**ЛЕКЦІЯ 4. Теоретичні основи хімії та технології первинної переробки нафти**

4.1. Підготовка нафти до переробки

4.2. Теоретичні основи процесів перегонки нафти

4.3. Основне обладнання ректифікаційної колони

4.4. Технологія атмосферної перегонки нафти

4.5. Технологія вакуумної перегонки мазуту

**4.1.Підготовка нафти до переробки**

Нафта, яку видобувають зі свердловин, завжди містить в собі попутний газ, механічні домішки і пластову воду, в якій розчинені різні солі, найчастіше хлориди натрію, кальцію і магнію, рідше - карбонати і сульфати. Зазвичай, в початковий період експлуатації родовищ, видобувається безводна або малообводнена нафта, але в міру видобутку її обводненість збільшується і досягає 90 ... 98%. Очевидно, що таку «брудну» і сиру нафту, яка містить леткі органічні (від метану до бутану) і неорганічні (H2S, CO2) газові компоненти, не можна транспортувати і переробляти на нафтопереробному заводі без ретельної її промислової підготовки.

Нафта готується до переробки в два етапи - на нафтопромислі і на нафтопромисловому заводі з метою відокремлення від неї попутного газу, механічних залишків, води і мінеральних солей.

***Знесолення нафти на нафтопереробному заводі.*** У зв'язку з укрупненням і комбінуванням технологічних установок і широким застосуванням каталітичних процесів, вимоги до вмісту хлоридів металів в нафтах, що надходять на переробку, неухильно підвищуються. При зниженні вмісту хлоридів до 5 мг/л з нафти майже повністю видаляються такі метали, як залізо, кальцій, магній, натрій і сполуки миш'яку, а вміст ванадію знижується більш ніж в 2 рази, що виключно важливо з точки зору якості реактивних і газотурбінних палив, нафтових коксів і інших нафтопродуктів. На сучасному вітчизняному нафтопереробному заводі вважається цілком достатнім знесолення нафти до вмісту хлоридів 3 ... 5 мг / л і води до 0,1% маси.

Чиста нафта, що не містить невуглеводневі домішки, і прісна вода взаємно нерозчинні, і при відстоюванні така суміш легко розшаровується. Однак при наявності в нафті домішок система нафта-вода утворює важко роздільну емульсію.

*Емульсії* являють собою дисперсні системи з двох взаємно мало- або нерозчинних рідин, в яких одна диспергована в іншу увигляді дрібних крапель. Рідина, в якій розподілені глобули, є дисперсійним середовищем, а диспергована рідина - дисперсною фазою.

Розрізняють два типи нафтових емульсій: нафта у воді (Н/В) – гідрофільна , і вода в нафті (В/Н) - гідрофобна. У першому випадку нафтові краплі утворюють дисперсну фазу всередині водного середовища, в другому - краплі води утворюють дисперсну фазу в нафтовому середовищі.

Утворення емульсій пов'язане з поверхневими явищами на межі поділу фаз дисперсної системи, як приклад, поверхневий натяг поверхнево-активні речовини мають здатність знижувати поверхневий натяг. Ця властивість обумовлена тим, що додана поверхнево-активна речовина вибірково розчиняється в одній з фаз дисперсної системи, концентрується і утворює адсорбційний шар - плівку поверхнево-активної речовини на межі поділу фаз. Зниження поверхневого натягу сприяє збільшенню дисперсності дисперсної фази, а утворення адсорбційного шару - своєрідного панцира на поверхні глобул - перешкоджає їх коалесценції при відстоюванні.

Речовини, що сприяють утворенню і стабілізації емульсій, називаються емульгаторами; речовини, що руйнують поверхневу адсорбційну плівку стійких емульсій, - деемульгаторами.

*Емульгаторами* зазвичай є полярні речовини нафти, такі як смоли, асфальтени, асфальтогенові кислоти і їх ангідриди, солі нафтенових кислот, а також різні органічні домішки. Встановлено, що в утворенні стійких емульсій беруть участь також різні тверді вуглеводні - парафіни і церезини нафти. Тип емульсій в залежить від властивостей емульгатора: емульгатори, що володіють гідрофобними властивостями, утворюють емульсію типу В/Н, так звану гідрофобну, а емульгатори гідрофільні - гідрофільну емульсію типу Н/В. У промисловій практиці найчастіше утворюється гідрофобна емульсія. Емульгаторами в цьому випадку є розчинні в нафті смолисто-асфальтенові речовини, солі органічних кислот, а також дрібноподріблені частинки глини, оксидів металів та ін. Ці речовини, адсорбуючись на поверхні розділу нафта-вода, потрапляють в поверхневий шар з боку нафти і створюють міцну оболонку навколо частинок води. Навпаки, добре розчинні в воді і гірше в вуглеводнях гідрофільні емульгатори типу лужних металів нафтових кислот (продукт реакції при лужному очищенні) адсорбуються в поверхневому шарі з боку водної фази, обволікають крапельки нафти і таким чином сприяють утворенню гідрофільної нафтової емульсії.

*Руйнування нафтових емульсій застосуванням деемульгаторів*, що представляють собою синтетичні поверхнево-активні речовини, які володіють , у порівнянні з природними емульгаторами, що містяться у нафті, вищою поверхневою активністю, може бути результатом:

1) адсорбційного витіснення з поверхні глобул води емульгатора, стабілізуючого емульсію;

2) утворення нестабільних емульсій протилежного типу;

3) хімічне розчинення адсорбційної плівки.

В результаті на поверхні глобул води утворюється гідрофільний адсорбційний шар зі слабкою структурно-механічною щільністю, тобто відбувається дестабілізація водонафтової емульсії. Утворені зі стійких,нестійкі емульсії потім легко коалесцірують в великі глобули води і осідають з дисперсійного середовища (нафти). Саме стадія дестабілізації є лімітуючим сумарним процесом зневоднення і знесолення нафти.

Hа установках зневоднення і знесолення нафти широко застосовуються водорозчинні, водонафторозчинні і нафторозчинні деемульгатори. Останні більш кращі, оскільки:

- вони легко змішуються (навіть при слабкому перемішуванні) з нафтою, в меншій степені вимиваються водою і не забруднюють стічні води;

- їх витрата практично не залежить від обводнення нафти;

- залишаючись в нафті, попереджають утворення стійких емульсій і їх «старіння»;

- володіють інгібуючими корозію металів властивостями;

- є легко рухомими речовинами з низькою температурою застигання і можуть застосовуватися без розчинника, зручні для транспортування і дозування.

