

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Фізико-хімічні методи аналізу та технологія пально-мастильних матеріалів»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**Технології робіт і технологічне обладнання аеропортів**

**за темою № 4 – Класифікація нафти і нафтопродуктів. Основні експлуатаційні властивості нафтопродуктів.**

**Харків 2022**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.01.2023 № 1

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 19.12.2022 № 5

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 27.01.2023 № 1

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 31.10.2022 № 5

**Розробник:**

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

**Рецензенти:**

1. доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, канд. техн. наук, Павленко О. В.

2. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, спеціаліст вищої категорії, канд. хім. наук, Козловська Т. Ф.

## План лекції

1. Основні види класифікації нафти.
2. Характеристика товарних нафтопродуктів.
3. Основні види переробки нафти.
4. Основні способи одержання палив та олив з нафти.

## Рекомендована література:

### Основна

1. Братичак М. М., Гунька В. М. Хімія нафти та газу : підручник. Львів : Львівська політехніка, 2020. 448 с.
2. Братичак М. М., Гринишин О. Б. Технологія нафти та газу. навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2013. 180 с.
3. Властивості нафти та нафтопродуктів. Ч.1 : навч. посіб. / О.В. Давітая та ін. Кременчук, 2019. 74 с.
4. Основи хімії і фізики горючих копалин / Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В. Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. 640 с.

### Додаткова

5. Сіренко Г.О., Кириченко В.І., Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів : монографічний підручник. Івано-Франківськ, 2017. 508 с.

## Текст лекції

### 1. Основні види класифікації нафти.

Фізичні властивості нафти досить різноманітні, але найважливішим серед них є її густина (по-іншому - питома вага). Цей параметр залежить від молекулярних ваг входять до її складу. Значення густини нафти варіюється від 0,71 до 1,04 грам на кубічний сантиметр. У нафтоносних колекторах в нафти багато розчиненого газу, тому в природних умовах її густина менше (в 1,2 - 1,8 рази), ніж в здобутий дегазувати сировину.

За значенням цього параметра нафту ділиться на наступні класи:

- клас дуже легкій нафті (щільність - менше 0,8 г / см<sup>3</sup>);
- легкі нафти (від 0,80 до 0,84 г / см<sup>3</sup>);
- клас середніх нафт (від 0,84 до 0,88 г / см<sup>3</sup>);
- важкі нафти (густина - від 0,88 до 0,92 г / см<sup>3</sup>);
- нафти дуже важкого класу (> 0,92 грам на кубічний сантиметр).

В'язкість цієї корисної копалини є властивістю цієї речовини чинити опір при переміщенні відносно один одного нафтових частинок при русі нафти. Іншими словами, цим параметром характеризується рухливість цієї вуглеводневої розчину.

### **Класифікація нафти.**

Нафти різних родовищ відрізняються одна від однієї за фізичними (густина в'язкість, фракційний склад та ін.) та хімічними (вміст сірки, смол, парафіну груповий склад та ін.) властивостями, котрі визначають напрям переробки нафти та суттєво впливають на якість одержаних нафтопродуктів. Тому дуже важливе класифікувати нафти залежно від їх властивостей. Існує велика кількість різноманітних класифікацій нафт. Розглянемо найбільш розповсюджені:

Класифікація нафт за густиною була запроваджена на ранніх етапах розвитку нафтопереробної промисловості. Згідно з цією класифікацією усі нафти поділяють на:

- легкі ( $\rho_{15} < 0,828$ );
- обважнені ( $\rho_{15} = 0,828 \dots 0,884$ );
- важкі ( $\rho_{15} > 0,885$ ).

Як правило, легкі нафти містять багато світлих фракцій, які википають до  $350^{\circ}\text{C}$ , а також мало сірки та смол. З нафт такого типу одержують велику кількість палив, а також виробляють змащувальні оливи високої якості. Важкі нафти, навпаки, містять значну кількість ароматичних вуглеводнів, смол та сіркових сполук. Такі нафти є найкращою сировиною для одержання нафтових бітумів та коксу. Класифікація нафт за густиною є дуже приблизною. Вона не відображає дійсного кількісного хімічного чи групового вуглеводневого складу нафт і може бути використана лише для попередньої оцінки їх властивостей.

Класифікація ГрозНИИ запропонована Грозненським нафтовим науково-дослідним інститутом. Вона відображає хімічний склад нафти. В її основу покладено переважний вміст в нафті якогось одного або декількох класів вуглеводнів. Згідно з цією класифікацією розрізняють такі типи нафт:

- парафінові;
- парафіно-нафтеніві;
- нафтеніві;
- парафіно-нафтеніо-ароматичні;
- нафтеніо-ароматичні;
- ароматичні.

Технологічна класифікація була введена в 1967 р. і використовується зараз, оскільки дає найбільш повну інформацію про хімічний та груповий вуглеводневий склад нафт.

За технологічною класифікацією всі нафти поділяють на класи за вмістом сірки в нафті, бензині, реактивному та дизельному паливі; типи за виходом фракцій, які википають до  $350^{\circ}\text{C}$ ; групи за потенційним вмістом базових олив; підгрупи за індексом в'язкості базових олив; види за вмістом твердих парафінових вуглеводнів у нафті.

Залежно від вмісту сірки у нафті та її фракціях нафти поділяють на три класи:

- I клас - малосіркова нафта. Вміст сірки в нафті - не більше 0,5 %; у бензиновій фракції - не більше 0,1 %; у газовій фракції - не більше 0,1 %; у дизельній фракції - не більше 0,2 %.
- II клас - сіркова нафта. Вміст сірки в нафті - 0,51...2,0 %; у бензиновій фракції - не більше 0,1 %; у газовій фракції - не більше 0,25 %; у дизельній фракції - не більше 1,0 %.
- III клас - високосіркова нафта. Вміст сірки в нафті - більше 2,0 %; у бензиновій фракції - більше 0,1 %; у газовій фракції - більше 0,25 %; у дизельній фракції - більше 1,0 %.

Залежно від виходу світлих фракцій, що википають до 350°C, нафти поділяють на три типи:

- T<sub>1</sub> - вміст фракцій до 350°C - не менше 55 %;
- T<sub>2</sub> - вміст фракцій до 350°C - 45...54,9 %;
- T<sub>3</sub> - вміст фракцій до 350°C - до 45 %.

Залежно від сумарного вмісту дистильованих та залишкових базових олив нафти поділяють на чотири групи:

- M<sub>1</sub> - кількість базових олив - не менше 25 % на нафту та не менше 45 % на мазут;
- M<sub>2</sub> - кількість базових олив - 15,0...24,9 % на нафту та не менше 45 % на мазут;
- M<sub>3</sub> - кількість базових олив - 15,0...24,9% на нафту та 30,0...44,9 % на мазут;
- M<sub>4</sub> - кількість базових олив - до 25 % на нафту та до 30 % на мазут.

