

І. В. Бичков, Ю. А. Воробйов, А. М. Григорович

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Частина 1

АВТОМОБІЛЬНІ ПАЛИВА

2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

І. В. Бичков, Ю. А. Воробйов, А. М. Григорович

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Частина 1

АВТОМОБІЛЬНІ ПАЛИВА

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2019

УДК629.331–63 (075.8)
Б75

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. С. О. Тимчук,
канд. техн. наук, доц. М. М. Скалига

Бичков, І. В.

Б75 Експлуатаційні матеріали [Електронний ресурс] : навч. посіб.
Ч. 1. Автомобільні палива / І. В. Бичков, Ю. А. Воробйов,
А. М. Григорович. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жу-
ковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 57 с.

Розглянуто теоретичні й практичні частини класифікації, отримання й застосування палив, які використовуються в автомобільному транспорті на сучасному етапі його розвитку. Велику увагу приділено фізико-хімічним і експлуатаційним властивостям рідких автомобільних палив.

Для студентів, які навчаються за спеціальністю «Автомобільний транспорт».

Іл. 2. Табл.11. Бібліогр. : 8 назв

УДК 629.331–63 (075.8)

© Бичков І. В., Воробйов Ю. А.,
Григорович А. М., 2019
© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2019

Частина 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПАЛИВА. НАФТА І НАФТОПРОДУКТИ

1.1 Загальні відомості про палива. Основні властивості палив

Паливо — це горючі речовини, основною складовою частиною яких, як правило, є вуглець. Вони вживаються з метою здобуття при їх спалюванні теплової енергії. Окремо виділяють види палива, що розщеплюються, дія їх оснований на інших фізичних принципах.

За фізичним станом паливо буває тверде, рідке, газоподібне. Основною характеристикою палива є його **теплотворність Q**.

Теплотворністю палива називається кількість тепла, що виділяється при повному згоранні одиниці маси або об'єму палива (1 кг рідкого палива або 1 м³ газоподібного). Теплотворність вимірюється у ккал/кг або ккал/м³ (у СІ – кДж/кг, кДж/м³). Теплотворність різних видів палива коливається в широких межах – від 1000 до 10 000 ккал/кг.

За походженням паливо підрозділяється на природне і штучне. Останнє виходить в результаті перероблення природного палива. У автомобільній промисловості використовують тверде, рідке і газоподібне паливо.

Розрізняють **природне** паливо, що добувається на поверхні землі або в її надрах, і **штучне**, отримуване шляхом переробки природного.

Різні види палива (тверде, рідке і газоподібне) характеризуються загальними і специфічними властивостями. До **загальних властивостей** палива відносяться теплота згорання і вологість, до специфічних — зольність, сірчистість (вміст сірки), густина, в'язкість і інші властивості. Теплота згорання - кількість теплоти, яка виділяється при повному згоранні 1 кг або 1 м³ палива. Енергетична цінність палива в першу чергу визначається його теплою згорання.

Розрізняють **вищу і нижчу теплоту згорання**. Нижча теплота згорання відрізняється від вищої кількістю теплоти, що витрачається на випар вологи, що міститься в паливі і утворюється при згоранні водню.

Нижчу теплоту згорання враховують для підрахунку потреби в паливі та його вартості при складанні теплових балансів і визначенні коефіцієнтів корисної дії установок, що використовують паливо. При зіставленні різних видів палива користуються поняттям **умовного**

палива, що характеризується нижчою теплотою згорання, яка дорівнює 29 МДж/кг.

Вологість (вміст води) палива знижує його теплоту згорання унаслідок збільшеної витрати теплоти на випар води і збільшення об'єму продуктів згорання (через наявність водяної пари).

Зольність - кількість золи, що утворюється при згоранні мінеральних речовин, що містяться у паливі. Мінеральні речовини, що містяться у паливі, знижують його теплоту згорання унаслідок вмісту горючих компонентів.

Сірчаність (вміст сірки) відноситься до негативного чинника палива, оскільки при його згоранні утворюються сірністі газу, що забруднюють атмосферу і руйнують метал.

На рисунку 1.1 наведено загальну класифікацію різних видів палива залежно від його походження, способу видобудку і агрегатного стану.

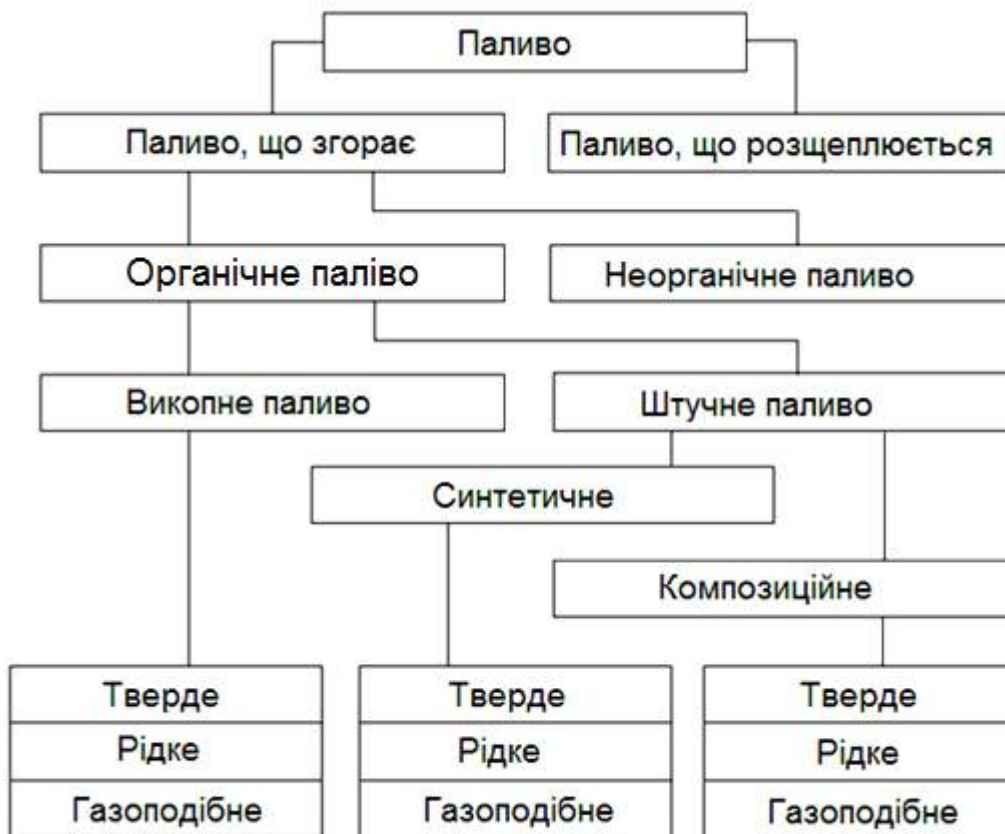


Рисунок 1.1 – Загальна класифікація різних видів палива залежно від його походження, способу видобудку і агрегатного стану

1.2 Продукти переробки нафти. Сировина для отримання бензину

Сировиною для отримання бензину є нафта. **Нафта** – це природна рідка суміш різноманітних вуглеводнів з невеликою кількістю інших органічних сполук; цінна корисна копалина, що залягає часто разом з газоподібними вуглеводнями (попутні гази, природний газ).

Густина нафти коливається від 730 до 1000 кг/м³. Температура застигання нафти залежить від змісту в ній твердих вуглеводнів і смолянистих речовин і знаходиться в межах від 20 до - 80 °С. В'язкість залежить від властивостей вуглеводнів і кількості смолянистих речовин, що входять до складу нафти. Нафта може бути легкокорухою або дуже в'язкою рідиною, або напівтвердою речовиною. Теплота згорання становить 43,2...45,7 МДж/кг, теплоємність – 1,66...2,09 кДж/ (кг • К).

На світовому ринку продають нафту двох сортів – **Brent** і **Urals**. Нафту першого сорту добувають у країнах Аравійського півострова, у Венесуелі і Мексиці, другого сорту – в Росії і країнах Північної Європи.

Brent дорожче **Urals**, оскільки містить меншу кількість сірки, що полегшує його переробку, і має більш високу теплоту згорання.

З'єднання сирової нафти – це складні речовини, що складаються з п'яти елементів, – **C, H, S, O** і **N**, причому вміст цих елементів коливається в межах 82...87 % вуглецю, 11...15% водню, 0,01...6 % сірки, 0...2 % кисню і 0,01...3 % азоту.

Вуглеводні – основні компоненти нафти і природного газу. Найпростіший з них – **метан CH₄** – є основним компонентом природного газу.

Усі вуглеводні підрозділяють на:

- **аліфатичні** (з відкритим молекулярним ланцюгом);
- **циклічні**.

У міру ненасиченості вуглецевих зв'язків вуглеводні підрозділяють на:

- **парафіни і циклопарафіни;**
- **олефіни;**
- **ацетилену;**
- **ароматичні вуглеводні.**

Звичайна сира нафта зі свердловини – це зеленувато-коричнева легко займиста масляниста рідина з різким запахом.

Хімічно нафти дуже різні й змінюються від парафінових, які складаються переважно з парафінових вуглеводнів, до нафтенових або асфальтенів, які містять в основному циклопарафінові вуглеводні. Існує багато проміжних або змішаних типів.

Парафінові нафти порівняно з нафтовими або асфальтовими зазвичай містять більше бензину і менше сірки і є головною сировиною для отримання мастильних олій і парафінів. Нафтові типи сирих нафт, загалом, містять менше бензину, але більше сірки і мазуту, і асфальту.

Неграничні вуглеводні утворюються в результаті перероблення нафти. Між атомами вуглецю існують подвійні або потрійні неміцні зв'язки, що легко руйнуються під дією температури. У зв'язку з малою стабільністю неграничних вуглеводнів з них утворюються оксиди, кислоти, смолянисто-асфальтові речовини.

Кисневі з'єднання в нафті, як правило, складаються з органічних кислот і смолянисто-асфальтових речовин. Органічні кислоти частіше за все представлені нафтовими кислотами, які добре розчиняються в нафті, і сильно кородують кольорові метали (наприклад, свинець, цинк).

Смолянисто-асфальтові речовини підрозділяються на:

- нейтральні смоли;
- асфальтени;
- карбени;
- карбоїди;
- асфальтогенові кислоти.

Нейтральні смоли є високомолекулярними компонентами нафти з нейтральними властивостями. Різні види нафти можуть містити від 1,5 до 40 мол.

Асфальтени – це тверді крихілі речовини, зазвичай, чорного кольору, не плавкі при нагріванні і нерозчинні у бензині, є продуктами ущільнення асфальтенів. Це тверді речовини зі щільністю більше одиниці. Вони нерозчинні у бензолі.

Карбоїди утворюються в результаті ущільнення і полімеризації вуглеводнів при термічному розкладанні нафти. Вони складаються в основному з вуглецю і невеликої кількості водню, практично нерозчинні в органічних і мінеральних розчинниках.

Асфальтогенові (полінафтоєні) кислоти – це полутверді або тверді речовини, малорозчинні у бензині.

Більше 90 % нафти використовують для отримання **автотракторних експлуатаційних матеріалів** (палив і мастильних матеріалів). При цьому застосовують фізичні і хімічні способи переробки, залежні від виду сировини і отримуваних продуктів.

Фізичні способи переробки полягають у розподіленні сировини на складові частини за температурою кипіння без зміни першопочаткового хімічного складу. До них відноситься пряма (атмосферна та вакуумна) перегонка нафти.

Хімічні способи базуються на зміні первинного хімічного складу сировини, що переробляється, внаслідок чого утворюються продукти із заздалегідь заданими властивостями.

На нафтопереробних і нафтохімічних заводах усі методи переробки сировини взаємозв'язані. У таблиці 1.1 наведено прийняту класифікацію сировини і продуктів, отримуваних у результаті переробки нафти.

Таблиця 1.1 – Класифікація продуктів, отримуваних в результаті перероблення нафти

Нафтопродукти	Моторне паливо	Карбюраторне паливо
		Дизельне паливо
		Реактивне паливо
	Енергетичне паливо	Газотурбінне паливо
		Котельне паливо
	Нафтові олії	Змащувальні олії
		Незмащувальні (трансформаторні, конденсаторні та ін.) матеріали
	Вуглецеві і в'язучі матеріали	Нафтовий кокс для електродів і спеціальної апаратури
		Бітуми для дорожнього будівництва і електроізоляційних матеріалів
		Нафтові пеки для електродів
	Нафтохімічна сировина	Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол та ін.)
		Сировина для піролізу
		Тверді вуглеводні (парафіни, церезини)
	Нафтопродукти спеціального призначення	Термогазойль для виробництва технічного вуглецю
		Пластичні (консистентні) мастила
		Освітлюваний гас
		Розчинники
		Присадки (домішки) до палива

1.2 Маркування нафтопродуктів

У світовій практиці купівлі і продажів продуктів з нафти і газу в системі **ISO** використовується єдине маркування.

Маркування цієї категорії товарів згідно з міжнародною системою якості серії ISO, здійснюється відповідно до стандарту **ISO 8681-90**.

Кожному міжнародному стандарту серії ISO відповідає стандарт, що

діє на території України. Так, міжнародному стандарту **ISO 8681-90** відповідає ДСТУ ISO 8681:2002. Як правило, стандарти **ISO** і стандарти, що діють на території України, розглядаються спільно.

Таблиця 1.2 – Класи нафтопродуктів

Клас ISO	Продукти
F	Палива
G	Розчинники і сировина для хімічної промисловості
L	Мастильні матеріали, індустріальні олії і споріднені продукти
W	Парафіни
B	Бітуми

Ці стандарти встановлюють систему класифікації нафти і споріднених продуктів, а також визначають класи нафтопродуктів і мастильних матеріалів та їх позначення. Відповідно до цього продукти з нафти, палива і мастильні матеріали підрозділяються на декілька окремих класів (таблиця 1.2).