У якості розчинників деемульгатора застосовуються низькомолекулярні спирти (метиловий, ізопропіловий та ін.), арени і їх суміші в різному співвідношенні.

Водорозчинні деемульгатори застосовують у вигляді 1-2% -х водних розчинів. Вони частково вимиваються дренажною водою, що збільшує їх витрати на знесолення.

До сучасних деемульгаторів пред'явлено наступні основні вимоги:

- вони повинні володіти максимальною високою деемульгуючою активністю, бути біологічно легкоздатними до розпаду (якщо водорозчинні), нетоксичними, дешевими, доступними;

- не повинні мати бактерицидну активність (від якої залежить ефективність біологічної очистки стічних вод) і кородувати метали.

Ці вимоги повністю задовольняють і тому найчастіше застосовуються нейоногенні деемульгатори. Вони майже повністю витіснили раніше широко використовувані йоноактивні (в основному аніоноактивні) деемульгатори. Їх витрата на установках знесолення нафти становила десятки кг/т. До того ж вони біологічно не розкладаються, і вони призводили до значного забруднення водойм. Нейоногенні поверхнево-активні речовини у водних розчинах не розпадаються на йони. Їх отримують приєднанням оксиду алкілу (етилену або пропілену) до органічних сполук з рухомим атомом водню, тобто вміщуючи різні функціональні групи, такі як карбоксильна, гідроксильна, аміно-, амідна та ін. В якості таких сполук найбільшого застосування знайшли органічні кислоти, спирти, феноли, складні ефіри, aміни і аміди кислот.

У нашій країні широке застосування отримали наступні нейоногенні деемульгатори:

- оксиетильовані жирні кислоти;

- оксиетильовані алкліфеноли;

- блоксополімери поліоксиалкіленів наступних типів:

- на основі пропіленгліколю;

- на основі етилендіаміну (дипроксамін 157);

- на основі синтетичних жирних кислот;

- на основі двоатомних фенолів.

Блоксополімери оксиалкіленів є більш ефективними і універсальними деемульгаторами, які характеризуються малою витратою (10-30 г/т) в процесах зневоднення і знесолення.

У нас і за кордоном синтезовано велику кількість високоефективних деемульгаторіврів. З деемульгаторів, застосовуваних у нашій країні, високою деемульгуючою активністю володіють дисольвани, які являють собою 65% розчини поверхнево-активних речовин у воді або метиловому спирті з молекулярною масою 2500 ... 3000 і синтезовані на основі алкіленгліколей, а також сепарол, бесколь, прохаліт і ін. Характерно, що деемульгатори американських і англійських фірм «Петроліт», «Третоліт» та інших в більшості випадків погано розчиняються у воді, по ефективності близькі до дисольвану і застосовуються у вигляді розчинів в ароматичних вуглеводнях, википають в межах 160 ... 240 ° С.

*Промисловий процес зневоднення і знесолення нафти*, який заснований на застосуванні методів не тільки хімічної, але і електричної, теплової та механічної обробок нафтових емульсій, спрямований на руйнування сольватної оболонки і зниження структурно-механічної міцності емульсій, створення більш сприятливих умов для коалесценції і укрупнення крапель і прискорення процесів осадження великих глобул води, здійснюється на електрознесолювальних установках .

*Електрообробка емульсій* полягає в пропущенні нафти через електричне поле, переважно змінної промислової частоти і високої напруги (15 ... 44 кВ). В результаті індукції електричного поля дисперговані краплі води поляризуються, деформуються (витягуються) з руйнуванням захисних плівок, і при частій зміні полярності електродів (50 раз в секунду) збільшується ймовірність їх зіткнення і укрупнення, і в підсумку зростає швидкість осадження глобул з утворенням окремої фази. У міру збільшення глибини зневоднення відстані між рештою крапель збільшуються і коалесценція сповільнюється. Тому кінцевий вміст води в нафті, обробленії в електричному полі змінного струму, коливається від слідів до 0,1%. Коалесценцію крапель води, що залишилися можна посилити підвищенням напруженості електричного поля до певної межі. При подальшому підвищенні напруженості поля прискорюються небажані процеси електричного диспергування крапель і коалесценція знову сповільнюється. Тому до певного типу емульсій доцільно підбирати оптимальні розміри електродів і відстані між ними. Кількість солей, що залишилися в нафтах залежить як від вмісту залишкової води, так і від її засоленості. Тому з метою досягнення глибокого знесолення здійснюють промивку солей подачею в нафту оптимальної кількості промивної (прісної) води. При надмірному збільшенні кількості промивної води ростуть витрати на знесолення нафти і на кількість утворених стоків. У зв'язку з цим, з метою економії прісної води, на електрознесолюючій установці багато нафтопереробних заводів успішно застосовують двоступеневі схеми з протиточною подачею промивної води.

*Теплова обробка емульсій* полягає в підігріві до оптимальної для даної нафти температури (60 ... 150 ° С) в залежності від її густини, в'язкісно-температурних характеристик, типу емульсії і тиску в електродегідраторному генераторі або відстійнику термохімічного зневоднення. Підвищення температури до певної межі сприяє інтенсифікації всіх стадій процесу деемульгування:

* по-перше, дестабілізації емульсій в разі підвищення розчинності природних емульгаторів в нафті і розплавлення бронюющих кристалів парафінів і асфальтенів;
* по-друге, зростанням швидкості осадження крапель води в результаті зниження в'язкості і щільності нафти, тим самим зменшенню необхідної витрати деемульгатора.

Зазвичай як оптимальну в дегідраторах підбирають таку температуру, при якій в'язкість нафти становить 2 ... 4 сСт. Багато нафт досить добре знесолюються при температурі 70 ... 90 ° С. При підвищенні температури нагрівання нафти необхідно одночасно підвищувати і тиск, щоб підтримувати рідкофазний стан системи і зменшити втрати нафти і пожежонебезпеки. Однак підвищення тиску. викликає необхідність збільшення товщини стінок апаратів. Сучасні моделі електродегідратора розраховані на тиск до 1,8 МПа.