Залежно від значення індексу в'язкості (ІВ) базових олив розрізняють чотири підгрупи:

- I<sub>1</sub> - індекс в'язкості базових олив - більше 95;
- I<sub>2</sub> - індекс в'язкості базових олив - 90...95;
- I<sub>3</sub> - індекс в'язкості базових олив - 85...89,9;
- I<sub>4</sub> - індекс в'язкості базових олив - до 85.

Залежно від вмісту твердих парафінів нафти поділяють на три види:

- П<sub>1</sub> - малопарафіниста нафта. Вміст парафінів у нафті - не більше 1,50 %;
- П<sub>2</sub> - парафіниста нафта. Вміст парафінів у нафті - 1,51...6,00 %;
- П<sub>3</sub> - високопарафіниста нафта. Вміст парафінів у нафті - більше 6,00 %.

Згідно з технологічною класифікацією кожній нафті присвоюють шифр відповідно до її характеристики. Так, наприклад, шифр туймазинської нафти П<sub>2</sub> T<sub>2</sub> M<sub>2</sub> I<sub>3</sub> П<sub>2</sub> (або 22232). Маючи шифр будь-якої нафти, можна зробити висновок про її склад та характеристику. Цю інформацію використовують при виборі варіанта переробки даної нафти.

### **Технологічна класифікація нафтопродуктів.**

У результаті переробки нафти одержують широку гаму продуктів. Вони відрізняються один від одного за хімічним та фракційним складом, властивостями та сферою використання. Для зручності усі нафтопродукти поділяють на 10 груп: палива; нафтові оливи; пластичні мастила; парафіни; церезини; вазеліни; ароматичні вуглеводні та розчинники; нафтові бітуми;

нафтовий кокс; технічний вуглець(сажа); присадки до палив і олив; інші нафтопродукти загального призначення.

## **2. Характеристика товарних нафтопродуктів.**

### **Експлуатаційні властивості карбюраторних палив.**

Авіаційні і автомобільні поршневі двигуни внутрішнього згоряння з примусовим запалюванням від іскри працюють по чотиритактному циклу. У першому такті (всмоктування) паливо-повітряна робоча суміш заповнює циліндр двигуна і нагрівається до кінця такту в двигунах, що працюють на бензині, до 80-130 °С і до 140-205 °С - в працюючих на гасі.

У другому такті (стиск) тиск суміші зростає до 10- 12 *ат*. а температура - до 150-350°С. В кінці ходу стиснення з деяким випередженням суміш запалюється від електричної іскри. Хоча час згоряння палива дуже малий - тисячні частки секунди, але воно все ж згорає поступово, у міру просування фронту полум'я по камері згоряння (фронтом полум'я називається тонкий шар газу, в якому протікає реакція горіння). При нормальному згорянні фронт полум'я поширюється зі швидкістю 20-30 *м / сек*. Температура згоряння досягає 2200-2800 ° С, а тиск газів порівняно плавно зростає до 30- 50 *ат* в автомобільних двигунах і до 80 *ат* в авіаційних.

У третьому такті (робочий хід) реалізується енергія стислих газів, і під час четвертого такту циліндр двигуна звільняється від продуктів згоряння.

У поршневих авіаційних і автомобільних двигунах в якості палива застосовуються бензини. Найважливіша експлуатаційна вимога до них - забезпечення нормального без детонаційного згоряння в двигунах, для яких вони призначені.

*Детонацією* називається особливий ненормальний характер згоряння палива в двигуні, при цьому тільки частина робочої суміші після займання від іскри згорає нормально зі звичайною швидкістю. Остання порція паливного заряду (до 15-20%), яка знаходиться перед фронтом полум'я, миттєво самозаймається, в результаті швидкість поширення полум'я зростає до 1500-2500 *м / сек*, а тиск зростає не плавно, а різкими скачками. Цей різкий перепад тиску створює ударну детонаційну хвилю. Удар такої хвилі об стінки циліндра і її багаторазове відображення від них приводить до вібрації і викликає характерних металевий стукіт, який є головною ознакою детонаційного згоряння. Інші зовнішні признаки детонації: поява в вихлопних газах клубів чорного диму , а також різке підвищення температури стінок циліндра. Детонація – явище дуже шкідливе. На детонаційних режимах потужність двигуна падає, питома витрата палива зростає, робота двигуна стає жорстокою і нерівною. Крім того, детонація викликає прогорання і викривлення поршнів і вихлопних клапанів, перегрів і вихід з ладу електричних свічок і інші неполадки. Знос двигуна прискорюється, а міжремонтні терміни коротшають. При довгій роботі на режимі інтенсивної детонації можливі і аварійні наслідки. Особливо небезпечна детонація в авіаційних двигунах.

Явище детонації з хімічної точки зору пояснюється перенасищенням останньої частини паливного заряду первинними продуктами окислення вуглеводнів - гідроперекисів і продуктами їх розпаду - високоактивними вільними радикалами, які при досягненні визначеної концентрації реагують зі швидкістю вибуху. В результаті вся незгоріла частина горючої суміші миттєво самозаймається. Очевидно, чим вище швидкість утворення перекисів в даній робочій суміші, тим скоріше виникає вибухове згоряння, тим раніше нормальне розповсюдження фронту полум'я перейде в детонаційне і результати детонації позначатимуться сильніше. Звідси випливає, що основним фактором, від якого залежить виникнення і інтенсивність детонації, є хімічний склад палива, так як відомо, що схильність до окислення у вуглеводнів різної будови при порівнянних умовах різко різна.

Оцінка детонаційної стійкості (ДС) або антидетонаційні її властивості вуглеводнів та палив проводиться на стаціонарних одноциліндрових двигунах. В основі всіх методів оцінки ДС лежить принцип порівняння випробуваного палива із сумішами еталонних палив. В якості останніх обрані 2,2,4-триметилпентан (ізооктан) і гептан, а за міру детонаційної стійкості прийнято октанове число.

*Октановим числом* називається умовна одиниця виміру детонаційної стійкості, чисельно рівна процентному (за об'ємом) змісту ізооктану (2,2,4-триметилпентан) в його суміші з гептаном, еквівалентної по детонаційної стійкості випробуваному паливу при стандартних умовах випробування.

Октанове число ізооктану прийнято рівним 100, а гептан - 0. Отже, якщо бензин який досліджують виявився еквівалентним в стандартних умовах еталонній суміші, що складається, наприклад з 70% ізооктану і 30% гептану, то його октанове число дорівнює 70. Отже октанове число - нормований показник детонаційної стійкості автомобільних бензинів, а також авіаційних бензинів при роботі на бідних сумішах і без застосування наддуву.