Палива класу F. Класифікують нафтопродукти класу F відповідно до міжнародного стандарту **ISO 8216/0-86** (ДСТУ ISO 8216/0-86). Цей стандарт встановлює детальну класифікацію палив марки **F** за групами. Залежно від типу палив до класу **F** внесено п'ять груп (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Класифікація палив класу F

Група F ISO	Характеристика палива
G	Газоподібні палива (на базі метану та етану)
L	Зріджені газоподібні палива нафтового походження
D	Дистилятні палива (бензин, керосин і т.п.)
R	Залишкові палива на основі залишкових фракцій перегонки нафти (мазут, газойлі та ін.)
C	Тверді палива нафтового і природного походження (кокс, кам'яне вугілля, буре вугілля, нафтові сланці)

Палива класу F груп D і R. Палива марки F груп D і R підрозділяють на дві категорії, кожен з яких маркують відповідно до її нормативного документу (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Класифікація палив марки F груп D і R

Категорії F (D і R) ISO	Характеристика	Нормативний документ
S	Для газотурбінних двигунів	ISO 8216/1-86 (ДСТУ ISO 8216/1-86)
M	Для морських двигунів	ISO 8216/2-86 (ДСТУ ISO 8216/2-86)

Таким чином, повне позначення нафтопродукту записується так :

ISO - F - DMT - 2; ISO - F - DST - 1,

де **ISO** – міжнародна аббревіатура ISO;

буква **F** – позначає клас палив;

DST (RMT) - категорія палив:

- перша буква в **DST (DMT)** означає групу (**R** - для залишкових палив; **D** - для палив дистилатів);
- друга - вказує сферу застосування (**S** - для наземного транспорту; **M** - для морської техніки);
- третя (**T**) - означає конкретне застосування (для двигунів внутрішнього згоряння);
- (**0,1,2,3,4**) - цифри, що використовуються для подальшої класифікації як розрізнявальні мітки, які не мають числового значення.

Таблиця 1.5 – Класифікація палив марки F групи L

Категорії F ISO	Характеристика
LP	Вуглеводневий продукт, що складається в основному з пропану або / і пропена. Інша частина може складатися з ізомерів етану (етилену), бутану (бутилену)
LB	Вуглеводневий продукт, що складається в основному з бутанів / бутенів. Частина, що залишилася, може складатися з ізомерів етану (етену), пропану (пропену), пентану (пентену)

Палива класу F групи L. Палива класу F групи L класифікуються відповідно до **ISO 8216/3-87** (ДСТУ ISO 8216) як зріджені нафтові газу, які

отримані при переробленні нафти або при видобутку зрідженого газу (нафти). Підрозділяють їх на дві категорії (див. таблицю 1.5).

Таким чином, повне позначення зріджених газів записується так :

ISO – F – LB;

ISO – F – LP.

Контрольні запитання

1. Загальні відомості про палива. Основні властивості палив.
Класифікація палив.
2. Вища і нижча теплота згоряння.
3. Що таке умовне паливо?
4. Які продукти перероблення нафти існують? Що є сировиною для отримання бензину?
5. Фізичні способи перероблення нафти.
6. В чому полягають хімічні способи перероблення нафти?
7. Вуглеводні. Їх підрозділ.
8. Маркування нафтопродуктів. Палива класу F.
9. Які існують палива класу F групи L?

Частина 2 АВТОМОБІЛЬНІ БЕНЗИНИ

2.1 Технологія виробництва бензинів

Для виробництва бензинів та інших типів паливно-мастильних матеріалів застосовують **первинні** та **вторинні** способи переробки нафти. До способів **первинної переробки** нафти відносять **пряму** (**атмосферну** і **вакуумну**) перегонку.

Перегонка. Це процес первинного розділення вуглеводнів нафти за температурами їх кипіння. Нафта, що поступає, нагрівається в змішувачу приблизно до 320°C, і розігріті продукти подаються на проміжні рівні у колону ректифікації. Така колона може мати від 30 до 60 розташованих з певним інтервалом піддонів і жолобів, кожен з яких має ванну з рідиною. Через цю рідину проходять пари, що піднімаються; вони омиваються конденсатом, що стікає вниз.

Фракційний склад є важливим показником якості нафти. У процесі перегонки на нафтопереробних заводах при температурі, що поступово підвищується, з нафти відганяють частини фракції, що відрізняються одна від одної межами википання.

В таблиці 2.1 наведено фракції, що википають до 350°C, – так звані «**світлі дистиляти**», які отримують внаслідок атмосферної перегонки.

Таблиця 2.1 - Температурний інтервал фракції прямої перегонки

Температурний інтервал	Фракція	
До 100 °C	Газолинова	Петролійна фракція
100...140 °C	Бензинова	
140...180 °C	Лігроїнова	
180...220 °C	Гасова	
220...300 °C	Газойлева	Дизельна фракція
300...350 °C	Солярова	
350...500 °C	Смазочні мастила	
Більше 500 °C	Смоли і асфальтени (гудрон)	

- **Петролійна фракція**, що збирається при температурі від 40 до 200°C, містить вуглеводні від C_5H_{12} до $C_{11}H_{24}$. При подальшій перегонці виділеної фракції отримують **газолін** ($t_{\text{кип}} = 40...70$ °C) та різні види **бензинів** ($t_{\text{кип}} = 70...120$ °C) – авіаційний, автомобільний та інші.
- **Лігроїнова фракція**, що збирається в межах від 150 до 250°C, містить вуглеводні від C_8H_{18} до $C_{14}H_{30}$. Лігроїн застосовується як пальне для тракторів. Велику частину лігроїну переробляють у бензин.

- **Гасова фракція** включає вуглеводні від $C_{12}H_{26}$ до $C_{18}H_{38}$ з температурою кипіння від 180 до 300 °С. Гас після очищення використовується як пальне для тракторів, реактивних літаків і ракет;
- **Дизельна фракція** (t_{кип} > 275 °С), по-іншому вона називається дизельним паливом.

Залишок після перегонки нафти - **мазут** - містить вуглеводні з великим числом атомів вуглецю (до багатьох десятків) у молекулі. Мазут також розділяють на фракції перегонкою під зменшеним тиском, щоб уникнути розкладання. В результаті отримують **солярові олії** (дизельне паливо), **мастильні олії** (автотракторні, авіаційні, індустриальні та ін.), **вазелін** (технічний вазелін застосовується для мастила металевих виробів з метою оберігання їх від корозії, очищений вазелін використовується як основа для косметичних засобів і в медицині). З деяких сортів нафти отримують **парафін** (для виробництва сірників, свічок та ін.).

Після відгону летких компонентів з мазуту залишається **гудрон**. Його широко застосовують у дорожньому будівництві. Окрім перероблення на мастильні олії мазут також використовують як рідке паливо в котельних установках.

Останнім часом фракції, що википають до 200°С, називають **легкими** або **бензиновими**), від 200 до 300°С – **середніми** (або **гасовими**), вище 300°С – **важкими** (або **масляними**).

Усі фракції, що википають до 350°С, називають **світлими**. Залишок після відбору світлих дистилатів (вище 350°С) називається **мазутом**.

Подальша ректифікація мазуту при атмосферному тиску утруднена, тому його переробляють з використанням інших технологічних процесів.

Зазвичай для того, щоб поліпшити подальше розділення, залишок від перегонки з колони ректифікації піддають **вакуумній дистиляції**.

До вторинних способів переробки відносять цілу групу технологічних способів переробки, як сирової нафти, так і залишків процесу первинної переробки.

До них відносяться:

- **Термічні процеси** (процеси перетворення нафти під дією високої температури).
- **Термокаталітичні процеси** (процеси перетворення нафти під впливом високої температури і каталізатора).
- **Низькотемпературні каталітичні процеси** (при дії тільки каталізатора).

До термічних процесів відносять:

- термічний крекінг;
- коксування;

- піроліз.

Крекінгом називається процес деструктивної переробки нафти або її окремих фракцій з метою збільшення виходу легких вуглеводнів і підвищення їх якості. Легкі вуглеводні можна отримати з важчих за рахунок реакцій розкладання при підвищених температурах.

Розрізняють такі основні види крекінгу:

- **Рідкофазний** (20...60 атм, 430...550 °С), дає неграничний і насичений бензини, вихід бензину становить біля 50 %, газів 10 % .
- **Парофазний** (звичайний або знижений тиск, 600 °С), дає негранично-ароматичний бензин, вихід менше, ніж при рідкофазному крекінгу; утворюється велика кількість газів.
- **Піроліз нафти** – розкладання органічних речовин без доступу повітря при високій температурі (звичайний або знижений тиск, 650...700 °С), дає суміш ароматичних вуглеводнів (піробензол), вихід приблизно 15 %, більше половини сировини перетворюється на газ.
- **Деструктивне гідрування** (тиск водню 200...250 атм, 300...400 °С у присутності каталізаторів - заліза, нікелю, вольфраму та ін.), дає граничний бензин з виходом до 90 %.
- **Каталітичний крекінг** (300...500 °С у присутності каталізаторів - $AlCl_3$, алюмосилікатів, MoS_3 , Cr_2O_3 та ін.) дає газоподібні продукти і високосортний бензин з перевагою ароматичних і граничних вуглеводнів ізобудування.

Найчастіше застосовуються такі способи **вторинної переробки**:

- **Термічний крекінг**. При розкладанні висококиплячих фракцій нафти вуглець і вуглецеві зв'язки руйнуються, водень відривається від молекул вуглеводнів, і тим самим виходить ширший спектр продуктів порівняно із складом первинної сировини нафти. Крекінг-процес дозволяє збільшити вихід бензину з сировини нафти шляхом деструкції важчих дистилатів і залишків, що утворилися в результаті первинної перегонки.
- **Коксування**. Переробка високоароматизованих дистилатів або важких залишків при низькому тиску (0,5 Мпа) і температурі 510...550°С, з подальшим нагріванням до 620°С. Вихід **світлих нафтопродуктів** (бензину, гасу, газойлю та ін.) значно збільшується, якщо термічний крекінг важкої сировини (гудрону та ін.) вести з отриманням великої кількості коксу, в якому концентрується вуглець початкової сировини. Наприклад, при коксуванні гудрону утворюється приблизно 24 % коксу, 16 % – бензину, 26 % – газово-газойлової фракції і 23 % важкого газойлю. Усі ці дистилати нестабільні і потребують облагороджування.

Отримуваний в процесі коксування бензин має низьку детонаційну стійкість.

- **Піроліз** (високотемпературний крекінг). Процес перероблення нафтової і газової сировини при низькому тиску (0,2...0,3 МПа) і температурі близько 700...900⁰С призначений для отримання газу для потреб промисловості.

До термокаталітичних процесів відносять:

- каталітичний крекінг;
- каталітичний риформінг;
- каталітичну ізомеризацію;
- процеси гідрогенізації

Каталітичний крекінг. Каталізатор - це речовина, яка прискорює протікання хімічних реакцій без зміни суті самих реакцій. Багато речовин, включаючи метали, їх оксиди, різні солі, мають каталітичні властивості.

Процес Гудри. Дослідження Е. Гудри вогнетривких глин як каталізаторів привели до створення в 1936 році ефективного каталізатора на основі алюмосилікатів для крекінг-процесу. Средньокиплячі дистилляти нафти в цьому процесі нагрівалися і перетворювались у пароподібний стан. З метою збільшення швидкості реакцій розщеплювання, тобто крекінг-процесу, та зміни характеру реакцій, ці пари пропускалися через шар каталізатора. Реакції відбувалися при помірних температурах 430...480 °С і атмосферному тиску, на відміну від процесів термічного крекінгу, де використовуються високі тиски.

Процес Гудри був першим каталітичним крекінг-процесом, успішно реалізованим у промислових масштабах.

Риформінг. Риформінг - це процес перетворення лінійних і нециклічних вуглеводнів у бензоліподібні ароматичні молекули. Ароматичні вуглеводні мають більш високе октанове число, ніж молекули інших вуглеводнів, і тому вони прийнятніші для виробництва сучасного високооктанового бензину.

Існують два основні види риформінгу - **термічний і каталітичний:**

- у **термічному** відповідні фракції первинної перегонки нафти перетворюються на високооктановий бензин тільки під впливом високої температури;
- при **каталітичному** риформінгу перетворення початкового продукту відбувається при одночасній дії як високої температури, так і каталізаторів.

Полімеризація. Окрім крекінгу і риформінгу існує декілька інших важливих процесів виробництва бензину. Першим з них, який став економічно вигідним у промислових масштабах, був процес полімеризації,

який дозволив отримати рідкі бензинові фракції з олефінів, присутніх у крекінг-газах.

Алкилування. При цьому процесі ізобутан і газоподібні олефіни реагують під дією каталізаторів і утворюють рідкі ізопарафіни, що мають октанове число, близьке до такого числа у ізооктану.

Ізомеризація. Ізомеризація використовується для підвищення октанового числа природнього бензину і нафтенів з прямолінійними ланцюгами. Поліпшення антидетонаційних властивостей відбувається в результаті перетворення пентану і гексану на ізопентан та ізогексан.

Процеси гідрогенізації. Процеси гідрогенізації проводять з метою приєднання водню до вуглеводнів під впливом каталізаторів і отримання нафтопродуктів поліпшеного складу.

До найбільш поширених процесів гідрогенізації відносяться:

- **Гідроочищення** - видалення з бензинів, дизельних палив і мастильних олій сірчистих з'єднань і неграничних вуглеводнів.
- **Гідрознесірчення** - видалення сірки з важких залишків сірчистих нафт, які потім використовуються як котельне паливо.
- **Гідрокрекінг** - глибоке термокаталітичне перетворення в основному важких сірчистих дистилятів для отримання бензину, дизельного і реактивного палива.

Низькотемпературні каталітичні процеси проводяться при низьких температурах (0...30⁰С) і тиску 0,4...0,5 МПа. Продуктом, що утворюється при цьому процесі, є високооктановий компонент автомобільних бензинів **алкілат**.