На техніко-економічні показники електрознесолюючої установки впливають також *інтенсивність і тривалість перемішування* емульгованої нафти з розчином деемульгаторів. Так, для деемульгаторів з малою поверхневою активністю, особливо коли вони погано розчиняються в нафті, потрібне більш інтенсивне і тривале перемішування, але не настільки, щоб утворилася високодисперсна система, яка погано осідає. Зазвичай перемішування нафти з деемульгатором здійснюють в сировинному центробіжному насосі. Однак краще мати такі спеціальні змішувальні пристрої, як діафрагми, клапани, що обертаються, ротори і т. д. Доцільно також мати на електрознесолюючій установці дозувальні насоси малої продуктивності.

Основним апаратом електрознесолюючої установки є електродегідратор де, крім електробробки нафтової емульсії, здійснюється і відстій (осадження) деемульгованної нафти, тобто він є одночасно відстійником. Горизонтальні електродегідратори виявилися більш ефективними серед застосовуваних в промислових і заводських електрознесолюючих установках різних конструкцій (вертикальних, кульових і горизонтальних). У порівнянні з використовуваними раніше вертикальними і кульовими, горизонтальні володіють наступними достоїнствами:

- більш сприятливими умовами для осадження крапель води, які можна оцінити питомою площею горизонтального перерізу (дзеркала відстою) і лінійною швидкістю руху нафти;

- приблизно в 3 рази більшим питомим виробництвом при приблизно в 1,5 рази меншій питомій масі і вартості апарату;

- простотою конструкції, меншою кількістю електроустаткування при більшій площі електродів, зручністю монтажу, обслуговування і ремонту;

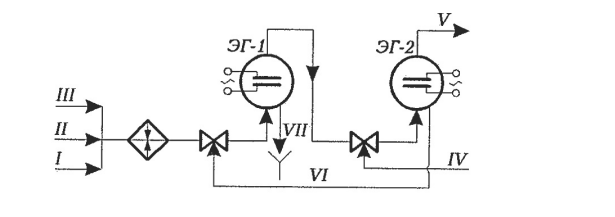
- здатністю працювати при підвищеному тиску і температурі.

Електродегідратор є горизонтальним циліндричним апаратом, усередині якого посередині горизонтально паралельно до одного на відстані 25 ... 40 см встановлені 3 пари електродів, між якими підтримується напруга 32 ... 33 кВ. Введення сировини в електродегідратор і вивід з нього здійснюються через розташовані в нижній і верхній частинах апарату трубчасті перфоровані розподільники (маточники), що забезпечують рівномірний розподіл висхідного потоку нафти. У нижній частині електродегідратора між розподільником і електродами підтримується певний рівень води, який містить деемульгатори, де відбувається термохімічна обробка емульсії і відділення найбільших крапель води. У зоні між дзеркалом води і площиною нижнього електрода нафтова емульсія піддається впливу слабкого електричного поля, а в зоні між електродами - впливу електричного поля високої напруги.

Техніко-економічні показники електрознесолюючої установки значно поліпшуються при застосуванні більш високопродуктивних електродегідраторів за рахунок зменшення кількості теплообмінників, сировинних насосів, резервуарів та при комбінуванні з установками прямої перегонки нафти за рахунок зниження капітальних і енерговитрат, збільшення виробництва. Так, електрознесолюючі установки з горизонтальними електродегідраторами типу 2ЕГ-160, комбінують з установкою первинної перегонки нафти.

В останні роки за кордоном нові атмосферно-вакуумні трубчатки або комбіновані установки будуються тільки з вбудованими горизонтальними електродегідраторами високої потужності. У наш час розроблений і впроваджується горизонтальний електродегідратор об'ємом 200 м3.

Принципова технологічна схема установки електрознесолення нафти наведена на рис. 4.1.



Мал. 4.1. Принципова схема електрознесолювальної установки (секції):

I - сира нафта; II -деемульгатор; III - содово-лужний розчин; IV - свіжа вода; V - знесолена нафта; VI - вода з електродегідратора 2-го ступеня (ЕГ-2); VII - солона вода з електрогідратора-1(ЕГ-1).

Суміш сирої нафти, деемульгатора і содово-лужного розчину (останній вводиться для усунення сірководневої корозії) нагрівається в теплообміннику до оптимальної температури, змішується в інжекторному змішувачі промивною водою з електродегідратора другого ступеню і подається в два послідовно працюючих електродегідратора, ЕГ-1 і ЕГ-2. На вході в ЕГ-2 в потік частково знесоленої нафти подається свіжа вода (річкова, зворотня або паровий конденсат) в кількості 5 ... 10% від маси нафти. Після охолодження в теплообміннику знесолену і зневоднену нафту відводять в резервуари підготовленої нафти, а на секції електрознесолювальних комбінованих установок вона без охолодження подається на установки первинної перегонки нафти.

**4.2**. **Теоретичні основи процесів перегонки нафти**.

***Загальні відомості про перегонку і ректифікацію нафти.*** *Перегонка (фракціонування*) - це процес фізичного розділення нафти і газів на фракції (компоненти), що відрізняються температурним межами (або температурами) кипіння.

*Перегонка з ректифікацією* - найбільш поширений в хімічній і нафтогазовій технології масообмінний процес, який здійснюється в апаратах – ректифікаційних колонах - шляхом багаторазового протиточного контактування парів і рідини. Контактування потоків пари і речовини може проводитися або безперервно (в насадкових колонах), або поступово (в тарілчаих ректифікаційних колонах). При взаємодії зустрічних потоків пари і речовин на кожному ступені контактування (тарілці або шарі насадки) між ними відбувається тепло- і масообмін, які зумовлені прагненням системи до стану рівноваги. В результаті кожного контакту компоненти перерозподіляються між фазами: пара трохи збагачується низькокиплячими, а рідина- висококиплячими компонентами. При досить тривалому контакті і високій ефективності контактної установки пари і рідина, що виходять з тарілки або шару насадки, можуть досягти стану рівноваги, тобто тепператури потоків стануть однаковими і при цьому їх склади будуть пов'язані рівнями рівноваги. Такий контакт рідини і пари, що завершується досягненням фазової рівноваги, прийнято називати рівноважною ступінню, або *теоретичною тарілкою.* Підбираючи число контактних ступенів і параметрів процесу (температурний режим, тиск, співвідношення потоків, флегмове число і ін.), можна забезпечити будь-яку необхідну чіткість фракціонування нафтових сумішей.