Для оцінки ДС авіаційних бензинів при роботі двигуна на багатих сумішах і з застосуванням наддуву нормованим показником служить сортність палива.

Сортність палива на багатій суміші - це характеристика, що показувала величину потужності двигуна (у відсотках) при роботі на випробуваному паливі в порівнянні з потужністю, отриманої на еталонному ізооктані, сортність якого приймається за 100.

Октанові числа визначаються на спеціальних випробувальних установах при стандартних умовах. Є декілька методів визначення октанових чисел, що відрізняються один від одного режимом випробування – по моторному і дослідницькому методу. Октанові числа за дослідницьким методом на кілька одиниць вище. Тому, коли наводяться дані по октановим числах, завжди треба отоварювати метод їх визначення.

Одним із шляхів підвищення детонаційної стійкості палив для двигунів з запаленням від іскри є застосування антидетонаторів. Це речовини, які додають

до бензинів в кількості не більше 0,5% з метою значного поліпшення антидетонаційних властивостей.

Досить ефективним, застосовуваним у всіх країнах, антидетонатором є тетраетилсвинець (ТЕС) РЬ  $(C_2H_5)_4$ , який вже при 200-250 °С легко розпадається на свинець і вільних радикали (етил), присутність яких в паливно повітряній середовищі уповільнює утворення перекисів в предпламенний період. Це призводить до зниження їх концентрації перед фронтом полум'я, і, отже, перехід нормального згоряння в детонаційне ускладнюється. У свою чергу, і атомарний свинець вже при більш високих температурах, тобто на більш пізній стадії процесу горіння, дезактивує різні частки, що утворюються при бурхливому розпаді перекисів. Це також призводить до ослаблення детонації.

У чистому вигляді ТЕС застосовувати не можна, так як на клапанах, свічках і стінках циліндра накопичуються свинець і окис свинцю, що звичайно порушує роботу двигуна. Для видалення свинцевого нагару до ТЕС додають так звані виносними свинцю - різні галогеналкіли. При термічному розкладанні останні виділяють галогенводень або галоген. Вони утворюють зі свинцем і окисом свинцю солі, які при високих температурах двигуна знаходяться в пароподібному стані

Ці солі разом з вихлопними газами завдяки своїй летючості виводяться з циліндру двигуна. Як виносними застосовуються діброметан, бромистий етил, а-моноклорнафталін, дібромпропан. Суміш ТЕС, виносника і барвника називається етиловою рідиною.

ТЕС, а отже, і етилова рідина дуже отруйні: при роботі з етильованими бензинами необхідно дотримувати спеціальні правила обережності. Щоб легше відрізнити етиловий бензин, етилову рідину підфарбовують. Додається етилова рідина до бензинів в кількості від 1,5 до 4 мл на 1 кг палива. Додавання етилової рідини понад 4мл / кг вже не призводить до подальшого підвищення октанових чисел, але викликає посилене відкладення свинцюватого нагару.

Бензини різного хімічного складу по-різному відносяться до добавки ТЕС тобто мають, як кажуть, *різну приємістість до ТЕС*. Приємістість до ТЕС оцінюється числом одиниць, на яке збільшується октанове число даного палива або вуглеводню при додаванні певної кількості ТЕС при порівнянні з октановим числом цього палива в чистому вигляді, тобто без антидетонатора. Найбільша приємістість до ТЕС у парафінових вуглеводнів нормальної будови, найменша - у неграничних і ароматичних вуглеводнів.

Вивчення детонаційної стійкості індивідуальних вуглеводнів дозволило встановити залежність цієї важливої властивості від хімічної будови вуглеводнів і мало велике значення для підбору і створення різних сортів палива для різних двигунів.

Октанові числа деяких вуглеводнів можуть виявитися нижче 0 і вище 100. В першому випадку це означає, що їх ДС нижче, ніж у гептану, а у другому - вище, ніж у ізооктану.



При оцінці ДС товарних бензинів і компонентів, що мають октанові числа вище 100, в якості еталонних палив використовують суміші чистого ізооктана з різною кількістю ТЕС.

Для окремих груп вуглеводнів, що входять до складу бензинів можна зробити наступні короткі висновки про їх ДС.

*Алкани нормальної будови.* Починаючи з пентану вуглеводні цього ряду характеризуються дуже низькими октановими числами, причому чим вище їх молекулярна вага, тим октанові числа нижче. Існує майже лінійна залежність ДС від молекулярної ваги.

*Алкани розгалуженої будови (ізопарафінов).* Розгалуження молекул граничного ряду різко підвищує їх ДС. Так, наприклад, у октану октанове число -20, а у 2,2,4-триметилпентана 100. Найбільші октанові числа відзначаються для ізомерів з парними метильними групами у одного вуглецевого атома (неогексан, триптан, еталонний ізооктан), а також у інших триметильних ізомерів проктана.

Завдяки високим антидетонаційним властивостям ізопарафіни  $C_5$ - $C_8$  - вельми бажані компоненти бензинів.

*Алкени (моноолефіни).* Поява подвійного зв'язку в молекулі вуглеводнів нормальної будови викликає значне підвищення ДС в порівнянні з відповідними насиченими вуглеводнями.

*Циклани (нафтенові вуглеводні).* Перші представники рядів циклопентану і циклогексану мають гарну ДС; особливо це відноситься до циклопентану. Їх приємність до ТЕС так само досить висока. Ці вуглеводні є цінними складовими бензину. Наявність бічних ланцюгів нормального будови в молекулах як циклопентанових, так і циклогексанових вуглеводнів, призводить до зниження їх октанового числа.

При цьому чим довше ланцюг, тим нижче октанові числа.

Розгалуження бокових ланцюгів і збільшення їх кількості підвищує ДС цикланів.

*Ароматичні вуглеводні.* Майже всі найпростіші ароматичні вуглеводні ряду бензолу мають октанові числа  $\sim 100$  і вище. Ароматичні вуглеводні і ароматизовані бензини поряд з розгалуженими алканами - кращі компоненти високосортних бензинів. Однак вміст ароматичних вуглеводнів в бензинах слід обмежувати приблизно до 40-50%. Надмірно ароматизоване паливо підвищує загальну температуру згоряння, що тягне за собою збільшення тепло напруженість двигуна, а також може викликати так зване калільне займання – самовільне займання робочої суміші за рахунок розпечених частинок нагару. Це дуже шкідливе явище, яке може викликати аварійне пошкодження двигуна.

Отже, основним якісним показником карбюраторних палив є їх висока детонаційна стійкість. Кращі сорти автомобільних бензинів повинні мати октанові числа за дослідним методом 93-98 пунктів.