Допоміжні технологічні процеси:

- **Очищення лугом** застосовується при виробництві бензинів і дизельних палив. За допомогою лугу з нафтових дистилятів видаляються кисневі з'єднання, сірководень та ін. Отримувані в результаті взаємодії цих продуктів з лугом речовини розчинні у воді, а тому видаляються з неї разом з дистилятами. Потім нафтопродукт промивають водою з метою видалення слідів лугу.
- **Очищення сірчаною кислотою** застосовується для видалення ненасичених вуглеводнів, смолянистих, азотистих і сірчистих з'єднань. Сірчана кислота реагує з названими речовинами, утворюючи смолянисту масу - так званий **кислий гудрон**, який видокремлюється від нафтопродукту. Далі відбувається оброблення нафтопродукту лугом і промивання водою.
- **Очищення за допомогою розчинників (селективне очищення)** відбувається завдяки різній розчинювальній здатності розчинників (нітробензолу, фурфуролу та ін.) відносно різних домішок і вуглеводнів. Цей спосіб очищення застосовують при виробництві олій.

Адсорбційне очищення нафтопродуктів відбувається за допомогою адсорбентів, в якості яких використовують природні відбілювальні глини, силікагель та ін. Адсорбенти мають високу пористість і здатність утримувати на своїй поверхні різні домішки, що містяться в нафтопродуктах. Адсорбційне очищення широко застосовують при виробництві олій.

2.2 Класифікація бензинів

Усі бензини відрізняються один від одного, як по складу, так і за властивостями, оскільки їх отримують не лише як продукт первинної сублімації нафти, але і як продукт попутного газу (**газовий бензин**) і важких фракцій нафти (**крекінг-бензин**).

Бензини класифікують з урахуванням різних підстав, включаючи інтервали температур кипіння, октанове число, вміст сірки.

Крекінг-бензини містять значний відсоток тих компонентів, при змішуванні яких утворюється моторне паливо. Проте їх пряме використання у багатьох країнах законодавчо обмежується, оскільки вони містять помітну кількість олефінів, а саме олефіни є однією з головних причин утворення фотохімічного смогу.

Крекінг-бензин є продуктом **додаткової переробки нафти**. Звичайна перегонка нафти дає усього 10...20 % бензину. Для збільшення його кількості важчі або висококиплячі фракції нагрівають з метою розриву великих молекул до розмірів молекул, що входять до складу бензину. Цей процес носить назву **крекінг**. Крекінг мазуту проводять при температурі 450...550 °С. Завдяки крекінгу можна отримувати з нафти до 70 % бензину.

Газовий бензин являє собою продукт переробки попутного нафтового газу, що містить граничні вуглеводні з числом атомів вуглецю не менше трьох.

Розрізняють **стабільний (БГС)** і **нестабільний (БГН)** варіанти газового бензину. БГС буває двох марок – **легкий (БЛ)** і **важкий (БТ)**. Його застосовують як сировину в нафтохімії, на заводах органічного синтезу, а також у процесі **компаундування** автомобільного бензину (отримання бензину із заданими властивостями шляхом його змішування з іншими бензинами).

Етильовані бензини. Це вид бензинів, які дістали свою назву головним чином внаслідок того, що до їх складу входять антидетонаційні присадки – наприклад, тетраетилсвинець (ТЕС), які служать задля підвищення октанового числа у бензинах.

Тetraетилсвинець (ТЕС). $Pb(C_2H_5)_4$ визнаний одним із самих ефективних антидетонаторів. Він являє собою маслянисту безколірну рідину, з температурою кипіння близько 200°C. Використовувати ТЕС як антидетонатор почали ще в 1921 р, і по сьогоднішній день він є одним з

найбільш дешевих і ефективних засобів (у концентрації 0,05 % ТЕС дозволяє підвищити октанове число бензину на 15 –17 одиниць).

У чистому вигляді тетраетилсвинець не додається, оскільки при згоранні утворюється оксид свинцю, який осідає на клапанах, поршнях та інших частинах двигуна у вигляді нагару. З метою видалення з камери згорання оксидів свинцю почали застосовувати спеціальні "**речовини-виносники**" (бромистий етил, диброметан, дибромпропан), які при згоранні утворювали зі свинцем легкі з'єднання, що легко видаляються з камери згорання.

Суміш тетраетилсвинцю з "речовиною-виносником" і спеціальним барвником має назву **етилова рідина**, а бензин з цими компонентами - **етильованим**. Нині виробництво етильованого бензину заборонене, зважаючи на його високу токсичність.

Окрім автомобільних бензинів, існують інші різновиди бензинів, вживані не лише для виробництва моторного палива, але і у промисловості, і навіть у побуті. Окрім вже перерахованих видів до них відносять: **ББЦ** (бензин для побутових цілей), **абсорбент**, **олигомеризат**, **бензин вторинних процесів виробництва**, **БПЦ** (бензин для промислових цілей) і деякі інші.

2.3 Вимоги до якості автомобільних бензинів

Вимоги до якості сучасних автомобільних бензинів підрозділяють на чотири групи:

- вимоги від виробників автомобілів для забезпечення нормальної роботи двигуна;
- вимоги від виробників бензинів, зумовлені можливостями нафтопереробної промисловості;
- вимоги, пов'язані з транспортуванням і зберіганням автомобільних бензинів;
- екологічні вимоги.

Вимоги, які пред'являють **виробники двигунів** з іскровим запаленням до якості вживаних бензинів: спалювання бензину в суміші з повітрям у камері згорання повинне відбуватися з нормальною швидкістю без виникнення детонації на усіх режимах роботи двигуна у будь-яких кліматичних умовах. Ця вимога встановлює норми на детонаційну стійкість бензину.

Випаровуваність бензинів повинна забезпечувати приготування горючої суміші при будь-яких температурах експлуатації двигунів. Ця вимога регламентує такі властивості та показники якості бензину, як фракційний склад, тиск насиченої пари, схильність до утворення парових пробок.

Вимоги до якості автобензинів, що **виробляються промисловістю**, зумовлені технічними можливостями вітчизняної нафтопереробки. Вони накладають обмеження на показники фракційного і вуглеводневого складу, зміст сірки і різних антидетонаторів.

Умови масового виробництва потребують забезпечення можливості використання нафтової сировини з можливо ширшим варіюванням вуглеводневого і фракційного складу і змісту різних сірчаних сполук.

Норми на показник детонаційної стійкості встановлюються на рівні, досяжному з використанням наявних технологічних процесів, компонентів і присадок, допущених до застосування у складі бензинів.

Вимоги, пов'язані з **транспортуванням і зберіганням бензинів**, зумовлені необхідністю збереження їх якості впродовж декількох років. Вони регламентують такі властивості автобензину, як фізична і хімічна стабільність, схильність до втрат від випару і утворення парових пробок, розчинність води, зміст корозійно-агресивних з'єднань і так далі.

Екологічні властивості бензинів забезпечуються обмеженнями за змістом окремих токсичних речовин за груповим вуглеводневим складом, за вмістом низькокиплячих вуглеводнів, а також змістом сірки і бензолу. Ці обмеження дозволяють забезпечити надійну роботу каталітичної системи нейтралізації вихлопних газів.

2.4 Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості автомобільних бензинів

Фізико-хімічні властивості автомобільних бензинів і регульовальні параметри двигунів мають бути ретельно залежні один від одного. До основних характеристик автомобільних бензинів відносять: детонаційну стійкість, випаровуваність (фракційний склад і тиск насиченої пари), густину, вуглеводневий склад.

2.4.1 Детонаційна стійкість автомобільних бензинів

Одним з основних показників якості автомобільних бензинів є їх детонаційна стійкість, від якої найбільшою мірою залежать надійність, підвищення потужності, економічність і тривалість експлуатації двигуна автомобіля.

Нині широко поширений розроблений метод оцінювання **детонаційної стійкості палива за допомогою паливних еквівалентів**, який базується на порівнянні антидетонаційних якостей випробовуваного палива з антидетонаційними властивостями деяких певних видів палива, прийнятих за еталон.

В якості еталонних видів палив вибиралися два: одно з яких детонує слабо, а інше - сильно, з таким розрахунком, що усі види палива, що

підлягають випробуванню, за своєю схильністю до детонації знаходилися між вибраними еталонами. За величину, що характеризує антидетонаційні якості палива, було прийнято відсотковий вміст слабодетонуючого палива в еталонній суміші, еквівалентній за детонаційною стійкістю досліджуваному зразку.

Таблиця 2.2 – Октанові числа деяких речовин

Речовина	Октанове число
Метан	107,5
Пропан	105,7
Бутан	93,6
Пентан	61,7
n-гептан	0
Ізооктан	100
Бензол	113,0
Бензини прямої перегонки	43 – 58
Бензини каталітичного крекінгу	80 – 85
Бензини каталітичного ріформінгу	83 – 97
Бензин АИ-92	92
Етанол	105
Метилтретбутиловий ефір	117

В якості показника антидетонаційних властивостей бензинів, який має назву "**Октанове число**", було прийнято вміст **ізооктану** в суміші з нормальним **гептаном**, ця суміш еквівалентна за своїми антидетонаційними якостями випробовуваному паливу.

Октанове число хімічно чистого нормального гептану прийнято за нуль, а октанове число хімічно чистого ізооктану - за 100.

З'єднуючи суміші ізооктану з нормальним гептаном в об'ємних відсотках, можна отримати еталонні суміші з детонаційною стійкістю від 0 до 100 одиниць. З таблиці 2.2 видно, що при звичайній перегонці нафти неможливо отримати бензин для сучасних двигунів, оскільки октанове число бензину прямої перегонки не перевищує 60. Тому нафту піддають спеціальному переробленню у присутності каталізаторів.

Для отримання товарних бензинів змішують речовини з різними октановими числами (таблиця 2.3).

Тривалий час показником детонаційної стійкості автомобільних бензинів було октанове число, визначуване з допомогою **моторного методу**.

Проте на практиці було встановлено, що октанове число, встановлене за допомогою моторного методу, корелює з детонаційними вимогами повнорозмірних двигунів при роботі на максимальних потужностях і напруженому тепловому режимі та недостатньо повно відображає усю характеристику детонаційної стійкості автобензинів в умовах експлуатації.

У зв'язку з цим був розроблений **дослідницький метод** визначення октанових чисел, який характеризує детонаційну стійкість автомобільних бензинів в умовах роботи двигуна за частковим навантаженням і меншій тепловій напруженості (рух по місту).

Різниця між октановими числами за дослідницьким методом і моторним методом одного і того ж бензину називається **чутливістю бензину**. Чим менша чутливість, тим краще антидетонаційні властивості бензину

Таблиця 2.3 – Способи отримання товарних бензинів

Марка бензину	Спосіб отримання	Ступінь стискування
A-72	Змішування бензинів прямої перегонки і каталітичного крекінгу з додаванням бензину термічного крекінгу	6,2 – 6,5
A-76	Змішування бензинів каталітичного крекінгу і риформінгу з додаванням легкого бензину прямої перегонки	6,5 – 7,0
АИ-92, АИ-93, АИ-95	На базі бензину каталітичного риформінгу (75...80 %), з додаванням толуолу і алкілбензолу. Для поліпшення пускових якостей додаються легкі бензини прямої перегонки	8,5 – 9,0
АИ-98	Каталітичний крекінг	9 – 10

Підвищення детонаційної стійкості бензину також зменшує вірогідність мимовільного займання робочої суміші. Джерелами займання можуть бути перегріті випускні клапани, свічки, кромки прокладень, тліючі частки нагари і т. п. Це явище, що порушує нормальний процес згорання, дістало назву **гартівне запалення**. Найбільш небезпечне передчасне займання (до моменту подання іскри), оскільки воно призводить до зниження потужності, погіршення економічності, підвищення ризику виникнення детонації.

2.4.2 Випаровуваність бензину

Випаровуваність бензину оцінюється показниками **фракційного складу** і **летючості** (тиск насиченої пари, втрати від випару і схильність до утворення парових пробок).

Випаровуваність бензину має забезпечувати оптимальний склад топливоповітряної суміші на усіх режимах роботи двигуна незалежно від способу її приготування. Із випаровуваністю бензину пов'язані такі характеристики двигуна, як пуск при низьких температурах, вірогідність утворення парових пробок у системі живлення в літній період, прийомистість автомобіля, швидкість прогрівання двигуна, а також знос циліндро-поршневої групи і витрата палива.

Фракційний склад бензинів характеризують такі показники:

- температура початку перегонки і википання: 10, 50, 90 % об'єму бензину;
- температура завершення кипіння;
- об'єм залишку в колбі;
- втрати (%).

Температура перегонки 10 %-вої фракції бензину характеризує **пускові властивості палива**. Якщо у бензині недостатньо низькокиплячих фракцій, то при запуску холодного двигуна частина бензину не встигає випаруватися і потрапляє в циліндри у рідкому стані. Горюча суміш, що надходить у циліндри, виявляється переобідненою і неспроможною запалюватись від електричної іскри, у зв'язку з чим пуск двигуна іноді стає взагалі неможливий.

Бензин, що не випаровувався, залишаючись у краплинно-рідкому стані, потрапляє в циліндри двигуна і змиває з їх поверхні олію, а при попаданні в картер розріджує олію.

Тому у момент пуску і деякий час при подальшому прогріванні відбувається напівсухе тертя деталей циліндропоршневої групи, оскільки на їх поверхнях недостатньо олії для забезпечення міцної масляної плівки. Це спричиняє інтенсивне зношування деталей двигуна, що труться. Таке тертя має назву **пускове тертя**. Для забезпечення пуску двигуна у складі пускової фракції має бути достатня кількість низькокиплячих вуглеводнів, які створюють суміш, здатну загорятися від електричної іскри. Знаючи температуру википання 10 %-вої фракції бензину, можна приблизно визначити температуру повітря, вище за яку можливий пуск двигуна на цьому паливі:

$$T_n \geq 0,5 T_{10\%} - 50,5 (^{\circ}\text{C}),$$

де T_n – температура можливого запуску двигуна;

$T_{10\%}$ – температура википання 10 %-вої фракції бензину.

Пускові властивості бензинів покращуються у міру полегшення пускової фракції. Зимові бензини дають можливість запустити холодний двигун при температурі повітря $-26\dots-28^{\circ}\text{C}$. Температура початку перегонки літніх сортів автомобільного бензину має бути не нижча 35°C , а 10 %-вої фракції бензину має переганятися при температурі не вище 75°C .

Температура перегонки 50 %-вої фракції бензину характеризує **швидкість прогрівання** і **прийомистість двигуна**.