Місце введення в ректифікаційну колону нагрітої сировини, яку слід перегнати, називають *живильною секцією (зоною)*, де здійснюється одноразове випаровування. Частина колони, розташована вище живильної секції, служить для ректифікацій парового потоку і називається *концентраційною*, а інша - нижня частина, в якій здійснюється ректифікація рідкого потоку, - *відгонною або вичерпноїю секцією.*

Розрізняють прості і складні колони.

*Прості ректифікаційні колони* забезпечують роздіоення вихідної суміші (сировини) на два продукти: ректифікат (дистилят), що виводиться з верху колони в пароподібному стані, і залишок - нижній рідкий продукт ректифікації.

*Складні ректифікаційні колони* розділяютьвихідну суміш більш ніж на два продукти. Розрізняють складні колони з відбором додаткових фракцій безпосередньо з колони у вигляді бічних погонів і колони, у яких додаткові продукти відбирають зі спеціальних відпарних колон, які називають стріппінгами. Останній тип колон знайшов широке застосування на установках первинної перегонки нафти.

*Чіткість погонорозділення* - основний показник ефективності роботи ректифікаційних колон, який характеризує їх роздільну здатність. У випадку бінарних сумішей вона може бути виражена концентрацією цільового компоненту в продукті. Стосовно ректифікації нафтових сумішей вона зазвичай характеризується груповою чистотою фракцій, які вдбирають, тобто часткою компонентів, википаючих по кривій істинних температур кипіння до заданої температурної межі розділення у відібраних фракціях (дистилятах або залишку). Як непрямий показник чіткості (чистоти) розділення на практиці часто використовують таку характеристику, як наклдання температур кипіння сусідніх фракцій в продукті. У промисловій практиці зазвичай не пред'являють надвисоких вимог по відношенню до чіткості погонорозділення, оскільки для отримання надчистих компонентів або надвузьких фракцій будуть потрібні відповідні надвеликі капітальні і експлуатаційні витрати. У нафтопереробці, наприклад, в якості критерію досить високої розподільчої здатності колон перегонки нафти на паливні фракції вважається налягання температур кипіння сусідніх фракцій в межах 10 ... 30 ° С.

Встановлено, що на роздільну здатність ректифікаційних колон значний вплив мають число контактних ступенів і співвідношення потоків рідкої і парової фаз. Для отримання продуктів, що відповідають заданим вимогам, необхідно, поряд з іншими параметрами ректифікаційних колон (тиск, температура, місце введення сировини і т. д.), мати достатню кількість тарілок (або висоту насадки) і відповідні флегмове і парове числа.

*Флегмове число (R)* характеризує співвідношення рідкого і парового потоків в концентраційній частині колони і розраховується як

*R = L / D*,

де *L* і *D* - кількість відповідної флегми і ректифікату.

*Парове число (П)* характеризує співвідношення контактуючих потоків пари і рідина в перегінній секції колони, яке розраховується як

*П = G / W,*

де *G* і *W* - кількість відповідних парів і кубового продукту.

*Число тарілок (N)* колони (або висота насадки) визначається числом теоретичних тарілок *(NТ)*, що забезпечує задану чіткість розділення при прийнятому флегмовому (і паровому) числі, а також ефективністю котельного палива (зазвичай коефіцієнт корисної дії реальних тарілок або питомої висоти насадки, відповідає 1 теоретичній тарілці).

Очевидно, при збільшенні кількості зрошення будуть рости експлуатаційні витрати (пов'язані з витратою енергії на перекачування, нагрівання в кип'ятильнику і охолодження в конденсаторах), а капітальні витрати спочатку будуть істотно зменшуватися в результаті зниження висоти, а потім зростати через збільшення діаметра колони. З досвіду експлуатації ректифікаційних колон встановлено, що оптимальне значення флегмового числа, яке відповідає мінімуму загальних витрат на ректифікацію, не набагато перевищує мінімально необхідне *Rmin*:

*Ropt = βRmin,*

де *β* – коефіцієнт надлишку флегми (в межах 1,0 ... 1,3).

Фактичне число тарілок Nf визначається або аналітичним розрахунком або виходячи з досвідчених даних з урахуванням ефективного коефіцієнту корисної дії тарілки *ηТ*:

*Nf = NT / ηТ.*

Залежно від конструкції і місця розташування в колоні *ηТ* змінюється в межах 0,3 ... 0,9. На техніко економічні показники і чіткість погонорозділення ректифікаційних колон, крім роздільної здатності, в значній степені впливають фізичні властивості (молярна маса, густина, температура кипіння, летксть і ін.), компонентний склад, число (бі- або багатокомпонентний) і характер розподілу (безперервний, дискретний) компонентів сировини, яку переганяють. У найбільш узагальненій формі роздільні властивості сировини, яку переганяють прийнято виражати коефіцієнтом відносноїлеткості.

*Коефіцієнт відносної леткості* - відношення леткості компонентів (фракцій) переганяючої сировини при однакових температурах і тиску .:

*α = К1 / К2,*

де *К1* і *К2* - константи фазової рівноваги відповідно низько- і висококиплячих компонентів (фракцій). Оскільки *К1*> *К2*, то *α*> 1.

Коефіцієнт *α* побічно характеризує рушійну силу процесу перегонки стосовно розділення сировини. Сировину, у якій α >> 1, значно легше розділити на компоненти, ніж при його значенні, близькому до одиниці.

Відносна випаровуваність залежить від тиску і температури, при яких знаходяться компоненти. Зі збільшенням тиску і температури величина *α* знижується. Поблизу критичної області значення коефіцієнт α наближається до одиниці.

***Особливості нафти як сировини процесів перегонки .*** Нафта і нафтові суміші як сировини для ректифікації характеризуються рядом специфічних властивостей,що обумовлюють деякі особливості в технології їх переробки.

