо.

Умовне паливо – це єдиний еквівалент всіх видів палива за теплотою згоряння. Розрахункова теплота згоряння умовного палива для твердого і рідкого палива дорівнює 29307 кДж/кг, а для газоподібного – 29308 кДж/кг.

У випадку порівняння палив визначають їх теплові (калорійні) еквіваленти, які є відношенням теплоти згоряння будь-якого палива до теплоти згоряння умовного:

$$E = \frac{Q_н^p}{29307}$$

Щоб перерахувати фактичне паливо в умовне потрібно його масову кількість помножити на тепловий еквівалент (табл.1).

Таблиця1 - Теплота згоряння і теплові еквіваленти палива і вуглеводнів

Палива, сполуки	Теплота згоряння, кДж/кг	Тепловий еквівалент
1	**2**	**3**
Умовне паливо	29307	1,00
Кам'яне вугілля	29310	1,00
Антрацит	30230	1,03
Буре вугілля	14235	0,49
Торф	13440	0,46
Деревина	12500	0,43
Нафта	41867	1,43
Бензин	44000	1,50
Гас (керосин)	43200	1,47
Дизеьне паливо	42600	1,45
Мазут	41150	1,40
Гази: - природний - водяний - світильний - зріджений	35586 10885 18000 46000	1,21 0,37 0,63 1,57
Бутан	45800	1,56
Ізооктан	44600	1,52
Бензол	41000	1,40
Метанол	19000	0,65
Етанол	26400	0,90

4. Рідке та газоподібне паливо.

Рідке паливо, що використовують для потреб теплоенергетики, одержують методами його термохімічного розкладу. Нафта складається в основному з вуглеводнів трьох класів: метанові вуглеводні - метан, етан, пропан, бутан, ізобутан тощо; нафтенові вуглеці - циклогексан тощо; ароматичні вуглеці - бензол, толуол, нафталін тощо.

Склад нафти такий: C^P = 83...87%, H^p = 11...14 %, S^p від 0,01 - у малосірчистих нафтах до 5,0...7,0% - у високосірчистих, O^p = 0,1...0,3%, N^p=0,02...1,7%. Нижча робоча теплота згоряння нафти Q_H^P = 40...46 МДж/кг. Природна нафта містить не більше 0,3% мінеральних домішок і 2% води.

Із нафти, залежно від температури перегонки, одержують нафтопродукти: бензинові, гасові, дизельні, солярові, мазутні. Для побутового опалення випускають пічне побутове паливо (ППП). У великих опалювальних котельнях, що працюють на рідкому паливі, звичайно застосовують мазут, а у невеликих котельнях та побутових установках - пічне побутове паливо.

Мазути, що застосовують у котлах, поділяють на топкові марок 40В і 40 (паливо середньої в'язкості) і топкові мазути 100В, 100 і 200 (паливо важке). За вмістом у них сірки топкові мазути ділять на три групи: малосірчасті (S^p<0,5%), сірчасті (S^p=0,5...2%) і високосірчасті (S^p>2%). Зольність мазутів не перевищує 0,1...0,3%. Вміст води у мазуті коливається у великих межах (від 0,5 до 5,0%). Теплота згоряння мазуту становить 39...42 МДж/кг. Температура спалаху дорівнює 80...140°С. В'язкість, що визначається при температурах 50, 80 і 100°С, коливається у межах 5...16°ВУ. Густина мазуту дорівнює 9,8...10,5кН/м^3.

Пічне побутове паливо широко використовується у сільськогосподарському виробництві. На цьому паливі працюють парові та водогрійні котли, теплогенератори, зерносушарки, установки для комунально-побутових потреб. Пічне паливо виробляється з нафти. Температура його застигання не вище –15°С і тому ємкості, де зберігається паливо, і баки, звідки воно надходить до установок для спалювання, розміщують в утеплених приміщеннях. Пічне побутове малов'язке паливо (із умовною в'язкістю не більше 1,15°ВУ). Температура спалаху не нижча +42 °С. Нижча теплота згоряння у перерахунку на сухе паливо – не менше 41,2 МДж/кг.

Гас використовують як паливо у теплогенераторах і сушарках, а також для побутових потреб.

Дизельне паливо випускають двох марок ДТ і ДМ. Паливо марки ДТ має в'язкість при 50°С менше 5°ВУ, температуру спалаху понад 65°С, температуру застигання менше -5°С. Паливо марки ДМ характеризується в'язкістю при температурі 50°С, що дорівнює 20 °ВУ, температурою спалаху 85°С, температурою застигання -10°С. Нижча теплота згоряння дорівнює приблизно 42,5 МДж/кг. Дизельне паливо використовують в основному у дизелях, у тому числі у дизельних електростанціях.

Газоподібне паливо

Газоподібне паливо поділяють на природне і штучне. До природного відносять газ, що видобувається з газових родовищ, попутний газ, одержуваний одночасно із видобутком нафти, а також газ, який видобувається із конденсатних родовищ. До штучних відносять гази, що

одержують при переробці нафти, перегонці твердого палива, анаеробній ферментації відходів (біогаз), а також зріджені гази.

Гази, що видобуваються із газових родовищ, складаються в основному з метану (85...95%). Вміст у них N_2 – 0…4%, CO_2 – не більше 15%, H_2S – не більше 6%. Нижча теплота згоряння цих газів $Q_н^р$ =33…40 МДж/кг.

Генераторний газ одержують при перегонці твердого палива (кам'яне або буре вугілля, дрова, торф) із нестачею повітря близько 60% у спеціальних установках – газогенераторах. Склад генераторного газу коливається у межах: CO=25…30%, H_2= 12…15%, CH_4=05…3,5%, CO_2=5…8%, O_2=,2…0,5%, N_2=45…50%.

Нижча теплота згоряння генераторного газу 5…6,5 МДж/м^3.