Крім високої ДС до карбюраторних палив пред'являють такі основні вимоги.

1. Фракційний склад палива повинен забезпечувати його добру випаровуваність, легкий запуск двигуна навіть при низьких температурах,

швидкий прогрів двигуна і хорошу його приємність до змін режиму. Тому найважливішим технічним показником бензинів і гасу є дані стандартної розгону, при якій відзначають: температуру початку кипіння; температури, при яких відгоняються 10, 50, 90 і 97,5 об'ємно % від завантаження; залишок (в %) і іноді кінець кипіння. 10% -ва точка визначає пускові властивості палива, 50% - ва точка швидкість прогріву двигуна, 90% - і 97,5% -ві точки і кінець кипіння характеризують повноту випаровування і рівномірний розподіл палива по циліндрах.

2. Паливо не повинно утворювати газових пробок в паливо утворюючій системі. Для забезпечення цієї вимоги в бензинах контролюється тиск насичених парів при 38°C, який не повинен перевищувати 360 мм рт. ст. для авіаційних бензинів новий, 500 мм рт. ст. для літніх сортів і 700 мм рт. ст. для зимових сортів автомобільних бензинів.

3. Паливо повинно бути хімічно стабільним і не містити смол. Бензини термічного крекінгу і коксування містять ненасичені вуглеводні, схильні при зберіганні окислюватися і полімерізуватися. Цей процес отримав назву смолоутворення. Випадіння смол різко погіршує експлуатаційні властивості палив, сприяє відкладенню нагару в циліндрах двигуна і на клапанах. Для підвищення хімічної стабільності палив вторинного походження до них додаються антиокислювальні присадки (інгібітори). Застосування антиокиснювачів дозволяє значно загальмувати реакції окиснення. Це має велике практичне значення, так як дозволяє підвищити терміни зберігання палив.

Як антиокислювачі запропоновано дуже багато різних органічних речовин, серед них феноли, поліфеноли, алкілфеноли, амінофеноли і ін. Механізм дії антиокислювачів в загальному вигляді полягає в тому, що молекули присадки обривають ланцюгові реакції окиснення.

Про хімічну стабільність палив судять або за змістом фактичних смол ( в мг на 100 мл), або по тривалості індукційного періоду (в хв).

Індукційним періодом називається час ( в хв), протягом якого бензин в умовах випробування в бомбі під тиском 7 кгс / см<sup>2</sup> кисню при 100°C практично не поглинає кисень. Про це судять по кривій тиску кисню в бомбі у час випробування. Після закінчення індукційного періоду швидкість окислення різко зростає, кисень починає витрачатися, а тиск в бомбі знижуватися. Нормами на автомобільні бензини тривалість індукційного періоду встановлена для різних сортів від 450 до 900 хв.

4. Паливо не повинно викликати корозії деталей двигуна. Це контролюють по наступним нормативним показникам якості: кислотність, загальний вміст сірки, вміст водорозчинних кислот і лугів (повинні бути відсутніми), присутність активних сірчистих сполук (випробування зі зміни кольору поверхні мідної пластинки).

5. Авіаційні палива не повинні застигати і виділяти кристали при температурі вище - 60 ° С.

### **Властивості палив для повітряно-реактивних двигунів (ПРД).**

Процес згоряння палива в турбокомпресорних повітряно реактивних двигунах (ТКВРД) відбувається в газо-повітряному потоці в камерах згоряння. Тривалість випаровування і горіння палива менше 0,01 сек. Повітря у великому надлишку (від 50: 1 до 75: 1) подається компресором, який працює від газової турбіни. Швидкість потоку повітря досягає 40-60 м / сек. Частина повітря подається в зону горіння, а інша (більша) частина для охолодження продуктів згоряння приблизно до 900 ° С перед лопатками газової турбіни. Паливо впорскується в сжатє повітря і підпалюється електричною іскрою.

В якості палив для реактивної авіації застосовують різні дистиляти прямої перегонки нафти або гідрокрекінгу: авіаційний гас з межами перегонки 120-250 °С, широка бензино-гасова фракція (60-280 °С) і для найбільш швидкісних літаків, що літають на великій висоті, - важкий гас (195-315 °С).

Розберемо коротко основні вимоги до цих палив і вплив їх хімічного складу на його якість.

Перш за все воно повинно безперешкодно прокачуватися по системі подачі палива як при низьких, так і при високих температурах.

Цілком очевидно, що будь-які неполадки в подачі палива вельми небезпечні. Для забезпечення цієї вимоги необхідно, щоб паливо не втрачало плинності при температурах до -50 °С і не виділяла кристалів вуглеводнів і льоду: навпаки, при високих температурах (100 °С і вище) воно не повинно інтенсивно випаровуватися, що може спричинити за собою утворення парових пробок. Паливо не повинно також виділяти смол і інших опадів, що можуть засмітити фільтри, клапани та іншу паливоподачу апаратуру.

З точки зору цих вимог в паливі неприпустимий вміст високомолекулярних парафінових вуглеводнів нормальної будови, що володіють високою температурою застигання, а також ненасичених вуглеводнів, схильних до утворення смол. Вміст води не повинно перевищувати 0,003%.

Для забезпечення наведених і деяких спеціальних вимог і підвищення якості реактивних палив до них додаються різні присадки: проти утворення кристалів льоду, антиокислювальні, біоцидні, антистатичні і ін.

Внаслідок гігроскопічності реактивних палив (і авіаційних бензинів), особливо що містять підвищену кількість ароматических вуглеводнів, в них накопичується волога. При низьких температурах в баках літаків в паливі утворюються кристали льоду, мають тонку веретеноподібну форму. Такі кристали утворюються також при різкому потеплінні повітря, коли містяться в ньому пари води стикаються з холодним паливом. Утворення кристалів льоду може викликати забивання паливних фільтрів і, отже, аварії. Для попередження випадання з палива льоду застосовуються присадки типу спиртів, гліколей і їх метилових і етилових ефірів.