1. Нафта, а особливо її висококиплячі фракції і залишки, характеризуються невисокою термічною стабільністю. Для більшості нафт температура термічної стабільності приблизно відповідає температурній межі поділу між дизельним паливом та мазутом за кривою істинної температури кипіння( ≈ 350 ... 360 ° С). Нагрівання нафти до більш високих температур буде супроводжуватися її деструкцією і, отже, погіршенням якості продуктів перегонки. У зв'язку з цим перегонку нафти і її тяжкі фракції проводять з обмеженням за температурами нагрівання. В умовах такого обмеження для виділення додаткових фракцій нафти, що википають вище гранично допустимої температури нагрівання сировини, можливо використовувати практично єдиний спосіб підвищення відносної леткості компонентів - *перегонку під вакуумом.* Так, перегонка мазуту при залишкових тиску в зоні живлення вакуумної колони ≈ 100 і ≈ 20 мм рт. ст. (≈ 133 і 30 гПа) дозволяє відібрати газойлеві (масляні) фракції з температурами кінця кипіння відповідно до 500 і 600 ° С. Зазвичай для підвищення чіткості розділення при вакуумній (а також і атмосферній) перегонці застосовують подачу водяної пари для відпарювання більш легких фракцій. Отже, з позицій термічної нестабільності нафти технологія її глибокої перегонки повинна включати як мінімум 2 стадії: атмосферна перегонка до мазуту з відбором паливних фракцій і перегонку під вакуумом мазуту з відбором газойлевих (оливних) фракцій і в залишку - гудрону.

2. Нафта - багатокомпонентна сировина з безперервним характером розподілу фракційного складу і відповідною леткістю компонентів. Розрахунки показують, що значення коефіцієнта відносної леткості безперервно (експоненціально) зменшується в міру обважнення фракцій нафти, а також у міру звуження температурного інтервалу кипіння фракцій. Цим зумовлені певні обмеження як на чіткість погонорозділення (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 надвузькі фракції нафти. Тому в нафтопереробці задовольняються одержанням наступних паливних і газойльових фракцій, які википають в досить широкому інтервалі t:

- бензинові початку кипіння 140 ° С (180 ° С);

- гасові 140 (180) ... 240 ° С;

- дизельні 240 ... 350 ° С;

- вакуумний дистилят 350 ... 400 ° С, 400 ... 450 ° С і 450 ... 500 ° С;

- важкий залишок - гудрон> 490 ° С (> 500 ° С).

Іноді обмежуються неглибокою атмосферною перегонкою нафти з отриманням в залишку мазуту> 350 ° С, який використовуюьб в якості котельного палива.

3. Висококиплячі і залишкові фракції нафти містять значну кількість гетероорганічних смолисто-асфальтенових сполук і металів, потрапляння яких в дистиляти різко погіршує їх експлуатаційні характеристики і значно ускладнює подальшу їх переробку. Ця обставина зумовлює необхідність організації чіткої сепарації фаз в секції живлення атмосферної і особливо вакуумної колон. Ефективна сепарація фаз в секції живлення ректифікаційних колон досягається установкою спеціальних сепараторів (відбійних тарілок, насадок і т. д.), що уловлюють найдрібніші краплі (туман, піна, бризки) кубової рідини, а також промиванням потоку парів рідиною, яка стікає в спеціальну промивну тарілку. Для цього з метою підвищення роздільної здатності нижніх тарілок роздільної секції ректифікаційної колони необхідно забезпечити деякий надлишок зрошення, так званий *надлишок одноразового випаровування*, шляхом незначного перегріву сировини (але не вище гранично допустимої величини). Частка відгону при одноразовому випаровуванні в секції живлення ректифікаційної колони повинна бути на 2 ... 5% більше виходу продуктів, що відбираються у вигляді дистиляту і бічних погонів.

***Способи регулювання температурного режиму ректифікаційної колони.*** Нормальна робота ректифікаційної колони і необхідна якість продуктів перегонки забезпечуються шляхом регулювання теплового режиму - відведенням тепла в концентраційної і підведенням тепла в до відгінної секції колон, а також нагріванням сировини до оптимальної температури. У промислових процесах перегонки нафти застосовують наступні способи регулювання температурного режиму по висоті ректифікаційної колони.

Відведення тепла в концентраційній секції шляхом:

а) використання парціального конденсатора;

б) організації випаровуваного (холодного) зрошення;

в) організації невипаровуваного (циркуляційного) зрошення.

Підведення тепла в відгонну секцію шляхом:

а) нагрівання залишку ректифікації в кип'ятильнику з паровим простором;

б) циркуляції частини залишку, нагрітого в трубчастій печі.

На сучасних установках перегонки нафти частіше застосовують комбінаційні схеми зрошення. Так, складна ректифікаційна колона атмосферної перегонки нафти зверху зазвичай має інтенсивне зрошення і потім по висоті кілька ще кілька проміжних циркуляційних зрошеннь. З проміжних зрошень частіше застосовують циркуляційні, що розташовуються зазвичай нижче відбоу бічного погона або використовують відбір бічного погона для створення циркуляційного зрошення з подачею останнього в колону, вище точки повернення пари з відпарної секції. У концентраційній секції складних ректифікаційних колон вторинної перегонки мазуту відведення тепла здійснюється переважно за допомогою циркуляційного зрошення.

При підведенні тепла в низ ректифікаційної колони кип'ятильником здійснюють додатковий підігрів кубового продукту в виносному кип'ятильнику з паровим простором (рибойлері), де він частково випаровується. Утворені пари повертають під нижню тарілку ректифікаційної колони. Характерною особливістю цього способу є забезпечення в кип'ятильнику постійного рівня рідини і парового простору над цією рідиною. За своєю роздільною дією кип'ятильник еквівалентний одній теоретичній тарілці. Цей спосіб підведення тепла в низ колони найбільш широко застосовується на установках фракціонування попутних нафт і нафтових газів, при стабілізації і відбензинюванні нафт, стабілізації бензинів прямої перегонки і вторинних процесів нафтопереробки.

При підведенні тепла в низ колони трубчастої печі частина кубового продукту прокачується через трубчасту піч, і підігріта парорідинна суміш (гарячий струмінь) знову надходить вниз колони. Цей спосіб застосовують при необхідності забезпечення порівняно високої температури низу колони, коли застосування звичайних теплоносіїв неможливе або недоцільне .

***Вибір тиску і температурного режиму в ректифікаційних колонах.***

При прийнятих значеннях флегмового числа, числа і типу тарілок на економічні показники процесів перегонки найбільш впливають тиск і температурний режим в колоні. Обидва ці робочих параметра тісно взаємопов'язані: не можна оптимізувати, наприклад, тільки тиск без урахування необхідного температурного режиму і навпаки.