Прогрівання двигуна триває від моменту пуску його до початку безперебійної, стійкої роботи. У кінці прогрівання на режимі холостого ходу досягається майже повний випар бензину у впускному трубопроводі. Чим легше фракційний склад і нижче температура перегонки 50 %-вої фракції бензину, тим швидше прогрівається двигун.

Бензин з низькою температурою перегонки 50 %-вої фракції скоріше випаровується у впускному трубопроводі, наповнення циліндра горючою сумішшю покращується, потужність двигуна збільшується.

Прийомистістю двигуна називається його здатність у прогрітому стані під навантаженням швидко переходити з малої частоти обертання колінчастого вала на велику при різкому відкритті дросельної заслінки. Для забезпечення хорошої прийомистості двигуна необхідно, щоб у циліндри у момент дроселювання поступала багата суміш.

При різкому відкритті дросельної заслінки у впускний трубопровід поступає велика порція холодного повітря і рідкого бензину, умови пароутворення різко погіршуються. Якщо температура перегонки 50% бензину висока, то деяка частина висококиплячих вуглеводнів (робоча фракція) в системі живлення не випаровується, горюча суміш переобідняється і двигун не в змозі розвивати більш високу частоту обертання колінчастого вала. Для відновлення теплового режиму системи живлення двигуна потрібен деякий час.

Теплова рівновага встановлюється тим швидше, чим краще йде процес випару і сумішеутворення і чим нижче температура перегонки 50 %-вої фракції бензину. З пониженням температури покращується прийомистість двигуна, скорочується час розгону автомобіля.

Від температури перегонки 50 %-вої фракції бензина залежать процеси обмерзання карбюратора. При випарі бензину по впускній системі двигуна спостерігається пониження температури горючої суміші. Теплота, необхідна для випару бензину, поступає від повітря і металевих деталей карбюратора.

Пониження температури у впускній системі двигуна залежить від випаровуваності бензину. При охолодженні деталей карбюратора нижче 0°C волога (з повітря), що конденсується на них, перетворюється на лід.

Основні заходи, що запобігають обмерзанню карбюратора, це підігрівання горючої суміші або повітря у впускному трубопроводі двигуна, застосування присадок антиобморожувачів до бензинів.

Температури перегонки 90 %-вої фракції бензину і закінчення його кипіння характеризує **повноту випару**. Якщо у бензині міститься багато висококиплячих вуглеводнів та інших з'єднань, то вони не випаровуються у впускному трубопроводі двигуна і потрапляють в циліндри у рідкому стані. Деяка частина рідкого бензину, що надходить у циліндри, випаровується і згорає, а частина, що залишилася, стікає по стінках циліндра і змиває з них олію. При цьому в олію потрапляють важкі фракції бензину.

При використанні різних бензинів з високими температурами перегонки 90 %-вої фракції бензину і температурами кінця кипіння збільшуються знос двигуна, витрати палива, нагароутворення на деталях двигуна, підвищується токсичність газів, що відпрацювали.

Випаровуваність палива впливає на викиди з автомобілів, причому цей вплив особливо проявляється при експлуатації автомобіля в умовах холодної і жаркої погоди. У холодну погоду низька випаровуваність збільшує тривалість запуску двигуна, і оскільки паливоповітряна суміш екстремально збагачена, то викиди незгорілих вуглеводнів дуже великі.

У жарку погоду основна проблема полягає в утворенні парових пробок в результаті випару бензину в паливному насосі та у трубопроводах подання палива, що обмежує подання палива в двигун.

Максимальну випаровуваність можна контролювати одним з двох способів :

- максимальною температурою, при якій встановлюється відношення пар-рідина, що дорівнює 20;
- індексом випаровуваності або індексом парових пробок(ІПП), який є функцією тиску насиченої пари і кількості палива в того, що випарувався при 70°C.

$$ИПП = 10 \times ДНП - 7 \times У_{70},$$

де **ДНП** – тиск насиченої пари, кРа;

У₇₀ – кількість палива, що випаровується при 70 °С.

Останній спосіб регулювання максимальної випаровуваності внесений до міжнародних стандартів. Відповідно до них усі автомобільні бензини за випаровуваністю підрозділяються на 5 і 10 класів відповідно.

2.4.3 Хімічний і вуглеводневий склад автомобільних бензинів

Хімічний склад бензинів характеризують **груповим вуглеводневим складом**, тобто вмістом в них ароматичних, олефінових, нафтонових і парафінових вуглеводнів. Окрім вуглеводнів, бензини в незначній кількості містять в собі **гетероатомні вуглеводневі з'єднання**, які включають сірку, кисень і азот.

З метою поліпшення фізико-хімічних і експлуатаційних властивостей автобензинів до їх складу в обмежених кількостях залучають кисневмісні компоненти (прості ефіри і спирти), а також спеціальні антидетонаційні присадки, у тому числі й такі, які, містять в собі метан. Для обмеження змісту антидетонаційних присадок у специфікаціях на бензини передбачено максимально допустиму концентрацію свинцю, марганцю, заліза.

Обмеження на хімічний і вуглеводневий склад автомобільних бензинів:

- **Зміст сірки.** Збільшення змісту сірчистих з'єднань у бензині призводить до підвищення нагароутворення і зносу деталей двигуна, старінню моторної олії, а також істотно впливає на забруднення довілля.
- **Вміст ароматичних вуглеводнів,** і в першу чергу, бензолу. Підвищення вмісту ароматичних вуглеводнів у бензині, як правило, призводить до відповідного збільшення їх у викидах незгорілих вуглеводнів.

Одним із однозначно встановлених наслідків підвищення вмісту ароматичних вуглеводнів у бензині є збільшення викидів у довілля бензолу. Для автомобілів, не обладнаних каталітичним нейтралізатором, основним джерелом викидів бензолу в атмосферу є гази, що відпрацювали (біля 70 %), менша роль належить випараму (20 %), в ще меншому ступені впливають витрати при заправці (10 %) від загального об'єму.

Зменшити вміст бензолу в автобензинах, що виробляються, можна таким чином:

- Удаленням з бензину каталітичного риформінгу фракції 60...85 °С тієї частки, що містить більше 20 % бензолу, з подальшим використанням її для отримання бензолу. Октанова характеристика бензину риформінгу, при видаленні фракції 60...85 °С, підвищується на 1...1,5 од.
- Збільшення у складі товарних бензинів частки високооктанових компонентів, що не містять бензол: алкілату, ізомеризатів, оксигенатів (спиртів, ефірів і т. д.).
- Підбір сировини і зниження жорсткості процесу риформінгу, екстракція, а також селективне гідрування бензолу в циклогексан, або алкілування бензолу в алкілароматичні вуглеводні.

Можливе поєднання декількох варіантів, враховуючи особливість НПЗ, наявність сировини, концепції перероблення та інтеграції з хімічним виробництвом.

2.4.4 В'язкість і густина автомобільних бензинів

В'язкість - один з найважливіших показників якості моторного палива. Від в'язкості залежить надійність роботи паливної апаратури, можливість використання палива при низьких температурах, властивості протизносу, процес випару і згорання палива.

Розрізняють динамічну і кінематичну в'язкість.

Динамічна в'язкість вимірюється в *пуазах*, а одиницею **кінематичної** в'язкості є **стокс** (см²/с).

В'язкість бензину залежить від його хімічного і фракційного складу. При збільшенні вмісту ароматичних і нафтоених вуглеводнів фракційного складу палива його в'язкість зростає. В'язкість автобензинів залежить від температури, при якій вони знаходяться. З пониженням температури і підвищенням тиску в'язкість бензинів зростає. Густина дає можливість орієнтовно судити і про вуглеводневий склад бензину, оскільки значення його для різних груп вуглеводнів різні. Так, для фракцій з однаковими температурами початку і кінця кипіння густина найменша, якщо вони складаються з парафінових вуглеводнів, і найбільша, якщо містять в основному ароматичні вуглеводні

2.4.5 Хімічна стабільність автомобільних бензинів

Хімічна стабільність бензину характеризує його здатність протистояти окисленню і хімічному зміненню при тривалому зберіганні, транспортуванні та застосуванні у двигуні (у системі живлення).

Хімічна стабільність бензинів, передусім, пов'язана з наявністю в їхньому складі неграничних вуглеводнів, які характеризуються підвищеною схильністю до окислення. Найбільш схильні до окислення вуглеводні, які мають зв'язані подвійні зв'язки, особливо циклічні.

Малостійкими проти окислення є ароматичні вуглеводні з подвійним зв'язком у бічному ланцюзі.

Схильність автомобільних бензинів до смолоутворення залежить від температури (різко зростає з її підвищенням), від поверхні зіткнення бензинів з повітрям і металами, від інтенсивності обміну повітря, а також від каталітичної дії металів. Сильну дію на хімічну стабільність бензину чинять мідь та її сплави. З метою підвищення хімічної стабільності автомобільних бензинів до їх складу спеціально додають **антиокисники** і **деактиватори** металів.

Хімічну стабільність прийнято характеризувати такими показниками:

- **індукційний період;**
- **вміст фактичних смол;**
- **сума продуктів окислення;**
- **кислотність.**

Кислотність і вміст фактичних смол характеризують наявність у бензині кінцевих продуктів окислення на момент їх визначення. Це дає змогу мати уявлення про запас якості бензину, тобто про різницю між допустимим і фактичним вмістом продуктів окислення. Індукційний період і сума продуктів окислення характеризують швидкість окислення бензинів у процесах зберігання і застосування.

Індукційний період – найбільш поширений стандартний показник стійкості бензину проти окислення. Метод визначення індукційного періоду базується на визначенні часу, впродовж якого бензин, що знаходиться в середовищі кисню при підвищених тиску і температурі, практично не піддається окисленню.

Індукційні періоди бензинів, отриманих різними технологічними процесами, сильно розрізняються. Для бензинів **термічного крекінгу** індукційний період становить 50...250 хв, **каталітичного крекінгу** 240...1000 хв, бензинів **прямої перегонки** більше 1200 хв, бензинів **каталітичного риформінгу** більше 1500 хв.

Вміст фактичних смол визначають методом, основаним на випарі бензину в струмені повітря. При цьому в залишку залишаються не лише присутні у бензині, але і нові смолянисті речовини, що утворюються при випробуванні. Осад, що утворюється, промивається n-гептаном і після промивання зважується. Хімічна стабільність по сумі продуктів окислення оцінюється за змістом високомолекулярних (розчинних і нерозчинних) продуктів окислення бензину, окисленого в регламентованих умовах. Метод полягає в окисленні випробовуваного зразка бензину киснем повітря при температурі 110°C впродовж 6 годин, під тиском насиченої пари випробовуваного бензину і в подальшому визначенні сумарного вмісту смол, що утворилися, і осаду.

Кислотність бензинів визначають методом, основаним на реакції нейтралізації органічних кислот, що містяться у досліджуваному зразку бензину, спиртовим розчином лугу.

2.4.6 Корозійна активність і захисні властивості

Автомобільні бензини мають бути хімічно нейтральними і не викликати появу корозії металів місткостей, а продукти їх згорання - корозію деталей двигуна. Корозійна активність бензинів і продуктів їх згорання залежить від наявності загальної і меркаптанової сірки, кислотності, змісту водорозчинних кислот і лугів, присутності води. Ці показники нормують у специфікаціях на автобензини. Присутність активних сірчистих з'єднань у бензині визначають випробуванням на мідній пластинці. Проба на мідну пластинку досить чутлива для визначення змісту у бензинах сірководню і вільної сірки.

При негативних показниках проб зміст сірководню у бензині не повинен перевищувати 0,0003 %, а вільної сірки – 0,0015 %.

Меркаптани можуть бути присутніми в значній кількості навіть у тих бензинах, які дають негативну пробу на мідній пластинці. Зміст меркаптанової сірки у товарних бензинах не повинен перевищувати 0,001 %.

Кислотність автомобільних бензинів А-76 не повинна перевищувати 1 мг КОН (гідроксиду калію)/мл. Водорозчинні кислоти і луги являють собою випадкові домішки бензину.

Найчастіше у бензинах можуть бути присутніми луги після лужного очищення внаслідок недостатнього відмивання їх водою. Луги кородують алюміній, тому присутність їх у бензинах неприпустима. Попадання у бензин водорозчинних кислот, зокрема сульфокислот, що утворюються при глибокому окисленні деяких сіркоорганічних з'єднань, спричиняє велику корозію металів. Уведення до складу бензинів спиртів і ефірів підвищує їх гігроскопічну та корозійну активність. При попаданні вологи у бензини корозія металів набуває електрохімічного характеру, і швидкість її різко зростає. Специфікацією на бензин передбачена відсутність в ньому води. Проте вода у бензині може знаходитися в розчиненому стані, а також потрапляти у паливні ємності і накопичуватися в них у вільному стані. Кількість води, що знаходиться у вільному стані, залежить від умов транспортування і зберігання. Тому для надійної експлуатації техніки, резервуарів зберігання і засобів перекачування бензинів важливо, щоб вони не лише самі не були агресивними, але і мали здатність зменшувати швидкість електрохімічної корозії (захисні властивості) у системі паливо-метал-вода.

З метою оцінювання захисних властивостей бензинів використовують два основних показники:

- корозійну активність в умовах конденсації води;
- корозійну активність у присутності дистильованої або морської води.

У першому випадку визначають **втрати маси** сталеві пластини за час випробувань у регламентованих умовах, у другому - **візуальне визначення** долі поверхні сталевого стержня, ураженої корозією.

Ефективний засіб захисту від корозії паливної апаратури і резервуарів для зберігання – це додавання у бензини спеціальних антикорозійних присадок.

2.4.7 Сумісність автомобільних бензинів з неметалічними матеріалами

Автомобільні бензини не повинні негативно впливати на матеріали, з якими вони контактують у процесі виготовлення, транспортування, зберігання і застосування. Внаслідок дії бензинів на гуми, ущільнюючі та інші матеріали вони можуть набрякати, розтріскуватися, втрачати свої міцнісні властивості і руйнуватися. У зв'язку з цим сумісність бензинів, що

містять оксігенати, з гумотехнічними матеріалами оцінюють за результатами безпосередньої їх дії на гуми.

Суть контролю зводиться до визначення збереження за час випробувань властивостей зразків гумотехнічних матеріалів і чистоти палива.