Деякі мікроорганізми добре розвиваються в середовищі рідкого нафтового палива. В даний час відомі вже сотні видів таких грибків і

бактерій. Їх життєдіяльність заснована на засвоєнні вуглеводнів. Ці мікроорганізми викликають різні неполадки при експлуатації реактивних літаків (забивка датчиків, фільтрів, руйнування захисних покриттів, корозія паливних баків ...). Це стало серйозною небезпекою. Однією з ефективних заходів захисту від мікроорганізмів є застосування біоцидних присадок, які паралізують активність мікроорганізмів. Як присадок цього типу застосовують хімічні сполуки, що мають антисептичні, бактерицидні властивості, наприклад феноли, амінофеноли, борні ефіри, глікольборати і різні комбіновані патентовані присадки. Окремо треба відзначити значення додавання до реактивних і інших нафтових палив антистатичних присадок. Внаслідок досить низької електропровідності нафтових палив накопичення в них зарядів статичної електрики дуже небезпечно. З цієї причини неодноразово відбувалися вибухи і пожежі. Заряди значною сили виникають при перекачуванні і тому подібних процесів. Єдиним захистом в цих випадках має бути збільшення провідності палива, щоб електричні заряди переходили на заземлені металеві частини резервуарів або апаратури. Якщо електричний опір палива вдається знизити, то практично можна повністю уникнути накопичення електричних зарядів.

Основними вимогами до реактивних палив відносяться до його енергетичним характеристик: теплоті згорання, повноті згорання, а також до густини. Чим більше теплота згорання, тим більше виділяється енергії з одиниці маси або обсягу, швидкість виділення газів з сопла буде більше, а отже, швидкість польоту і величина тяги збільшуються. Що стосується густини, то ясно, що чим вона вище, тим більша кількість палива можна завантажити одноразово в обмежені обсяги баків літака, а отже, збільшити дальність польоту. Теплоту згорання  $Q$  можна розраховувати на одиницю маси і на одиницю об'єму. Її величина залежить від вмісту водню і від співвідношення вуглець: водень в вуглеводневої молекулі.

При розрахунку теплоти згорання на одиницю маси найбільші значення  $Q_v$  у алканів, близькі до них величини у цикланів і найнижчі у ароматичних вуглеводнів. Якщо ж вести розрахунок на одиницю об'єму, то виходить зворотня залежність. У ароматичних вуглеводнів теплота згорання виявляється найбільшою. Це є наслідком їх відносно більш високої густини.

У стандартах на реактивне паливо теплота згорання  $Q_H$  нормується не нижче  $42916 \text{ дж} / \text{кг}$  ( $10250 \text{ ккал} / \text{кг}$ ). Що стосується повноти згорання, то досліді показали, що ароматизоване паливо в цьому відношенні є найгіршим. Таким чином, ми бачимо, що, хоча ароматичні вуглеводні володіють найвищими густиною і теплотою згорання, розрахованими на одиницю об'єму, однак в цілому за енергетичними показниками вони являють найменш бажаним компонентом в реактивному паливі.

З точки зору самого процесу згорання, ароматичні вуглеводні, що володіють найбільшими температурами самозаймання, також погіршують якість реактивного палива.

Крім зазначеного, до реактивних палив пред'являються і інші серйозні вимоги. Вони повинні бути термічно стабільними (не утворювати опадів і смол при нагріванні), не давати нагару при згорянні і не викликати корозії. Наявність ненасичених вуглеводнів і гетероорганічних з'єднань погіршує ці показники палива. Ароматичні вуглеводні, особливо бицикличні і без бічних ланцюгів, викликають значне нагароутворення.

Отже, за сумою всіх вимог до реактивним палив можна зробити висновок про його бажаний хімічний склад. Високоякісне паливо нафтового походження має представляти собою суміш розгалужених алканів з цикланами різної структури, але з насиченими бічними ланцюгами. Вміст ароматичних вуглеводнів має бути обмежена, а неуглеводневі компоненти повинні повністю бути відсутніми.

### **Експлуатаційні властивості дизельного палива.**

У двигунах внутрішнього згорання із запалюванням від стискання, званих дизелями, чотиритактний робочий процес протікає трохи інакше, ніж в двигунах із запаленням від іскри. У дизельному двигуні в перших двох тактах засмоктується і сжимається чисте повітря. Температура повітря в кінці ходу стиснення дорівнює  $550-650^{\circ}\text{C}$ , а тиск зростає до  $40\text{ ат}$ . В кінці ходу стиснення в стисле і нагріте повітря впорскується впродовж визначено часу під великим тиском порція палива. Найдрібніші крапельки палива переходять в пароподібний стан і розподіляються в повітрі. Через певний вельми незначний момент часу паливо самозаймається і повністю згорає. Час між початком вприскування і запалювання палива називається *періодом затримки самозаймання*. В сучасних швидкохідних двигунах цей період не більше  $0,002\text{ сек}$ . В результаті згорання палива тиск газів досягає  $60-100\text{ ат}$ . Вельми важливе значення для забезпечення плавної, нормальної роботи двигуна є швидкість наростання тиску газів. З практики відомо, що ця швидкість не повинна перевищувати  $5\text{ ат}$  на  $1^{\circ}$  кута повороту колінчастого вала. В іншому випадку двигун починає стукати, робота його стає «жорсткою», а навантаження на підшипники надмірною. Поява стукотів і жорстка робота двигуна тісно пов'язані з тривалістю періоду затримки самозаймання. Чим триваліше цей період, тим більша кількість палива встигне вступити в циліндр двигуна. В результаті - одночасне запалення підвищеної кількості палива призводить до вибухового характеру згорання, і тиск газів буде наростати стрибкоподібно. У наступних тактах: робочий хід і вихлоп - відбувається робоче розширення газів і звільнення циліндра двигуна від продуктів згорання.

В якості палива для швидкохідних дизелів застосовуються гасово-газойлеві фракції нафти. Для тихохідних і стаціонарних двигунів цього типу з малим числом оборотів використовується більш важке паливо типу мазутів.

Найбільш істотне експлуатаційне властивість дизельних палив - їх здатність швидко запалюватися і плавно згоряти, що забезпечує нормальне наростання тиску і м'якої роботи двигуна без стукотів. Запалювальні

властивості палив залежать від їх хімічного і фракційного складу. Очевидно, що це, в першу чергу пов'язано з температурою samozаймання компонентів палива. Відомо, наприклад, що ароматичні вуглеводні мають дуже високі температури займання (500-60 °C). Зрозуміло, що сильноароматизовані продукти небажані в якості дизельного палива. Навпаки, парафінові вуглеводні мають найнижчі температури samozаймання, і дизельні палива з парафіністих нафт мають хороші експлуатаційні властивості.

Оцінка samozаймистості властивостей вуглеводнів та палив, так само як і детонаційної стійкості бензинів, проводиться методом порівняння на лабораторних випробувальних установках з еталонними паливами.

За аналогією з октановими числами для оцінки моторних властивостей дизельних палив прийняті *цетанові числа*.