При оптимізації технологічних параметрів ректифікаційних колон доцільно вибрати такі значення тиску і температури, які:

1) забезпечують стан розділення системи, далекий від критичного (по-іншому не можна реалізувати процес ректифікації) і можливо більше значення коефіцієнта відносної леткості;

2) виключають можливість термодеструктивного розкладання сировини і продуктів перегонки або кристалізації їх в апаратах і комунікаціях;

3) дозволяють використовувати дешеві й доступні холодоагенти для конденсації пари ректифікату (наприклад, в стабілізаційних ректифікаційних колонах вода і повітря) і теплоносії для нагріву і випаровування кубової рідини (наприклад, водяна пара високого тиску), а також зменшити необхідні поверхні холодильників, конденсаторів, теплообмінників і кип'ятильників.

*За величиною тиску ректифікаційні колони можна поділити на наступні типи*:

а) атмосферні, що працюють при тиску. трохи вище атмосферного (0,1 ... 0,2 МПа), що застосовуються при перегонці стабілізованих або відбензинених нафт на паливні фракції і мазут;

б) вакуумні (глибоковакуумні), що працюють під вакуумом (або глибоким вакуумом) при залишковому тиску в зоні живлення (≈ 100 і 30 гПа ), призначені для фракціонування мазуту на вакуумний (глибоковакуумний) газойль або вузькі оливні фракції і гудрон;

в) колони, що працюють під підвищеним тиском (1 ... 4 МПа), що застосовуються при стабілізації або відбензинюванні нафт, стабілізації газових бензинів, бензинів перегонки нафти і вторинних процесів і фракціонування нафтозаводських або попутних нафтових газів.

Підвищення або зниження тиску в ректифікаційних колонах супроводжується, як правило, відповідним підвищенням або пониженням температурного режиму. Так, для отримання в якості ректифікату пропану необхідна температура верху колони при тиску 0,1 і 1,8 МПа складу відповідно -42 і +55 °С. Перевагу другого варіанту ректифікації очевидна, оскільки підвищений тиск дозволяє використовувати для конденсації парів пропану воду, а не спеціальні холодоагенти і дорогі низькотемпературні системи охолодження. Перегонка, наприклад, під вакуум дозволяє здійснити відбір без помітного розкладання фракцій нафти, що википають при температурах, що перевищують температури нагрівання сировини більш ніж на 100 ... 150 ° С.

Температурний режим, поряд з тиском, є одним з найбільш значущих параметрів процесу, зміною якого регулюють якістб продуктів ректифікації. Найважливішими точками регулювання є температура сировини, що надходить і продуктів ректацій, виводяться з колони.

Як показала практика експлуатація промислових установок, перегонка нафти при атмосферному тиску здійснюється при температурі в зоні живлення ректифікаційних колон 320 ... 360 ° С, а вакуумна перегонка мазуту - при температурі на виході з печі не вище 430 ° С.

При перегонці з водяною парою температура кубового залишку зазвичай нижча за температуру нагрівання сировини на 20 ... 30 ° С, а фракцій, що виходять з відпарної колони, на 10 ... 15 ° С у порівнянні з температурою, що надходить на відпарювання рідини. При підведенні тепла вниз ректифікаційних колон через кип'ятильник температура кубової рідини повинна бути на відповідне число градусів вища за температуру надходження рідини.

***Особливості перегонки з водяною парою****.* Для підведення додаткового тепла вниз атмосферної і вакуумної колон промислових установок перегонки нафти такі способи, як застосування кип'ятильника з паровим простором або «гарячий струмінь», неприйнятні через низьку термостабільність кубових залишків - мазуту і гудрону. У зв'язку з цим з метою створення необхідного парового зрошення в відгінній секції цих колон, а також випаровування (відпарювання) низькокиплячих фракцій нафти (що потрапляють в залишок в умовах одноразового випаровування в секції живлення) на практиці широко застосовують перегонку з подачею водяної пари.

При введенні водяної пари в відгонну секцію ректифікаційної колони парціальний тиск парів знижується і створюються умови, при яких рідина виявляється як би перегріта, що викликає її випаровування (тобто дія водяної пари аналогічна вакууму). При цьому теплота, необхідна для відпарювання парів,забирається від самої рідини , в зв'язку з чим вона охолоджується.

Найбільший ефект випаровування впливом перегрітої водяної пари виявляється при її витраті, що дорівнює 1,5 ... 2,0% маси на вихідну сировину. Загальна витрата водяної пари в атмосферній ректифікаційній колоні перегонки нафти становить 1,2 ... 3,5, а в вакуумній колоні для перегонки мазуту - 5 ... 8% маси на переганяючу сировину.

Необхідно вказати на наступні недоліки застосування водяної пари в якості випаровуючого агента:

- збільшення витрат енергії (тепла і холоду) на перегонку і конденсацію;

- підвищення навантаження колон, що призводить до збільшення діаметра апаратів і виносу рідини між тарілками;

- погіршення умов регенерації тепла в теплообміннику;

- збільшення опору і підвищення тиску в колоні та іших апаратах;

- обводнення нафтопродуктів і необхідність їх послідовної сушки;

- посилення корозії нафтоапаратури і утворення великої кількості забруднених стічних вод.

У зв'язку з цим в останні роки в світовій нафтопереробці виявлено тенденцію до суттєвого обмеження застосування водяної пари і до переведення установок на технологію сухої перегонки.

**4.3. Основне обладнання ректифікаціїної колони**.

***Класифікація ректифікаційних колон і їх контактних пристроїв.*** Застосовувані в нафто- і газопереробці ректифікаційні колони поділяються:

1) за призначенням:

- для атмосферної перегонки та вакуумної перегонки нафти і мазуту;

- для вторинної перегонки бензину;

- для стабілізації нафти, газових конденсатів і нестабільних бензинів;

- для фракціонування нафтозаводсбкого, нафтового і природних газів;

- дляя відгону розчинників в процесах очищення масел;

- для поділу продуктів трубчастої печі і каталітичних процесів переробки нафтової сировини і газів ;

2) за способом передачі рідини:

- з перетічними пристроями (з одним, двома або більше);

- без перетічних пристроїв (провального типу);

3) за способом організації контакту парогазової і рідкої фаз:

- тарілчасті;

- насадкові;

- роторні.

За типом застосовуваних контактних пристроїв найбільшого поширення набули тарілчасті, а також насадові ректифікаційні колони.