Змінювання фізико-хімічних властивостей гум під впливом бензинів визначають за такими показниками;

- **змінення об'єму зразка;**
- **змінення відносного подовження при розриві;**
- **змінення міцності зразка при розтягуванні й твердості згідно методиці Шора.**

2.5 Отримання високооктанових компонентів

Високооктанові компоненти поділяють на дві групи:

- **аліфатичні**, що містять ізопентан, ізомеризат, алкілат;
- **ароматичні** - толуол і піробензол, суміші ароматичних вуглеводнів C_x і вище.

Перспективними високооктановими компонентами аліфатичного типу є **метилтретбутиловий ефір (МТБЕ)**, **етилтретбутиловий ефір (ЕТБЕ)**, **тетраамилметил ефір (ТАМЕ)**.

Ізомеризат і **ізопентан** отримують методом каталітичної ізомеризації легкого бензину прямої перегонки. При цьому значно підвищується його октанове число.

Алкілат є продуктом процесу алкілування ізобутану олефінами (переважно бутиленом), що йде із застосуванням як каталізатора сірчаної або фтористоводневої кислоти.

Алкілат є широкою бензиною фракцією, що складається майже цілком з ізопарафінових вуглеводнів і має октанове число 90...98 (ММ). Його використовують як компонент низькооктанових автомобільних бензинів А-72 і А-76.

Піробензол є продуктом піролізу нафтової сировини. Внаслідок термічного розкладання сировини утворюються низькомолекулярні олефіни, а також високоароматизовані рідкі продукти - смола піролізу і кокс.

Переробка смоли піролізу може здійснюватися за паливним або хімічним варіантом. У першому випадку смола розділяється на легку (що википає до 180 °С) і важку частини. Для отримання піробензолу легка частина гідрується для видалення неграничних вуглеводнів, і з неї виділяється бензол.

2.6 Присадки до автомобільних бензинів

При отриманні бензинів на нафтопереробних підприємствах не завжди вдається забезпечити необхідний рівень експлуатаційних властивостей чисто технологічними засобами.

У ряді випадків, у основному при використанні процесів задля збільшення виходу бензинів з сировини, що переробляється, відбувається значне погіршення окремих показників якості. Для отримання автомобільних бензинів з максимальними виходами з сировини, що переробляється, які відповідають встановленим вимогам до якості, широко використовують різні присадки з метою поліпшення окремих експлуатаційних властивостей бензинів.

2.6.1 Антидетонаційні присадки

Антидетонаційні присадки являють собою композиції, що включають власне антидетонатори, виносники та інші з'єднання, що покращують їх товарні та експлуатаційні властивості.

Дія антидетонаційних присадок основана, передусім, на уповільненні процесу утворення гідроперекисів і перекисів, а також їх розщеплюванні.

Найбільш поширеним напрямом при виробництві високооктанових неетильованих бензинів є застосування кисневмісних компонентів (**оксигенатів**). До них відносять спирти, ефіри і їх суміші. Додавання оксигенатів (**промотерів горіння**) підвищує детонаційну стійкість (особливо легких фракцій), повноту згорання бензину, знижує витрату палива і зменшує токсичність газів, що відпрацювали.

На рисунку 2.1 наведено назви речовин, які найчастіше застосовуються для додавання у бензини в якості октан-коректорів.



Рисунок 2.1 – Найбільш поширені октан-коректори автомобільних бензинів

У загальному випадку октанові присадки можна розділити на шкідливі і умовно рекомендовані для автомобіля.

До **шкідливих октанових присадок** відносять:

- тетраетилсвинець ("етил");
- спирт;
- нафталін;
- марганець;
- бензол;
- толуол;
- фероцен.

До **умовно рекомендованих присадок** відносять:

- метилтретбутиловий ефір (МТБЕ);
- монометиланілін (ММА);
- метилбутиловий ефір.

Метилтретбутиловий ефір містить в собі кисень. Це дозволяє збільшити ККД згорання, а також понизити кількість шкідливих вихлопів. Його власне октанове число дорівнює більше 110 одиниць. У правильних пропорціях МТБЕ корисний для двигуна, але при збільшенні його концентрації зростає кількість оксидів азоту і знижується потужність, а також він сприяє швидкій корозії паливної системи і роз'їданню ущільнювачів у ній.

Монометиланілін у кількості до 1,3 є корисним для двигуна, оскільки знижує детонацію. Якщо ж концентрацію збільшити, то при згоранні палива на клапанах утворюється нагар, що веде до їх зависання при роботі.

Метилбутиловий ефір, або в народі «**ацетон**», у малих дозах ніяк не шкодить автомобілю, але при надлишку значно знижує октанове число палива і сприяє утворенню шкідливих речовин.

У таблиці 2.4 наведено можливі негативні наслідки застосування різних антидетонаторів.

2.6.2 Антиокислювальні присадки

Найбільш ефективним способом стабілізації бензинів каталітичного і термічного крекінгу є **додавання присадок**, здатних у малих концентраціях гальмувати окислювальні процеси в умовах зберігання, транспортування і застосування палива. Присадки такого типу іноді додаються для відвертання розкладання ТЕС і в етильовані бензини, отримані на базі хімічностабільних компонентів.

Асортимент антиокислювальних присадок надзвичайно широкий і різноманітний, антиокисники можна розділити на такі групи:

- Антиокисники, що не переривають ланцюговий процес окислення за **реакцією з пероксидними радикалами**. Це найбільш ефективні і найбільш широко вживані антиокислювальні присадки.
- Антиокисники, що обривають ланцюги процесу окислення за **реакцією з алкільними радикалами**, Антиокислювальники цієї групи менш ефективні, ніж присадки першої групи, оскільки алкільні радикали переважно вступають у взаємодію з киснем.
- Антиокислювальники, **що руйнують гідропероксиди** без утворення вільних радикалів. Ці антиокисники не переривають ланцюговий процес, а тільки знижують швидкість виродженого розгалуження.
- Антиокисники **комбінованої дії**, які здатні взаємодіяти з алкільними і пероксидними радикалами та пасивувати каталітичну дію металу.

Таблиця 2.4 - Антидетонатори та їх негативна дія

Антидетонатор	Вміст	Можлива негативна дія
ТЕС	Тетраетилсвінець	Значна канцерогенна дія, небезпечне забруднення флори, у крайній негативній дії газів, що відпрацювали, на нейтралізатори автомобіля
МЦТМ на основі марганцю	Метилциклопентадієнтрикарбонілфероцен	Недостатня стабільність у паливі, зниження ресурсу свічок запалення, підвищення концентрації твердих частинок і нейротоксичності газів, що відпрацювали, зниження ресурсу нейтралізатора
Фероцени на основі заліза	Диметилфероценілкарбоніл-фероцен	Підвищений знос двигуна та рівня смолоутворення
Фероцени на основі амінів	Суміш менометиланіліну та аніліну-екстраліну	Збільшення рівня смолоутворення і окислюваності палива
МТБЕ	Метилтребутиловий ефір	Збільшення відкладень і викидів оксидів азоту та альдегідів
Фетерол	Суміш МТБЕ та требутилового ефіру	Збільшення відкладень і викидів оксидів азоту і альдегідів
Етанол	–	Низька гідролітична стабільність, шкідлива дія на гуму і пластмаси
Метанол	–	Те ж саме плюс летючість і токсичність випаровувань

2.6.3 Мийні присадки

У процесі експлуатації карбюраторних автомобільних двигунів на дросельних заслінках карбюратора, в повітряному жиклері, жиклері холостого ходу та у впускному колекторі можуть накопичуватися смолянисті відкладення.

Внаслідок цих відкладень знижуються техніко-економічні показники роботи двигуна : збільшується питома витрата палива, росте викид в атмосферу токсичних продуктів, зокрема оксиду вуглецю і вуглеводнів. Особливо підвищується токсичність газів, що відпрацювали, в цьому випадку при роботі двигуна на холостому ході; це характерно для експлуатації автомобілів у міських умовах (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Вплив вмісту смол на прогнозований пробіг двигуна

Фактичний вміст смол, мг/100 мл	Стан двигуна після 50 годин роботи	Прогнозований пробіг до прояву несправностей внаслідок смол, км
До 10	У впускній системі і циліндрах відкладень не спостерігається	Необмежений
11...15	Слабкі сліди відкладень на клапанах і стінках впускного трубопроводу	Не більше 25 000
16...20	Невеликі сліди відкладень на клапанах і стінках впускного трубопроводу	Не більше 16 000
21...25	Помітні відкладення в системах живлення і сумішоутворення	Не більше 8 000
26...50	Значні відкладення на клапанах і стінках впускного трубопроводу. Переріз впускного трубопроводу зменшився на 20 – 25	Не більше 5 000
50...100	Великі відкладення в системах живлення і сумішоутворення. Розпилювачі, дифузори і дросель покриті липкими осіданнями	Не більше 2 000

Інтенсивність смолянистих відкладень у впускній системі залежить від способу вентиляції картера двигуна. У разі примусового вступу в карбюратор картерних газів смолянисті відкладення зростають. Для забезпечення нормальної роботи двигуна доводиться періодично регулювати карбюратор і очищати його деталі, а також впускний колектор від небажаних відкладень.

Тривалість експлуатації автомобіля з оптимальним регулюванням карбюратора і незначними відкладеннями смол на його деталях може бути збільшена у декілька разів при використанні спеціальних мийних присадок, що додаються до бензинів в концентрації 0,001...0,10 %.

2.6.4 Інші види присадок

Протинагарні присадки. Внаслідок відкладення нагари в камерах згорання ДВС з іскровим запаленням підвищуються вимоги до детонаційної стійкості бензину, зниження надійності роботи свічок запалення і некероване гартівне запалення.

Разом з конструктивними можливостями зменшення нагароутворення в камерах згорання (зміна температурного режиму, форми, організації потоків газу та ін.) використовуються і спеціальні протинагарні присадки. Ці присадки, як правило, не зменшують кількість нагари, що утворюється, а **змінюють її склад і властивості** (температуру застигання, структуру, щільність, адгезію із стінками камери згорання та ін.), тобто по суті є **модифікаторами нагари**, які сприяють винесенню нагари з камери згорання і водночас зменшують вірогідність виникнення некерованого займання паливноповітряної суміші.

В якості протинагарних присадок використовують з'єднання, що містять метали (хром, кобальт, барій, алюміній, кальцій та ін.), а також неметали (фосфор, бром, бор, хлор, азот та ін.).

Протикорозійні і захисні присадки. Протикорозійні присадки (**інгібітори корозії**) знижують корозію металу, що контактує з паливом, незалежно від її виду. Захисні присадки (**інгібітори ржавлення**) гальмують переважно електрохімічну корозію, що виникає у присутності вологи.

Велика частина протикорозійних присадок відноситься до захисних, які, як правило, також добре запобігають і хімічній корозії металів.

Переважна кількість захисних присадок і значна частина усіх протикорозійних присадок, що додаються до палив, є маслорозчинними і масловодорозчинними **поверхнево-активними речовинами (ПАР)**.

Механізм дії таких присадок оснований на витісненні адсорбованої плівки води з поверхні металу, тобто на підвищенні змочуваності металів вуглеводнями в системі паливо–вода. Змочувальна здатність палива з присадками підвищується за рахунок утворення міцних водневих зв'язків з водою, що призводять до швидкого витіснення води з поверхні металу.

Контрольні запитання

1. Технологія виробництва бензину.
2. Первинні способи переробки нафти.
3. Вторинні способи переробки нафти.
4. Допоміжні технологічні процеси.
5. Наведіть класифікацію автомобільних бензинів.
6. Які існують вимоги до якості автомобільних бензинів?
7. Фізико-хімічні і експлуатаційні властивості автомобільних бензинів.
8. Детонаційна стійкість автомобільних бензинів. Що таке чутливість автомобільних бензинів ?
9. Фракційний склад бензинів. Чим характеризується фракційний склад?
10. Чим характеризується хімічна стабільність автомобільних бензинів ?
11. Високооктанові компоненти автомобільних бензинів.
12. Присадки до автомобільних бензинів. Антидетонаційні присадки.
13. Антиокислювальні та мийні присадки автомобільних бензинів.

Частина 3 ПАЛИВО ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

3.1 Експлуатаційні вимоги до дизельного палива

Основні **відмінності** у роботі дизельних і бензинових двигунів полягають у способах сумішоутворення і займання робочої суміші. Тому вимоги стосовно дизельного палива зумовлюються особливостями роботи двигуна.

У **дизельного палива** повинно бути хороше розпилювання, сумішоутворювання, випар і прокачуваність, швидке самозаймання. Паливо повинно повністю згорати, причому без димлення; не спричиняти підвищеного нагаро- і лакоутворення на клапанах і поршнях, закоксування розпилювача, зависання голки розпилювача, корозії резервуарів, баків, деталей двигуна і т. д.

Головні **експлуатаційні показники** дизельного палива :

- **цетанове число**, що визначає потужнісні та економічні показники роботи двигуна;
- **низькотемпературні властивості**, що визначають роботу системи живлення при низьких температурах навколишнього повітря;
- **в'язкість і густина**, що забезпечують нормальне подання палива, розпилювання його в камері згорання і працездатність паливних фільтрів;
- **фракційний склад** – він впливає на повноту згорання, димність і токсичність газів, що відпрацювали;
- **ступінь чистоти**, яка визначає надійність роботи фільтрів грубого і тонкого очищення;
- **температура спалаху**, що характеризує умови безпеки застосування палива в двигунах;
- **корозійні властивості**, які зумовлені наявністю сірчистих з'єднань, неграничних вуглеводнів, водорозчинних кислот і лугів та ін.

3.2 Самозаймистість та цетанове число. Температура спалаху дизельного палива

Самозаймистість. Робочий процес дизельного двигуна відрізняється від робочого процесу бензинового двигуна приготуванням і займанням паливної суміші. Займання горючої суміші в дизельних двигунах відбувається без стороннього джерела запалення. Суміш займається під дією високої температури в результаті реакцій окислення, що бурхливо протікають у ній. Подання палива форсункою в камеру згорання починається в точці за $10...20^{\circ}$ кута повороту колінчастого вала до в. м. т.