*Цетановим числом* називається вміст (в об'ємно%) цетана в суміші з а-метилнафталіном, еквівалентної по samozаймання випробуваному паливу, при порівнянні палив в стандартних умовах випробування. Цетанове число самого цетана (гексадекану)  $C_{16}H_{34}$  прийнято рівним 100, а а-метилнафталіну - 0. Визначення цетанових чисел проводиться на стандартній одноциліндровій установці з дизельною головкою за так званим методом збігу спалахів. Цетанові числа дизельних палив нормуються в інтервалі 40-50 од. Цетанове число характеризує не тільки спалахуючі властивості, воно відображає і деякі інші експлуатаційні властивості дизельного палива: чим вище цетанове число дизельного палива, тим краще його пускові властивості, тим менше тривалий період затримки samozаймання, більше повнота згоряння палива, менше задимленість вихлопних газів і схильність палива до відкладень нагару в камері згоряння і в форсунках.

Найнижчі цетанові числа характерні для ароматичних вуглеводнів, особливо біциклічних. Циклани і біциклани займають проміжне положення. Найбільшими цетановими числами мають алкани нормальної будови. Розгалуження молекул алканів приводить до значного зниження цетанових чисел. Введення подвійного зв'язку в молекулу вуглеводню також викликає зниження цетанового числа.

До інших важливих експлуатаційних властивостей дизельних палив для швидкохідних дизелів лей відносяться їх фракційний склад, в'язкість, температура застигання, коксівність, вміст сірки; кислотність, вміст води і механічних домішок. Всі ці показники підбираються в таких межах, щоб забезпечити нормальну безперебійну подачу палива в двигун, повноту згоряння, зменшення нагароутворення і відсутність корозії.

Особливо велике значення має температура застигання, що варіює від -10 °C для літніх сортів до -60 °C для арктичних сортів, і вміст сірки, який мав би не перевищувати 0,2% для всіх марок.

### **3. Основні види переробки нафти.**

Значення коефіцієнта відносної летючості безперервно зменшується в міру обважнення їх фракцій, а також, але міру звуження температурного

інтервалу кипіння фракцій. ця особливість нафтової сировини обумовлює певні обмеження як на чіткість розділення, особливо щодо висококиплячих фракцій, так і по відношенню до «вузькості» фракцій. З економічної точки зору, недоцільно вимагати від процесів перегонки виділити, наприклад, індивідуальний чистий вуглеводень або понад вузькі фракції нафти.

Тому в нафтопереробці задовольняються одержанням паливних і газойльових фракцій, що википають в досить широкому інтервалі температур:

бензинові н. к.  $\div 140^{\circ}\text{C}$  ( $180^{\circ}\text{C}$ );

гасові  $140$  ( $180$ )  $\div 240^{\circ}\text{C}$ ;

дизельні  $240 \div 350^{\circ}\text{C}$ ;

вакуумний дистилят (вакуумний газойль)  $350 \div 400^{\circ}\text{C}$ ,  $400 \div 450^{\circ}\text{C}$  і

$450 \div 500$  і до  $620^{\circ}\text{C}$ ;

важкий залишок - гудрон  $> 500^{\circ}\text{C}$  ( $> 620^{\circ}\text{C}$ ).

Іноді обмежуються неглибокої атмосферної перегонки нафти з отриманням в залишку мазуту  $> 350^{\circ}\text{C}$ , використовуваного в якості котельного палива.

Методи переробки нафти і рідких нафтопродуктів діляться на дві групи: фізичні та хімічні. Фізичні методи переробки полягають у тому, що з нафти чи нафтопродуктів одержуються індивідуальні вуглеводні або частіше їх суміші на основі різниці в їх фізичних властивостях: температурі кипіння, кристалізації, розчинності й т. п. Найбільше поширення одержала так звана пряма перегонка нафти і нафтопродуктів, заснована на різниці в температурах кипіння окремих фракцій нафти.

Хімічні методи засновані на глибоких хімічних деструктивних перетвореннях, яких зазнають вуглеводні, що містяться у нафті чи нафтопродуктах, під впливом температури, тиску, каталізаторів. Найбільше поширення серед цих методів одержали різні види крекінгу.

Апаратура, яка застосовується для здійснення фізичних і хімічних процесів переробки нафти та нафтопродуктів, повинна забезпечувати нагрівання до високої температури і розділення одержаних продуктів. Для деяких хімічних методів переробки, що включають каталітичні процеси, необхідні контактні апарати.

Нагрівання нафти або нафтопродуктів відбувається, головним чином, у трубчастих печах, у котрих передача тепла від гріючих газів до матеріалу, що переробляється, здійснюється через стінки радіантних труб шляхом випромінювання від полум'я, розжарених газів, а також від склепіння і шляхом конвекції через стінки конвекційних трубок. Розділення продуктів нафтопереробки відбувається, як правило, ректифікацією у ректифікаційних колонах різних типів. Найбільше поширення одержали колони з барботажними ковпаками. Особливістю ректифікаційних колон нафтопереробних установок є те, що вони мовби являють собою декілька поставлених одна на одну простих самостійних колон з відбором по висоті рідини. Рідина надходить у розміщені поза колоною відпарні секції й обробляється у них парою. При цьому одержуються пари низькокиплячих фракцій, які повертаються в колону, і

рідкий нафтопродукт, або дистилят. Ректифікаційні колони працюють при підвищеному чи атмосферному тиску, а також під дією вакууму.

Каталітичні процеси нафтопереробних установок здійснюються у контактних апаратах різних конструкцій. Як правило, каталізатор у цих процесах дуже скоро втрачає активність, і тому контактні вузли включають контактні апарати й регенератори. Експлуатуються контактні апарати і регенератори з фільтруючим шаром каталізатора, киплячим шаром та з рухомим каталізатором. Отже, у процесі переробки нафти мають місце такі основні процеси:

- а) перегонка;
- б) термічний крекінг;
- в) каталітичний крекінг;
- г) піроліз;
- г) коксування;
- д) деструктивна гідрогенізація.

Частина названих процесів протікає за наявності різних каталізаторів

#### *Процеси переробки нафти*

В установці прямого перегону нафти всі процеси відбуваються при атмосферному тиску з нагріванням сирої нафти до 300 – 325 °С. За цих умов нафта переганяється не цілком і в мазуті залишається велика кількість висококиплячих масляних фракцій. Щоб досягти більш повного перегону нафти, треба або підвищити температуру нагрівання, що неможливо, тому що при високій температурі починається розкладання вуглеводнів, або знизити температуру кипіння залишку фракцій з метою більш повного їх виділення з нафтових залишків. Знизити температуру кипіння рідини можна шляхом зменшення тиску: чим менший тиск, тим нижча температура кипіння. Тому для перегонки висококиплячих вуглеводнів (наприклад, масляних фракцій мазуту, для відгону яких за атмосферних умов потрібна температура нагріву близько 500 °С) використовують колону зі зниженим тиском, звану вакуум-колоною.