У ректифікаційних колонах застосовуються сотні різних конструкцій контактних пристроїв, які істотно відрізняються за своїми характеристиками і техніко-економічними показниками. При цьому в експлуатації знаходяться, поряд найсучаснішими конструкціями , контактними пристрої таких типів (наприклад, жолоби тарілки та ін.), які, хоча і забезпечують отримання цільових продуктів, але не можуть бути рекомендовані для сучасних і перспективних виробництв.

При виборі типу контактного пристрою зазвичай керуються наступними показниками:

-продуктивністю;

-гідравлічним опором;

-коефіцієнтом корисної дії;

-діапазоном робочих навантажень;

-можливістю роботи в середовищах, схильних до утворення смолистих або інших відкладень;

-матеріалоємністю;

-простотою конструкції,

-зручністю виготовлення, монтажу і ремонту.

Щоб легше орієнтуватися у всьому різноманіттііснуючих конструкцій, на рис. ми наведена класифікація контактних пристроїв.

Контактні пристрої

Насадкові

Роторні

Тарілчасті

Регулярні

Нерегулярні

Перехресно-

прямоточні

Перехресно- точні

Прямоточні

Протиточні

Рис.4.2. Класифікація контактних пристроїв

Застосовувані не тільки в ректифікаційних, але і абсорбційних і екстракційних процесах розділення сумішей *тарілчасті контактні* пристрої поділяються:

- за способом організації відносного руху потоків контактуючих фаз на протиточні, прямоточні, перехресноточні і перехреснопрямоточні;

- по регульованості перетину контактуючих фаз на тарілки з нерегульованим і регульованим контактом фаз.

Насадки контактних пристроїв прийнято поділяти на нерегулярні і регулярні.

*Протиточні* тарілки характеризуються високою продуктивністю по рідині, простотою конструкції і малою металоємністю. Основний їх недолік - низька ефективність і вузький діапазон стійкої роботи, нерівномірний розподіл потоків по перетину колони, що істотно обмежує їх застосування.

*Прямоточні* тарілки відрізняються не тільки підвищеною продуктивністю, але й помірною ефективністю поділу і підвищеним гідравлічним опором, вони кращі для застосування в процесах розділення під тиском.

*До перехресноточних типів тарілок*, які отримали в переробці нафти і газу,переважне застосування відносять:

1) тарілки з нерегульованим перетином контактуючих фаз: сітчасті, сітчасті з відбійниками, ковпачкові з круглими, прямокутними, шестигранними, S-подібними, жолобчастими ковпачками ;

2) тарілки з регульованим перетином контактуючих фаз: клапанні з капсульними, дисковими, пластинчастими, дисковими ежекційними клапанами; клапанні з баластом; комбіновані ковпачково-клапанні (наприклад, S-подібні і сітчасті з клапаном).

Перехресноточні тарілки (за винятком сітчастих) характеризуються найбільшою розділовою здатністю, оскільки час перебування рідини на них найбільший у порівнянні з іншими типами тарілок. До недоліків ковпачкових тарілок слід віднести низьку питому продуктивність, відносно високий гідравлічний опір, велику металоємність, складність і високу вартість виготовлення.

Сітчасті тарілки з відбійниками мають відносно низький гідравлічний опір, підвищену продуктивність, але більш вузький робочий діапазон у порівнянні з ковпачковими тарілками. Застосовуються переважно у вакуумних колонах.

*Клапанні і баластні* тарілки отримують останнім часом все більш широке поширення, особливо для роботи в умовах значно мінливих швидкостей газу, і поступово витісняють старі конструкції контактних пристроїв. Принцип дії тарілок з клапанами різної форми полягає в тому, що вільно лежучи над отвором в тарілці, клапан автоматично регулює величину площі зазору між клапаном і площиною тарілки в залежності від газопарового навантаження і тим самим підтримує постійну (в межах висоти підйому клапана) швидкість газу і, отже, гідравлічний опір тарілки в цілому. Висота підйому клапана обмежується висотою обмежувача (кронштейна, ніжки).

*Баластні тарілки* відрізняються за конструкцією від клапанних тим, що в них між легким клапаном і обмежувачем встановлений більш важкий, ніж клапан, баласт. Клапан починає підніматися при невеликих швидкостях газу або пари. З подальшим збільшенням швидкості газу клапан впирається в баласт і потім піднімається разом з ним. В результаті баластна тарілка, у порівнянні з чисто клапанною, значно раніше вступає в роботу, має більш широкий робочий діапазон, більш високу (на 15 ... 20%) ефективність розділення і знижений (на 10 ... 15%) гідравлічний опір.

*Перехресно-прямоточні тарілки* відрізняються від перехресноточнихтим тим, що в них енергія газу (пари) використовується для організації спрямованого руху рідини по тарілці і тим самим усувається поперечна нерівномірність та зворотнє перемішування рідини на тарілці, що в результаті ведедо підвищення потужності колони. Однак ефективність контакту в них дещо менша, ніж у перехресноточних тарілках.

Серед клапанних тарілок нового покоління можна відзначити дискові ежекційні (перехресноточні) і пластинчасті перехресно-прямоточні тарілки, впровадження яких на нафтопереробних заводах дозволяє поліпшити технікоекономічні показники установок перегонки нафти.

Ежекційна клапанна тарілка представляє собою полотно з отворами (∅ 90 мм) і переливними пристроями. В отвори полотна тарілок встановлюються клапани, що представляють собою увігнутий диск (∅ 110 мм) з просіченими отворами (каналами) для ежекції рідини, який має розподільний виступ для рівномірного стоку рідини в ежекційні канали. Клапани мають 4 обмежувальні ніжки і 12 ежекційних каналів. Вони виготовляються штампуванням з нержавіючої сталі товщиною 0,8..1,0 мм. Маса клапана = 80 ... 90 г (а капсульного з паровим простором - 5 ... 6 кг). При мінімальних навантаженнях за парою клапани працюють в динамічному режимі. При збільшенні навантаження клапани піднімаються до упору обмежувача і починається ежекція рідини над клапанами, що сприяє більш інтенсивному перемішуванню рідини в надклапанному простірі.

Порівняння ефективності деяких конструкцій тарілчастих контактних пристроїв наведено на рис.4.2. Видно, що кращі показники за гідравлічним опором мають сітчасті і S-подібні тарілки з клапанами, а за коефіцієнтом корисної дії - клапанні баластні і S-подібна з клапаном.