Закінчується вприскування палива у різних двигунів по-різному: як після в. м. т., так і до неї. Кут між початком подання палива і в. м. т. називається

вають **кутом випередження уприскування палива**. Тривалість уприскування палива відповідає періоду від початку до кінця подання палива.

Займання горючої суміші відбувається через деякий час після уприскування палива в камеру згорання. Цей час називають **періодом затримки самозаймання**. Самозайманню парам палива передує певний період, упродовж якого відбувається ряд фізичних і хімічних процесів. Паливо розпилюється в гарячому повітрі, крапельки його підігріваються до високої температури і випаровуються.

Під дією високої температури і кисню повітря відбуваються передполум'яні реакції багатостадійного окислення вуглеводнів, що входять до складу палива. У робочій суміші накопичуються киснево-водні з'єднання, які потім починають розпадатися з виділенням частини теплоти (10...15 %) і кисню. Холоднополум'яне окислення призводить до підвищення температури суміші і появи багатьох вогнищ займання. У цей момент з'являється блакитне світіння, що називається **«холодним» полум'ям**.

В результаті підвищення температури суміші швидкість хімічних реакцій зростає, відбувається її займання, тобто поява **«гарячого» полум'я**. Починається згорання палива.

Велика частина палива, що надійшла, до цього моменту устигає випаритися, і процес згорання охоплює все нові порції горючої суміші. Паливо продовжує подаватися форсункою в камеру згорання, воно інтенсивно змішується з повітрям, випаровується і швидко згорає. В результаті швидкого згорання палива тиск у циліндрі значно збільшується. У цей час виділяється основна кількість теплової енергії циклового подання палива (до 70 %), подання палива форсункою триває, тиск збільшується.

Кінцем періоду умовно вважають точку, в якій досягається максимальний тиск. По завершенню швидкого згорання зростання тиску припиняється, швидкість згорання знижується.

Потім починається період уповільненого згорання, тиск незначно зростає. Подання палива припиняється, але процес згорання триває і температура газу підвищується. Виділяється близько 20 % теплової енергії палива. Зниження тиску у кінці періоду пояснюється збільшенням об'єму камери згорання і зв'язку з рухом поршня до н. м. т. Завершенням періоду уповільненого згорання умовно прийнято точку, коли досягається максимальна температура газів у камері згорання.

Потім відбувається догорання залишків палива і продуктів неповного згорання. Чим важче паливо, вище його в'язкість і густина, тим довше триває період догорання. Фаза догорання може досягати 70° кута повороту колінчастого вала до н. м. т.

При великому періоді затримки самозаймання горючої суміші в циліндрі дизеля накопичується і згорає велика частина палива. Це викликає різке збільшення тиску на кожен градус повороту колінчастого

вала, внаслідок чого спостерігається так звана "**жорстка**" **робота** двигуна. Зовнішні ознаки жорсткої роботи двигуна ідентичні **детонаційному згоранню** бензину у бензинових двигунах.

Якщо на куті повороту колінчастого вала тиск у камері згорання збільшується на 0,25...0,5 МПа, то двигун працює нормально, якщо на 0,5...0,9 МПа – працює жорстко, а вище 0,9 МПа – дуже жорстко.

При жорсткій роботі дизеля збільшується навантаження на деталі його кривошипно-шатунного механізму, що спричиняє інтенсивне їх зношування.

Хімічний склад палива істотно впливає на період затримки самозаймання. Найнижчу температуру самозаймання мають парафінові вуглеводні. Чим вище їх молекулярна маса, тим нижче температура самозаймання.

Цетанове число. Оцінкою самоспалахованості дизельних палив служить цетанове число, яке визначають, згідно з ДСТУ ISO 5165:2013, на установках ІТ9-3 і ІТ9-3М. Установки мають одноциліндровий чотири-тактовий дизель зі змінною мірою стискування, яка становить від 7 до 23.

При проведенні випробувань тиск уприскування дорівнює 10,4 МПа, кут випередження уприскування палива має бути 13° до в. м. т.

За еталонні палива вибрані парафіновий вуглеводень **цетан** і ароматичний вуглеводень **альфаметилнафталін**. Цетан має дуже малий період затримки самозаймання, і його цетанове число умовно прийняте за 100. Альфаметилнафталін має великий період затримки самозаймання, і його цетанове число умовно прийняте за 0. Суміші цетана і альфаметилнафталіну в різних співвідношеннях мають різну самозаймистість.

Цетанове число - це відсотковий (об'ємний) вміст **цетану** в суміші з **альфаметилнафталіном**, яка за самозаймистістю дорівнює випробуваному матеріалу.

Наприклад, якщо випробовуване дизельне паливо має цетанове число 47, то по самоспалахованості воно еквівалентне штучній суміші еталонних палив, що містить 47 % цетану і 53 % альфаметилнафталіну.

Цетанове число дизельного палива залежить від його хімічного складу, схильності до окислення. Найшвидше окислюються і розпадаються парафінові вуглеводні нормальної будови. Вони мають найвищі цетанові числа. Ароматичні вуглеводні займаються при більш високих температурах і за більший проміжок часу, мають найнижчі цетанові числа.

Для **збільшення цетанового числа** дизельних палив можуть бути використані різні присадки, наприклад ізопропилнітрат або циклогексилнітрат. Проте виробництво цих присадок останнім часом припинене.

Присадки прискорюють початкові передполум'яні реакції і сприяють утворенню нових активних центрів реакції. Чим нижче цетанове число, тим вище жорсткість роботи дизеля.

Від значення цетанового числа залежать і інші показники роботи двигуна : його пуск, середній ефективний тиск згорання, питома витрата палива, температура випускних газів, відкладення в двигуні, димність і запах газів, що відпрацювали. Зі збільшенням цетанового числа палива полегшується пуск двигуна і збільшується середній тиск згорання, інші показники знижуються, робота двигуна в цілому покращується.

Для сучасних автотракторних дизельних двигунів використовують палива з цетановими числами не менше 45. При цетановому числі дизельного палива 40 і нижче дизелі працюють жорстко. Проте збільшення цетанових чисел палива понад 51 не викликає істотного поліпшення роботи дизеля, а питома витрата палива і димність зростають внаслідок зменшення повноти згорання.

Температура спалаху. Цей параметр використовують для оцінки якості палива і для класифікації виробництва, приміщень і установок за мірою пожежної небезпеки.

Температура спалаху - це мінімальна температура, при якій пари палива, що нагріваються в спеціальному апараті, утворюють горючу суміш, що спалахує при піднесенні до неї відкритого полум'я. Температура спалаху характеризує небезпеку дизельного палива при його транспортуванні, зберіганні і заправці

3.3 Випаровуваність. Схильність до нагароутворення дизельних палив

Випаровуваність. Для отримання якісної горючої суміші паливо повинне повністю випаруватися в камері згорання. Від випаровуваності палива залежить повнота його згорання, пуск і робота двигуна, нагаро- і лакоутворення, знос деталей двигуна і його економічність, склад газів, що відпрацювали, витрата мастила.

Випаровуваність дизельного палива оцінюють, враховуючи фракційний склад, температури перегонки 50 і 90 або 50 і 96 % палива.

На пуск двигуна **фракційний склад** впливає більше, ніж цетанове число. При пуску двигуна створюються найменш сприятливі умови для сумішеутворення і згорання палива внаслідок недостатньо високої температури в камері згорання. Чим більше в паливі легких фракцій, тим швидше і повніше вони випаровуються. У легкого палива менше діаметр крапельок, що утворюються, і більше їх площа випару. **Пускові властивості** дизельних палив характеризуються температурою википання 50 % фракцій.

Чим нижче ця температура, тим легше запустити двигун, особливо при низьких температурах навколишнього повітря. Проте полегшення фракційного складу веде до збільшення періоду затримки самозаймання.

Палива важкого фракційного складу з високою температурою кипіння 96 % фракцій не устигають повністю випаруватися, а отже, і згоріти. Неповнота згорання призводить до перевитрати палива, збільшення димності газів, що відпрацювали, зниження потужності, підвищеного лако- і нагароутворення.

Частина палива в рідкому вигляді стікає по стінках циліндра в масляний картер, змиваючи мастильний матеріал і підвищуючи знос деталей двигуна. Економічність і довговічність двигуна погіршуються. Тому надмірне те, що обважнює палива, як і його полегшення, небажане.

Схильність до нагароутворення. Одно з важливих експлуатаційних властивостей дизельного палива – здатність забезпечувати чистоту двигуна і паливної апаратури. Ця властивість залежить від хімічного і фракційного складу палива. При згоранні палива спостерігається нагароутворення на стінках камери згорання і впускних клапанах, а також на розпилувачах і голках розпилувачів форсунок.

На стінках камери згорання, днищах поршнів і впускних клапанах утворюється щільний твердий нагар темного кольору, а на розпилувачах і голках розпилувачів форсунок - м'який, смолянистий нагар жовтуватого кольору, іноді у вигляді світло-коричневої лакової плівки.

Відкладення нагару на стінках камери згорання погіршує відведення теплоти у системі охолодження двигуна. Наявність нагару на впускних клапанах призводить до їх закоксування, внаслідок чого порушується правильна посадка тарілки клапана на сідло. Внаслідок цього відбувається витік розжарених газів, що призводить до обгорання посадочних поверхонь клапана і сідла, а в окремих випадках зависання клапана.

Найбільші порушення в роботі дизельних двигунів пов'язані з відкладеннями нагару на форсунках. Внаслідок нагару на розпилувачах погіршується якість розпилу палива, і викривляється факел розпилу. Крім того, при погіршенні розпилу палива порушується сумішоутворення, відбувається неповне його згорання, що призводить до димлення, зниження потужності дизеля і підвищеної витрати палива.

Нагароутворення в двигуні залежить від таких параметрів вживаного дизельного палива:

- вмісту фактичних смол і сірки;
- фракційного складу;
- кількості неграничних і ароматичних вуглеводнів;
- зольності і коксованості.

Зі збільшенням **вмісту фактичних смол** в паливі збільшується нагароутворення на деталях двигуна, закоксування отворів розпилувачів і зависання голок. Підвищення змісту сірки в паливі призводить при його згоранні до збільшення нагару і лаку, причому щільність нагару значно зростає.

Зі збільшенням **зольності і коксованості** дизельного палива росте його схильність до нагароутворення. Зольність характеризує зміст у паливі домішок, що не згорають, які випадають в нагар, збільшуючи його абразивні властивості.

Коксованість. Це властивості палива при нагріванні без доступу повітря утворювати вуглисті осадок (кокс). Коксованість визначають для 10 %-вого залишку після попередньої перегонки дизельного палива.

Коксованість 10 %-вого залишку палива залежить від його фракційного складу і змісту смолянисто-асфальтових з'єднань. Для дизельного палива різних марок коксованість знаходиться в межах 0,2...0,3 %.

Коксованість дизельного палива визначають за допомогою методу Конрадсона (ISO 6615) у спеціальному апараті.

3.4 Корозійні властивості дизельного палива

Причина підвищеної корозії і зносу деталей двигуна – наявність у паливі сірчистих з'єднань, органічних кислот, водорозчинних кислот і лугів. Зміст органічних кислот у дизельному паливі характеризує кислотність палива, яка має бути не більше 5 мг КОН (гідроксиду калію) у 100 см³ палива.

Підвищення кислотності палив призводить до збільшення корозійного зносу плунжерних пар паливного насоса високого тиску і зростанню відкладень

На корозійну агресивність дизельних палив істотно впливають сірчасті з'єднання. В результаті дії сірчастих продуктів на мастило картера виходять смолянисті з'єднання, які потім утворюють нагар. За наявності сірчастих з'єднань збільшується нагаро- і лакоутворення у циліндропоршневій групі. Внаслідок змісту сірки нагар стає твердим, що призводить до абразивного зношування циліндропоршневої групи. Відкладення лаку в зоні поршневих кілець веде до їх закоксовування і заклинювання.

Сірчасті з'єднання в паливі сприяють також збільшенню відкладень на масляних фільтрах тонкого і грубого очищення.

Змащувальна здатність дизельних палив визначає термін служби плунжерної пари насоса високого тиску. У глибокоочищених дизельних паливах з низьким вмістом сірки змащувальна здатність значно знижується. В цьому випадку потрібно додавати в паливо певну кількість протизносних присадок

Корозійна агресивність дизельних палив залежить головним чином від змісту меркаптанової сірки. Її масова доля в паливі допускається не більше 0,01 %. Загальна масова частка сірки в товарних дизельних паливах становить 0,2...0,5 %. Для поліпшення екології великих населених

пунктів нашої країни передбачається понизити в паливах масові долі сірки (до 0,05...0,1 %) і ароматичних вуглеводнів (до 10...20 %)

Перспективні показники якості дизельного палива за кордоном такі: в США - вміст сірки не більше 0,003 %, ароматичних вуглеводнів не більше 2 %, в Європі - відповідно не більше 0,005 і 3% .

3.5 Низькотемпературні властивості дизельного палива

Головні **експлуатаційні характеристики** дизельного палива – це його низькотемпературні властивості і рухомість при негативних температурах, які визначають роботу системи живлення.

Палива, що містять велику кількість парафінових вуглеводнів, мають погані низькотемпературні властивості внаслідок кристалізації цих вуглеводнів навіть при плюсових температурах. Кристали, що виділяються, можуть засмітити систему живлення двигуна, особливо паливні фільтри.

Низькотемпературні властивості характеризуються:

- температурою помутніння;
- граничною температурою фільтрації;
- температурою застигання.

Температурою помутніння називають температуру, при якій змінюється фазовий склад палива, оскільки разом з рідкою фазою з'являється тверда. При цьому паливо втрачає свою прозорість, каламутніє через виділення мікроскопічних кристалів льоду (якщо в паливі є вода) і в основному твердих вуглеводнів. Проте при помутнінні плинність палива не міняється. Розміри кристалів такі, що вони проходять через фільтри.

При **граничній температурі фільтрації** розміри кристалів твердих вуглеводнів збільшуються, і вони не проходять через фільтри, тобто плинність палива погіршується.

При **температурі застигання** кристалічна решітка настільки зміцнюється, що паливо втрачає плинність.