У вакуум-колону подають нагрітий до 400 – 420 °С мазут. Вуглеводні, що не випарувалися в атмосферній колоні, тут закипають і легко випаровуються. Утворені при цьому пари мазуту, так само як і пари нафти, поділяються на дистиляти. Вакуумні трубчасті установки для перегону мазуту відрізняються від атмосферних лише в конструктивному відношенні та складаються в основному з аналогічних апаратів, які забезпечують перегін у вакуумі.

Вакуум-колона має більший діаметр, ніж атмосферна, але вона менша за і містить усього десять тарілок. Попередньо підігрітий мазут надходить у трубчасту піч, де він нагрівається до температури 420 °С; звідси він подається в колону. У результаті ректифікації з мазуту отримують дистиляти мастил, на верхніх тарілках колони скупчуються дистиляти легкого солярового мастила, під ними послідовно дистиляти веретенного, машинного, циліндрового мастил. Залишок від вакуумного перегону (гудрон) використовується залежно від напрямку переробки вихідної нафти. Гудрон від високоякісних нафт піддається складному очищенню для отримання високов'язких залишкових мастил



(наприклад, авіаційних, дизельних). Його також можна переробляти на бітум шляхом окиснення його на бітумних установках або використовувати як сировину для коксових установок і для установок термічного крекінгу.

Дистиляти, отримані в результаті прямого перегону нафти на атмосферних і вакуумних установках, як правило, потребують подальшої переробки. Лише дизельне паливо й авіаційний гас отримують після прямого перегону як товарні продукти.

При прямому перегоні нафти на атмосферних і вакуумних установках після відділення всіх дистилятів залишається велика кількість мазуту. Для отримання з мазуту бензину, дизельного палива та інших легких вуглеводнів застосовані способи перетворення висококиплячих вуглеводнів, з яких складається мазут, у низькокипячі, а також способи хімічного розкладання великих вуглеводневих молекул мазуту на більш дрібні.

Такий процес переробки нафти при підвищеній температурі й під тиском з розщепленням молекул отримав назву крекінгу (розщеплення). Він використовується для одержання бензолу, толуолу та освітлювального газу. При крекінгу великі молекули важких нафтових фракцій стають неміцними, зв'язки між окремими атомами слабшають, і молекули розщеплюються на більш дрібні частинки, що утворюють фракції бензину, гасу й газу.

Крім реакцій розкладання, при крекінгу відбуваються також реакції конденсації та полімеризації, тобто дрібні молекули з'єднуються й утворюють більш великі та важкі частинки.

Таким чином, при крекінгу мазуту виходять продукти як легші (бензин, гас, газ), так і важчі за вихідну сировину (смоли, кокс). У сучасній нафтопереробці крекінг-процес займає значне місце.

Він дозволяє значно збільшити кількість виробленого з нафти бензину, перетворюючи в нього важкі нафтові залишки. Крім того, бензин, отриманий таким шляхом, характеризується більш високими антидетонаційними властивостями порівняно з бензином прямого перегону.

Обладнання крекінг-установки складається з печі, реакційних і ректифікаційних колон, теплообмінників, конденсаторів, холодильників, тобто майже з тих же апаратів, які використовуються й при первинному перегоні. Термічний крекінг зазвичай здійснюється при температурі 400 – 600 °C і тиску до 7 МПа. Установки для крекінгу повинні мати підвищену міцність, тому що вони працюють в умовах високих температур та тисків.

Кількість і якість одержуваних продуктів залежать від властивостей вихідної сировини й умов процесу термічного крекінгу – тиску і температури. Шляхом термічного крекінгу отримують автомобільні бензини, які мають більш високі октанові числа, ніж бензини прямого перегону, а також тракторні гаси. Бензин термічного крекінгу хімічно нестабільний при зберіганні через уміст великої кількості ненасичених вуглеводнів, котрі приєднують кисень повітря. Стабільність бензинів термічного крекінгу поліпшують додаванням до них антиоксидантів, які уповільнюють полімеризацію й окиснення.

#### **4. Основні способи одержання палив та олив з нафти**

Нафта – основна сировина для одержання палив та олив для авіаційної, автотракторної, дорожньо-будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки, для чого переробляється до 90% від її видобутку.

Використовують фізичні і хімічні методи переробки. Фізичні методи найпростіші, вони базуються на розділенні нафти на фракції за температурами кипіння. Хімічні (деструктивні) методи переробки базуються на зміні хімічного складу сировини, що підлягає переробці. Технологічні процеси на НПЗ взаємопов'язані.

Атмосферна (пряма) переробка нафти – це розділення її на складові частини (фракції), що киплять у визначених інтервалах температур. При перегонці нафти одержують близько 50% паливних фракцій і близько 50% мазуту. Прямою перегонкою нафти отримують фракції з температурними межами википання, °C: бензинову – 30...200, лігроїнову -120...240, реактивне паливо - 60...315, гасову – 140...300, газойлеву – 230...360, соляріву – 300...400. Ці межі википання можуть змінюватись в залежності від того, яке паливо потрібно для регіону.

Готові (товарні) нафтопродукти (автомобільні, авіаційні бензини, бензини-розчинники, гаси – авіаційні, тракторні, освітлювані, дизельні палива тощо) виробляють після їх очищення, введення до їх складу добавок та присадок, доведення до стандартних показників якості.

Бензин прямої перегонки має низькі октанові числа (55-56 за моторним методом) і високу хімічну стабільність.

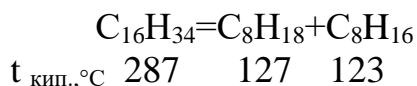
Дизельне пальне прямої перегонки має високі цетанове числа, але вимагає поліпшення низькотемпературних властивостей.

Мазут, що залишається після відгонки паливних фракцій, має густину приблизно 950 кг/м<sup>3</sup>. Він може бути сировиною для одержання оливних фракцій на вакуумній установці, паливом для малообертових дизелів, сировиною для одержання додаткових кількостей палив деструктивними методами тощо.

Мазут містить сполуки, температура кипіння яких становить близько 400°C і вище, тобто температура їх кипіння вище температури розкладу. Для запобігання розкладу мазуту перегонку ведуть під вакуумом. При цьому знижується температура кипіння. Так, якщо вуглеводень кипить при атмосферному тиску при 500°C, то при зниженні тиску до 1333,2 Па (10мм рт. ст.) він кипить при 230°C. Вакуумною перегонкою мазуту можна одержувати соляріві, спеціальні і змащувальні оливні фракції. Після відбору оливних фракцій (дистилятних: індустриальних, машинних, циліндрових, турбінних тощо) залишається важкий продукт – гудрон (густина 970...990 кг/м<sup>3</sup>). Він може бути сировиною для одержання бітуму, коксу, бензину, моторних олив (так званих авіаційних). Оливні фракції, залежно від складу і призначення, направляються на очистку.