Температура помутніння і гранична температура фільтрації палива характеризують **умови його застосування**. Для більшості дизельних палив різниця температур помутніння і застигання становить 5...7⁰ С. Якщо паливо не містить депресорних присадок, то гранична температура фільтрації дорівнює температурі помутніння або нижче її на 1...2⁰ С. Температура повітря, при якій можлива експлуатація дизельного палива, має бути на 5...10⁰ вище за температуру помутніння для позбавлення порушень подання палива в двигун.

Низькотемпературні властивості можна поліпшити, видаливши з палива частину парафінових вуглеводнів, тобто **депарафінізацією**. При

цьому можна отримати паливо із заздалегідь заданою температурою застигання. Проте слід пам'ятати, що при депарафінізації віддаляються високоцетанові компоненти - парафінові вуглеводні, тобто знижується цетанове число дизельного палива.

Палива з поганими низькотемпературними властивостями мають високі цетанові числа, а палива з добрими низькотемпературними властивостями мають незадовільні цетанові числа. Для збереження цетанового числа на необхідному рівні проводять **неглибоку депарафінізацію**.

Для забезпечення необхідних температур помутніння і застигання зимові сорти палива отримують за рахунок полегшення фракційного складу. При виробництві зимових сортів дизельного палива використовують **депресорні присадки**. Додаючи ці присадки в сотих долях відсотка, можна понизити граничну температуру застигання на 15...20⁰С.

При введенні депресорних присадок температура помутніння палива не змінюється. Механізм дії депресорних присадок полягає в модифікації структури парафінів, що кристалізуються, зменшенні їх розмірів.

Низькотемпературні властивості дизельних **палив з депресорними присадками** оцінюють за температурою помутніння і граничною температурою фільтрації, а **палив без депресатора**, що випускаються згідно вимог ДСТУ ISO 3015:2012, - за температурами помутніння і застигання. З метою зниження температури застигання дизельних палив в умовах експлуатації припустимо, як виняток, додавати гас. Задля цього використовують низькозастигливі сорти гасу (типу реактивного палива) у кількості до 25 % від загального об'єму.

При сильному розбавленні дизельного палива гасом знижується цетанове число, що призводить до жорсткої роботи двигуна, і різко погіршуються мастильні властивості, у зв'язку з чим підвищується знос плунжерної пари. При температурі повітря від -20 до -30⁰С двигуни працюють на суміші, яка містить 90 % дизельного палива і 10 % керосину, а при температурі від -30 до -35⁰С вони працюють на суміші, що складається з 75 % дизельного палива і 25 % керосину. Звичайний освітлювальний гас непридатний для цієї мети, оскільки має погані низькотемпературні властивості. Температура помутніння освітлювального гасу досить незначна і становить - 12...- 15⁰С.

Слід зазначити, що дизельного палива зимових сортів випускають значно менше, ніж літніх. Нафтоперероблювальні заводи виробляють біля 11 % зимового і 1 % арктичного дизельного палива від загального об'єму.

Потреба в зимовому дизельному паливі забезпечена менш ніж на 50 %, тому зимові сорти палива слід використовувати тільки в холодний період і не допускати їх змішування з літніми паливами.

Температури помутніння, початок кристалізації цих палив визначають згідно з ISO 3013-74.

3.6 Вода і механічні домішки

Наявність води і механічних домішок у дизельному паливі є однією з головних причин відмов паливної апаратури. Вода і механічні домішки можуть потрапляти в паливо, починаючи від шляху одержання його з нафтозаводу до використання в двигуні. Більшість механічних домішок мають велику твердість і спричиняють підвищений знос деталей двигуна.

Особливо шкідливі домішки для паливних насосів високого тиску, насосів-форсунок, форсунок. У прецизійних парах проміжок становить 1.5...3 мкм, тому навіть невелика кількість механічних домішок, розмір яких порівняємо з проміжком плунжерних пар, викликає їх інтенсивне зношування.

Механічні домішки в дизельному паливі підвищують смолоутворення, викликають засмічення системи топливоподавання, збільшують кількість відкладень і нагари на форсунках, у камері згорання і на інших елементах, що погіршує надійність і довговічність системи топливоподавання, при цьому значно збільшуючи витрату палива і димність газів, що відпрацювали.

При використанні засміченого палива термін служби паливної апаратури скорочується в 5–6 разів.

Перед заправкою у бак машини паливо повинно відстоюватись не менше 10 днів. Чистота різних шарів палива при цьому буде неоднаковою. Навіть при 10-денному відстоюванні в нижніх шарах палива залишаються найдрібніші частинки механічних домішок, що є найбільшою небезпекою для паливної апаратури. Машини необхідно заправляти паливом верхніх шарів. Наявність механічних домішок у дизельному паливі не допускається.

Не дозволяється використовувати паливо, що містить воду, оскільки воно призводить до порушень у роботі двигуна, унеможлиблює його пуск, призводить до підвищеної корозії, збільшення нагароутворення та інше

Чистоту дизельного палива оцінюють за **коефіцієнтом фільтрованості** (ДСТУ EN 116:2012), який визначає ефективність і надійність роботи двигуна, особливо його паливної апаратури.

Коефіцієнт фільтрованості знаходять як відношення часу фільтрування через фільтр з паперу БФДТ при атмосферному тиску однієї десятої об'єму фільтрованого палива до начального об'єму.

На фільтрованість палива впливають наявність у ньому механічних домішок, води, смолянистих речовин, мила нафтових кислот.

Для дизельного палива різних марок коефіцієнт фільтрованості коливається від 2 до 3.

У результаті мікробного зараження палива можлива відмова двигунів внаслідок засмічення паливопроводів і паливних фільтрів. У дизельному паливі зустрічається 45 видів різних бактерій і близько 20 видів різних грибків. Зараження дизельного палива відбувається шляхом проникнення бактерій і грибків ззовні з повітрям або водою, або внаслідок контакту із

зараженим раніше паливом. Мікроорганізми розповсюджуються уздовж поверхні розділу вода-паливо і живуть у воді, живлячись паливом.

У міру розвитку бактерій і грибків якість палива різко погіршується, відбуваються несприятливі зміни палива, які спричиняють його помутніння, мікробіологічну корозію, утворення осаду, засмічення фільтрів і трубопроводів, розкладання присадок і добавок. Для знезараження дизельного палива і профілактики його зараження розроблена домішка на основі похідних ізотиазоліну та ін.

3.7 Асортимент дизельних палив

Нафтопереробні заводи виробляють дизельне паливо згідно з ДСТУ 7688:2015 трьох марок:

- Л - літнє;
- З - зимове;
- А - арктичне.

Палива цих марок розрізняються в основному низькотемпературними властивостями, в'язкістю і випаровуваністю. За змістом сірки палива поділяють на два види:

- I - зі змістом сірки менше 0,2 %;
- II - зі змістом сірки 0,2...0,5 %.

У документах на постачання дизельних палив вказують марку палива, зміст в ньому сірки, температуру спалаху (для літнього сорту) або застигання (для зимового). Наприклад, паливо літнього сорту з масовою долею сірки до 0,2 %, температурою спалаху 40⁰С означають «Паливо дизельне Л-0,2-40», а зимового сорту з масовою долею сірки до 0,2 % температурою застигання -35⁰ С, відповідно «Паливо дизельне З-0,2-35». У позначенні арктичного палива вказують тільки масову долю сірки у відсотках.

У марках палива букви означають:

- Л – це літнє паливо, вживане при температурах навколишнього повітря 0⁰С і вище;
- З - зимове паливо з температурою застигання не вище - 35⁰С, його вживають у помірній кліматичній зоні при температурах до - 20⁰С, і зимове з температурою застигання не вище - 45⁰С, воно призначене для застосування в холодній кліматичній зоні при температурах навколишнього повітря - 30⁰С;
- А - арктичне, яке слід вживати при температурі - 50⁰С.

Перехід із зимових марок палива на літні здійснюється в період стійкої плюсової температури, що настала, або очікуваної за довгостроковим прогнозом. Літні марки палива в південних районах використовують всесезонно.

Згідно з ТУ 38.101889-81, виробляють зимове дизельне паливо з депресорною присадкою марки ДЗп, яке отримують на базі літнього палива з температурою помутніння - 5 °С. Додаток присадки в сотих долях відсотка дозволяє понизити граничну температуру фільтрованості - 15°С.

Для районів з холодним кліматом, згідно з ТУ 38.401-58-36-92, виробляють дизельне паливо з депресорною присадкою марки ДЗп- 15/-25 (базове паливо з температурою помутніння - 15°С, товарне паливо - з граничною температурою фільтрації - 25° С).

Згідно з ТУ 38.1011348-90, передбачено випуск екологічно чистого дизельного палива : двох марок літнього (ДЛЕЧ-В і ДЛЕЧ) і однієї марки зимового (ДЗЕ Ч). Зміст сірки у цих палив понижений від 1 % до 0,05 % і до 0,1%. Введена норма за вмістом ароматичних вуглеводнів: для марки ДЛЕЧ-В - не більше 20 %, для марки ДЗЕЧ - не більше 10 %.

Згідно з вимогами ТУ 38.401-58-17-96, випускають дизельні палива з покращеними екологічними властивостями (міські) марок : 4ЕК-л, ДЕК-3, ДЕКп-л, ДЕКп- 3 (-15°С), ДЕКп- 3 (-20°С).

Ці палива відрізняються від екологічно чистих в основному наявністю присадок (влітку - антидимною, взимку антидимною і депресорною), внаслідок чого димність і токсичність газів, що відпрацювали, знижуються на 30...50 %

Розроблені ТУ 38.401-58-296-2001 "Паливо дизельне автомобільне" відповідає вимогам європейських норм EN 590-2000. У ньому встановлені жорсткі вимоги до змісту сірки і до цетанового числа (не менше 51). При цьому нормуються чотири нові показники якості :

- цетановий індекс;
- змащувальна здатність;
- вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів;
- окислювальна стабільність.

Передбачена диференціація дизельних палив за низькотемпературними властивостями. Наприклад, для помірного клімату випускають шість сортів палив з граничною температурою фільтрації від 5 до - 20°С.

Контрольні запитання

1. Експлуатаційні вимоги до дизельного палива.
2. Самозаймистість і цетанове число. Що таке температура спалаху дизельного палива ?
3. Випаровуваність. Схильність до нагароутворення дизельних палив.
4. Корозійні властивості дизельного палива.
5. Низькотемпературні властивості дизельного палива.
6. Низькотемпературні властивості дизельних палив з депресорними присадками.
7. Низькотемпературні властивості дизельних палив без депресатора.
8. Вода і механічні домішки.
9. Який асортимент дизельних палив існує?

Частина 4 ГАЗОПОДІБНІ І АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА

В сучасних умовах газоподібне паливо широко використовується для технологічних і побутових цілей. Його застосовують і для ДВС.

Переваги газоподібного палива :

- газоподібні палива є найбільш дешевими видами палива, оскільки можуть використовуватися безпосередньо після отримання з газових, нафтових родовищ без додаткового перероблення, іноді лише після неглибокого очищення;
- згорає в теоретично необхідній кількості повітря, що забезпечує високий тепловий ККД і температуру горіння;
- при згоранні не утворює небажаних продуктів сухої перегонки і сірчистих з'єднань, кіптяви і диму;
- порівняно легко підводиться до об'єктів споживання і може зберігатися централізовано;
- легко запалюється в широкому діапазоні температур навколишнього середовища;
- має високі протидетонаційні властивості;
- забезпечує значно менший знос деталей двигуна;
- застосування газоподібних палив підвищує довговічність двигуна в 1,25 – 2,0 рази. Відсутність рідкої фази палива запобігає змиванню масляної плівки зі стінок циліндра і кілець і тим самим значно знижує знос циліндропоршневої групи;
- термін зміни мастила збільшується в 2 – 2,5 рази, чад мастила зменшується на 30...40 % Міжремонтний пробіг автомобілів на скрапленому нафтовому газі зростає в 1,4 – 2 рази. Покращуються умови роботи свічок запалення, термін їх служби збільшується в 2 – 3 рази.

До **недоліків** автомобілів, працюючих на зрідженому газоподібному паливі, відносяться:

- зниження пробігу без дозаправки в 1,5 – 3,0 рази;
- зменшення корисного навантаження на 5...10 %;
- зменшення потужності двигуна на 5...7 %, у зв'язку з цим погіршення тягово-динамічних властивостей автомобіля;
- погіршення запуску при низьких температурах;
- підвищення пожежно- і вибухонебезпеки;
- трудомісткість технічного обслуговування автомобілів, які працюють з таким паливом, зростає на 3...5 %.

Найширше застосовуються природний або попутний газ нафтових або газових родовищ, а також заводські гази нафтопереробних та інших заводів.

Основними складовими компонентами цих газів є вуглеводні з числом вуглецевих атомів у молекулі від одного до чотирьох (метан, етан, пропан, бутан і їх похідні).

Природні гази практично повністю складаються з метану (82...98 %) з невеликою домішкою етану (до 6 %), пропану (до 1,5 %) и бутану (до 1 %).

У попутніх нафтових газах вміст метану коливається в межах 40...85% етану і пропану (до 20 % кожного).

Газоподібне паливо з **теплотою його згорання** умовно підрозділяють на три групи:

- **висококалорійне**, з теплою згорання більше 20000 кДж/м³ (природні гази і нафтові, отримувані зі свердловин попутно з нафтою і при її переробці);
- **середньокалорійне**, з теплою згорання 10000...20000 кДж/м³ (коксівний, світільний гази);
- **низькокалорійне**, з теплою згорання до 10000 кДж/м³ (доменний, генераторний гази).

4.1 Газоподібні палива

В наш час найбільш широко вживають два види газоподібного палива :

- **зріджений нафтовий газ** (ЗНД);
- **стислий природний газ** (СПГ).

Так само досить широкого поширення набули і деякі інші типи газоподібних палив :

- генераторний газ;
- біогаз;
- природний газ.

ДСТУ ГОСТ 27577:2005 регламентує використання як паливо для ДВЗ природний **паливний компримований газ**, що отримують з горючого природного газу, який транспортується по магістральних трубопроводах. На газонаповнювальній компресорній станції проводять його компримування і видалення домішок за технологіями, що не передбачають зміни компонентного складу газу.

4.1.1 Зріджені гази

Основні компоненти зріджених газів - це **пропан** C_3H_8 , **бутан** C_4H_{10} та їхні суміші. Їх отримують з газів, що виходять з бурових свердловин разом з нафтою, і з газоподібних фракцій, що отримують при переробленні нафти.

Обидва вуглеводні при невеликому тиску (без охолодження) можна перевести в **рідкий стан**. Приміром, при $20^{\circ}C$ пропан зріджується при 0,716, а бутан - при 0,103 МПа.

Зріджені гази зберігають у балонах, розрахованих на робочий тиск 1,6 МПа. У таких умовах навіть чистий пропан знаходиться в рідкому стані, що дозволяє експлуатувати автомобілі на ЗНД цілорічно на усій території країни, окрім південних районів у літній час (де температура вище $48,5^{\circ}C$).

ДСТУ EN589:2017 визначає випуск зрідженого газу двох марок:

- **ПА** - пропан автомобільний;
- **ПБА** – пропан-бутан автомобільний.

Газ марки ПБА призначений для усіх кліматичних районів при температурі навколишнього повітря не нижче $-20^{\circ}C$. Газ марки ПА рекомендовано застосовувати при температурах навколишнього повітря від $-20^{\circ}C$ до $-35^{\circ}C$. З метою повного витрачення запасів газу марки ПА у весняний період допускається його застосування при температурі до $10^{\circ}C$.

Для газобалонних автомобілів, відповідно до ДСТУ, випускають зріджені гази двох марок:

- **СПБТЗ** (суміш пропану і бутану технічна зимова);
- **СПБТЛ** (суміш пропану і бутану технічна літня).

У таблиці 4.1 наведено склад цих газів.

Таблиця 4.1 – Склад зріджених газів

Склад газів	СПБТЗ	СПБТЛ
Метан, етан та етилен	4 %	6 %
Пропан та пропилен	75 %	34 %
Бутан та бутилен	20 %	60 %

До складу **ЗПГ** додають спеціальні речовини - **одоранти**, які мають сильний запах, оскільки **ЗПГ** зазвичай не мають запаху і кольору, і виявити їх витік дуже важко.

Найбільш поширений одорант - **етилмеркаптан** (C_2H_5SH), його відчувають вже при концентрації 0,2 г на 1000 м^3 повітря або газу.

Автомобілі, що працюють на зрідженому газі, мають такий же запас ходу, як і автомобілі, що працюють на бензині. Автомобілі, що працюють на **ЗПГ**, не рекомендується запускати при температурі нижче -5°C . При низьких температурах знижується надійність газового устаткування, запуск двигуна ускладнений.

Перешкодою для подальшого розширення застосування **ЗПГ** в якості палива являється обмеженість ресурсів зрідженого нафтового газу і велика цінність його, як сировини для хімічної промисловості. Перспективніший в цьому плані стислий природний газ. Слід враховувати величезні запаси цього газу, його дешевизну і високий рівень розвитку газової промисловості.

4.1.2 Стислі гази

Основні компоненти стислих газів - **метан** CH_4 , **окисел вуглецю** CO і **водень** H_2 - отримують переважно з природних газів (можливе отримання з попутних, нафтових, коксівних та інших газів).

При високій температурі, навіть при високому тиску ці гази не можуть бути зріджені: для цього потрібні низькі температури.

Для стислого газу застосовують газобалонні установки, які розраховані на роботу при високому тиску - 20 МПа.

Для заправлення автомобілів застосовують дві марки **стислого природного газу (СПГ)**:

- **А** (95 % CH_4 за об'ємом);
- **Б** (90 % CH_4 за об'ємом).

На автомобілі **СПГ** зберігаються в товстостінних сталевих балонах ємністю по 50 літрів. Батарея таких балонів має досить велику вагу (близько 500 кг), внаслідок чого знижується вантажопід'ємність автомобіля. Ця ж обставина є основною перешкодою використання СПГ на легкових автомобілях. Дальність поїздки на одній заправці газом значно менша порівняно із заправкою бензином і не перевищує 200 – 250 км.

Перспективнішою вважають криогенну **технологію зберігання СПГ** на автомобілі. Цей напрям є етапним у процесі створення водневих двигунів

СПГ запалюється при температурі $630\dots 645^{\circ}\text{C}$, що у три рази вище за температуру займання бензину. Це утрудняє запуск двигуна особливо при низьких температурах.

4.1.3 Водневе паливо

Зараз все більш широко ведуться роботи по використанню в якості палива водню, а також його сумішей з бензином.

Характерні особливості водню:

- водень найлегший елемент, навіть у рідкому стані він у 14 разів легше за воду;
- в одиниці маси водень містить у 3 рази більше теплової енергії, чим усі відомі викопні палива. Проте, для його зберігання, потрібні досить великі об'єми паливних балонів;
- водень має здатність вмить змішуватися з іншими газами і, зокрема, з повітрям атмосфери;
- водень горить у газоподібному стані з утворенням пари води. Для спалювання 1 кг водню потрібне в два рази більше повітря, ніж для спалювання бензину;
- гази, що відпрацювали, при роботі на водні не містять окислу вуглецю, вуглеводнів, оксидів свинцю, а оксиди азоту є присутніми в менших кількостях, ніж при роботі на бензині.

Використання водню в чистому вигляді вимагає значного ускладнення конструкції системи живлення і двигуна в цілому. Але використання водню як домішки до бензоповітряної суміші не вимагає таких змін. Експлуатація автомобілів на бензоводневих сумішах в умовах інтенсивного міського руху дозволяє економити паливо нафтового походження і при цьому понизити забруднення довкілля токсичними продуктами газів, що відпрацювали.

Так, наприклад, якщо витрата бензину дорівнювала 12,2 кг/100 км, то в даному випадку він знизиться до 5,5 кг, а витрата водню буде всього 1,8 кг. При цьому концентрація окислу вуглецю в газах, що відпрацювали, знижується в 13 разів, оксидів азоту – в 5 разів, вуглеводнів – на 30 % .

Слід мати на увазі, що за вартістю водневе паливо не вище за інші синтетичні палива.

Основними чинниками, які стримують широке застосування водневого палива, є складнощі, пов'язані з його зберіганням і розподілом. Виробництво водневого палива також пов'язане з певними складнощами.

4.2 Синтетичні спирти

Все більший розвиток отримують процеси синтезу рідкого штучного палива з вугілля, природного газу, вапняку, побутових відходів, відходів лісового господарства, рослинних продуктів. З тих синтетичних спиртів, що випускаються промисловістю, практичний інтерес має метанол.

В якості сировини для виробництва метанолу перспективними є природний газ, нафтові залишки, і понад усе, вугілля.

Метанол і **етанол** при використанні їх як палива для автомобільних двигунів характеризуються:

- високим октановим числом;
- меншою в порівнянні з бензинами теплотворною здатністю;
- високою прихованою теплотою випару;
- низькою пружністю пари і температурою кипіння(звідси, проте, подвійне зниження запасу ходу автомобіля і погіршення пускових якостей двигуна).

В той же час метанол, як автомобільне паливо, зумовлює зростання потужності і ККД двигуна. При роботі на ньому забезпечується зниження теплонапруженості деталей циліндропоршневої групи, закоксовування та нагароутворення. До достоїнств застосування чистого метанолу можна віднести також відчутне розширення меж ефективного збіднення топливоповітряної суміші і меж регулювання, істотне зменшення токсичності газів, що відпрацювали.

Розглянуті достоїнства метанолу, проте, не дозволяють рекомендувати його до повсюдного застосування, оскільки збереження техніко-експлуатаційних показників автомобіля в цих умовах спричиняє за собою конструктивні зміни паливної апаратури і двигуна. Тому нині метанол може бути практично використаний як домішки до бензину.

4.3 Метилтретбутиловий ефір

Метилтретбутиловий ефір (МТБЕ - $\text{CH}_3\text{OC}_4\text{H}_9$) використовується, як домішка до бензину. Його отримують синтезом 65 % ізобутилену і 35 % етанолу у присутності каталізаторів.

Переваги у застосуванні МТБЕ як палива для ДВС полягають у:

- можливості отримання неетильованих високооктанових сумішей;
- відсутності необхідності змінювати регулювання паливної апаратури;
- полегшенні фракційного складу бензинів, а отже, і їхніх пускових якостей. Проте дещо зростає небезпека утворення парових пробок;
- деякому поліпшенні потужностних і економічних показників двигуна;
- зниженні токсичності газів, що відпрацювали.

Можливе використання метилтретбутилового ефіру справедливо розглядається сьогодні як одно з перспективних напрямів розширення ресурсів високооктанових неетильованих бензинів.

4.4 Газові конденсати

Газові конденсати (рідкі вуглеводні, що конденсуються за нормальних умов з природних газів) розглядаються як додаткове джерело сировини для отримання автомобільного палива. Рівень фізико-хімічних і експлуатаційних властивостей газоконденсатів близький до дизельних палив.

Найдоцільніше використовувати газові конденсати як палива для дизелів на місцях їх здобичі без складної переробки.

Аналіз газових конденсатів таких родовищ дозволяє розподілити їх за складом на дві групи:

- **важкі** газові конденсати відносно вузького фракційного складу;
- **легкі** конденсати ширшого фракційного складу.

Конденсати першої групи за основними властивостями незначно відрізняються від стандартних арктичних і зимових дизельних палив, а конденсати другої групи мають менші значення густини, в'язкості, температур спалаху і застигання, ніж стандартні дизельні палива.

Газоконденсатне паливо рекомендується для експлуатації дизелів у північних умовах при температурі повітря мінус 45 °С і вище.

Контрольні запитання

1. Перерахуйте основні види газоподібних палив.
2. Назвіть основні компоненти зріджених газів.
3. Які марки зріджених газів використовуються як автомобільне паливо в нашій країні?
4. Як змінюються технічні характеристики автомобілів при переводі їх на зріджений газ?
5. Що є перешкодою для подальшого розширення та використання зріджених газів на автомобільному транспорті?
6. Назвіть основні компоненти стислих газів, які використовуються як автомобільні палива.
7. Які марки стислого газу застосовуються для заправки автомобілів, у чому їх відмінність?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы : учеб. для вузов / Л. С. Васильева. – М. : Наука-пресс, 2004. – 421 с.
2. Гуреев, А. А. Автомобильные бензины. Свойства и применение : учеб. пособие для вузов / А. А. Гуреев, В. С. Азов. – М.: Нефть и газ, 1996. – 444 с.
3. Кузнецов, А. В. Топливо и смазочные материалы [Текст]: учеб. для вузов / А. В. Кузнецов. – М. : Колос, 2007. – 199 с.
4. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов и др.; под ред. В. М. Школьников. – М.: Изд. центр «Техноинформ», 1999. – 596 с.
5. Павлов, В. П. Автомобильные эксплуатационные материалы / В. П. Павлов, П. П. Заскалько. – М. : Транспорт. 1982. – 205 с.
6. Колосюк, Д. С. Експлуатаційні матеріали: підручник /Д. С. Колосюк, Д. В. Зеркалов. – Київ : Арістей, 2005. – 241 с.
7. Паливно-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 1. Паливно-мастильні матеріали і технічні рідини / упоряд. В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. – 353 с.
8. Паливно-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 2. Системи забезпечення якості паливно-мастильних матеріалів / упоряд. В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. – 353 с.

ЗМІСТ

Частина 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПАЛИВА. НАФТА	
І НАФТОПРОДУКТИ	3
1.1 Загальні відомості про палива. Основні властивості палив.....	3
1.2 Продукти переробки нафти. Сировина для отримання бензину .	5
1.3 Маркування нафтопродуктів.....	7
Контрольні запитання	10
Частина 2 АВТОМОБІЛЬНІ БЕНЗИНИ	11
2.1 Технологія виробництва бензинів	11
2.2 Класифікація бензинів.....	16
2.3 Вимоги до якості автомобільних бензинів.....	17
2.4 Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості автомобільних бензинів.....	18
2.4.1 Детонаційна стійкість автомобільних бензинів.....	18
2.4.2 Випаровуваність бензину.....	21
2.4.3 Хімічний і вуглеводневий склад автомобільних бензинів	23
2.4.4 В'язкість і густина автомобільних бензинів	25
2.4.5 Хімічна стабільність автомобільних бензинів	25
2.4.6 Корозійна активність і захисні властивості	26
2.4.7 Сумісність автомобільних бензинів з неметалічними матеріалами.....	27
2.5 Отримання високооктанових компонентів	28
2.6 Присадки до автомобільних бензинів	28
2.6.1 Антидетонаційні присадки	29
2.6.2 Антиокислювальні присадки.....	30
2.6.3 Мийні присадки.....	32

2.6.4 Інші види присадок.....	33
Контрольні запитання	34
Частина 3 ПАЛИВО ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ.	35
3.1 Експлуатаційні вимоги до дизельного палива	35
3.2 Самозаймистість і цетанове число. Температура спалаху дизельного палива	35
3.3 Випаровуваність. Схильність до нагароутворення дизельних палив	38
3.4 Корозійні властивості дизельного палива.....	40
3.5 Низькотемпературні властивості дизельного палива	41
3.6 Вода і механічні домішки	43
3.7 Асортимент дизельних палив.....	44
Контрольні запитання	46
Частина 4 ГАЗОПОДІБНІ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА	47
4.1 Газоподібні палива.....	48
4.1.1 Зріджені гази.....	49
4.1.2 Стислі гази.....	50
4.1.3 Водневе паливо.....	50
4.2 Синтетичні спирти	51
4.3 Метилтретбутиловий ефір.....	52
4.4 Газові конденсати.....	53
Контрольні запитання	53
Бібліографічний список	54

Навчальне видання

**Бичков Ігор Валерійович
Воробйов Юрій Анатолійович
Григорович Антон Михайлович**

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ
Частина 1
АВТОМОБІЛЬНІ ПАЛИВА**

Редактор Є. О. Александрова

Зв. план, 2019

Підписано до видання 23.08.2019

Ум. друк. арк. 3,2. Обл.-вид. арк. 3,56. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої
продукції, серія ДК № 391 від 30.03.2001