Вторинні методи переробки – деструктивні методи – дозволяють одержувати додаткові кількості палив або поліпшують їх якість, базуються на зміні первісного хімічного складу сировини, що переробляється.

У 1891р А.А. Летній описав процес розколення тяжких вуглеводнів на більш легкі. У тому же році інженер В.Г. Шухов дав ідею процесу. Бартон (американець) у 1912р. збудував установку для розколення і дав ім'я цьому процесу „крекінг процес” (crack - розщеплення) , наприклад:



Термічний крекінг – це розколення, розщеплення великих молекул під дією температур на менші, які відповідають бензиновим фракціям.

Сировина - напівгудрон, гудрон, мазут, газойль. При крекінгу мазуту отримують 25...30% бензину (октанове число 66...72, вміст ненасичених вуглеводнів 25...40%, продукт - з низькою хімічною стабільністю).

Каталітичний крекінг здійснюється при одночасній дії температури і каталізатора. Сировиною є газойлеві і соляріві фракції прямої перегонки, вакуумні дистилати. Бензин каталітичного крекінгу приблизно на 75% складається з ізопарафінових і ароматичних вуглеводнів, тому його октанове число становить 78...85 за моторним методом, має більш високу хімічну стабільність.

Каталітичний крекінг проводиться при  $t=450...525^\circ\text{C}$ ;  $P=0,06...0,14$  мПа, каталізatori – 10%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 70...90%  $\text{SiO}_2$ ; а також  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ . Ненасичених вуглеводнів–5...9%, бензину отримався до 50% від крекируємої сировини.

Гідрокрекінг - це каталітичний крекінг у присутності водню. Сировина–газойль, нафтові залишки. Проводять при  $t=370...450^\circ\text{C}$ ;  $P=15...20$  мПа; каталізатор-алюмонікельмолібденовий  $\text{AlNiMo}$  або алюмокобальтмолібденовий  $\text{AlCoMo}$ .

Октанове число бензину за дослідницьким методом 85...88. Отримують АБ, ДП, реактивне паливо.

Каталітичний риформінг – переробка низькооктанових бензинових фракцій з метою підвищення октанового числа. Сировиною є бензині прямої перегонки з температурою википання 85...180. Процес проводять при  $t=480...540^\circ\text{C}$ ;  $P=2...4$  мПа; каталізatori – молібден і платина. Продукт – АБ з ОЧ за ДМ =95.

Коксування – отримання дистилату широкого фракційного складу і нафтового коксу з мазуту, напівгудрону, гудрону, крекінг залишків методом нагріву їх без доступу повітря при  $t=505...515^\circ\text{C}$ ;  $P=0,2...0,3$  мПа.

Отримують АБ з ОЧ ММ=60...67. ізооктан (ОЧ=100), алкилбензин, алкилбензол таке інше.

Методи синтезу дозволяють одержувати високооктанові компоненти, які додають до товарних бензинів. Основні з них такі: алкилбензин, алкилбензол, ізооктан.

Палива з нафтових газів. Використовуються природні (що супроводжують видобуток нафти), гази газоконденсатних родовищ та природні гази, що містять вуглеводні з числом атомів у молекулі від 1 до 4 і вище.

Вуглеводні з числом атомів у молекулі вище 4 за звичайних умов є рідинами і в газах знаходяться у вигляді парів. Ці вуглеводні виділяють із газів, і одержують так звані „газові” бензини. Їх добавляють у товарні бензини, щоб полегшати пуск двигуна взимку.

Палива і оливи, що одержують різними методами переробітки, ще не є товарними продуктами. Вони містять небажані компоненти, що погіршають експлуатаційні властивості і які треба вилучити: ненасичені вуглеводні, сірчані і кисневі сполуки, н. парафінові вуглеводні дизельних палив і олив.

Щоб видалити небажані компоненти, застосовують різні види очистки. Методи очистки можуть бути хімічними та фізичними.

Хімічні методи очистки базуються на видаленні небажаних компонентів з нафтопродуктів хімічними реагентами (сірчаною кислотою, лугом, солями та іншими розчинами). Хімічні реагенти вступають в реакцію з небажаними компонентами і не розчиняються з нафтопродуктом, який піддається очистці.

Фізичні методи очистки проводяться адсорбентами, розчинниками, які адсорбують (поглинають) окремі компоненти (очистка карбамідом, силікагелем, глинами тощо), або розчиняють окремі компоненти-це очистка селективними розчинниками: фурфуролом, фенолом, рідким пропаном, парними розчинниками тощо.

Очистка сірчаною кислотою (застарілий процес) застосовується для видалення ненасичених вуглеводнів, основної маси сірчаних сполук (за винятком сірководню і меркаптанів) та асфальто-смолистих речовин. Цей вид очистки дуже трудомісткий і складний. Після очистки проводять нейтралізацію продуктів лугом.

Очистка лугом застосовується для видалення органічних кислот, деяких сірчаних сполук (сірководню і меркаптанів), а також для нейтралізації продуктів після вищезгаданої очистки. Після очистки лугом необхідна промивка продуктів водою від залишків лугу.

Гідроочистка застосовується для видалення майже всіх небажаних компонентів. Екологічно чисті палива потребують видалення з них сірки і її сполук.

Велика ефективність цього процесу досягається використанням надмірного надлишку водню в процесі очистки та каталізатора. Сірководень, що утворюється в процесі гідроочистки, легко видаляється. Одночасно з видаленням сірчаних сполук відбувається розклад кисневих та азотних сполук з утворенням води і аміаку. Ступень видалення залежить від необхідного рівня чистоти палива.

Селективна очистка базується на різній розчинності бажаних і небажаних компонентів олив у розчинниках. При селективній очистці

видаляються поліциклічні ароматичні, нафтоароматичні вуглеводні з короткими боковими ланцюгами, сірчані і азотні сполуки, смолисті речовини. Основне призначення цієї очистки – поліпшення в'якісно-температурних властивостей олив.

Депарафінізацією виводять з дизельних палив та олив частину н. парафінових вуглеводнів з метою поліпшення низькотемпературних властивостей. При депарафінізації можна досягнути будь-якої заданої глибини очистки.

Контактна (адсорбційна) очистка застосовується з метою видалення залишків небажаних компонентів, розчинників, смол і відбувається з допомогою різних адсорбентів, наприклад, природних глин, алюмосилікатів, силікагелів.

Виготовлення товарних бензинів вимагає проведення стабілізації, для чого із бензинів видаляються легкі фракції і добавляють антиокисні присадки (інгібітори окислення) для збільшення терміну зберігання бензину.