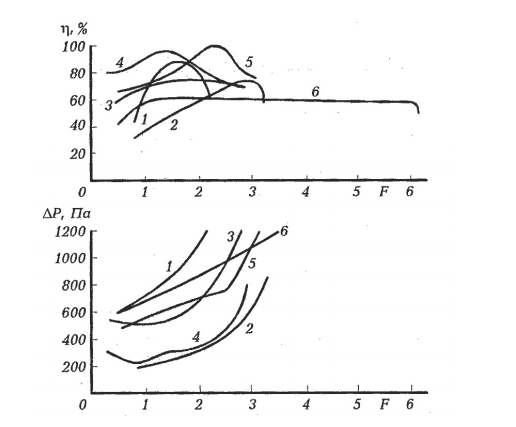


Рис. 4.2. Залежність ККД (η) і гідравлічного опору (Δρ) тарілок деяких типів від F-фактора, (F =ω/ ρ)де ω - швидкість пари, ρ – густна. Типи тарілок: 1 - з S-подібним ковпачком; 2 - сітчаста з відбійником; 3 -клапанна перехресно-прямоточна; 4 - S-подібна з клапаном; 5 - клапанна баластна; 6 – вихрова.

Слід зазначити, що універсальних конструкцій тарілок не існує. При виборі конкретного типу тарілок слід віддати перевагу тій конструкції, показники ефективності якої в найбільшій степені задовольняють вимоги, що пред'являються виходячи з функціонального призначення ректифікаційних колон. Так, в вакуумних ректифікаційних колонах переважно застосовуються контактні пристрої, що мають якомога менший гідравлічний опір.

*Насадкові колони* застосовуються переважно в малотоннажних виробництвах і при необхідності проведення масообмінних процесів з малим перепадом тиску.

До насадок пред'явлено наступні основні вимоги:

-велика питома поверхня;

-хороша змочуваність рідиною;

-малий гідравлічний опір;

-рівномірність розподілу рідких і газових (парових) потоків;

-висока хімічна стійкість і механічна міцність; низька вартість.

Насадок, що повністю задовольняють всі зазначені вимоги, не існує, оскільки деякі з вимог суперечливі. При нормальній експлуатації насадкових колон масообмін відбувається в основному в плівковому режимі на змоченій рідиною поверхні насадок. Природно, що чим більше питома поверхня насадки, тим ефективніший масообмінний процес. Однак насадки з високою питомою поверхнею характеризуються підвищеним гідравлічним опором. У хімічній промисловості і нафтогазопереробці застосовують різноманітні за формою і розмірами насадки, що виготовляються з різних матеріалів (кераміка, фарфор, сталь, пластмаси та ін.).

Основний недолік нерегулярних (насипних) насадок, що обмежує їх застосування в великотоннажних виробництвах, - нерівномірність розподілу контактучих потоків по перетину апарату. Регулярні насадки, які виробляють з сітки, перфорованого металічного листа, багатошарових сіток і т. д., забезпечують більш однорідний, у порівнянні з традиційними насадками з кілець і сідел, розподіл рідини і пари (газу) в колонах. Вони мають важливу перевагу - низький гідравлічний опір - в межі до 1 ... 2 мм рт. ст. (130 ... 260 Па) на 1 теоретичну тарілку. За цим показником вони значно перевершують будь-який з типів тарілчастих контактних пристроїв . У зв'язку з цим в останні роки за кордоном розпочата широка науково-дослідна розробка найефективніших і перспективних конструкцій регулярних насадок і широке застосування їх в великотоннажних виробництвах, в тому числі. в таких процесах нафтопереробки, як вакуумна і глибоко вакуумна переробка мазутів. На нафтопереробних заводах ряду розвинених країн вакуумні колонні установки перегонки нафти в наш час обладнані регулярними насадками, що дозволяє забезпечити глибокий вакуум в колонах, істотно збільшити відбір вакуумного газойлю і досягти температури кінця кипіння до 600 ° С.

***Конденсаційно-вакуумностворююча система***. Задана глибина вакууму в вакуумній колоні створюється за допомогою конденсаційно-вакуумностворюючої системи установок атмосферно-вакуумної ректифікації шляхом конденсації парів, які виходять з верху колон, і ежектування газів, і парів, які не сконденсувалися (водяна пара, Н2S, СО2, легкі фракції і продукти термічного розпаду сировини і повітря, що надходить через нещільності конденсаційно-вакуумностворюючої системи).

Конденсаційно-вакуумностворююча система сучасних установок атмосферно-вакуумної трубчатки складається з системи конденсації, системи вакуумних насосів, барометричної трубки, газосепаратора і збірника конденсату.

Для конденсації парів на практиці застосовуються наступні два способи:

1) конденсація з ректифікацією у верхній секції вакуумної колони за допомогою:

- верхнього циркуляційного зрошення;

- гідроочистки;

2) конденсація без ректифікації поза колоною у виносних кондторах-холодильниках:

- поверхневого типу (поверхневий конденсатор-холодильник) - теплообміном з водою або з повітрям;

- барометричного типу (барометричний конденсатор змішування) - змішанням з водою або газойлем, який виконує роль холодоагенту і абсорбенту;

- в міжступінчатих конденсаторах, що встановлюються безпосередньо в паро ежекторномому відділенні, - водою.

Для створення досить глибокого вакууму в колоні не обов'язково викорисовувати всі перерахованих вище способів конденсації одночасно. Так, не обов'язково включати в конденсаційно-вакуумностворюючу систему обидва способи конденсації парів з ректифікацією в верхній секції колони: для цієї мети цілком достатньо одного з них. Однак верхнє циркуляційне зрошення значно краще і знаходить більш широке застосування, оскільки у порівнянні з гідроочисткою дозволяє більш повно утилізувати тепло конденсації пари, підтримувати на верху вакуумної колони оптимально низьку температуру в межах 60 ... 80 ° С і тим самим значно зменшувати об’м парів і газів. Зі способів конденсації парів без ректифікації поза колоною на атмосферно-вакуумних установках старого покоління застосовувалися переважно барометричні конденсатори змішування, що характеризуються низьким гідравлічним опором і високою ефективністю теплообміну, крім того, при цьому відпадає необхідність у використанні газосепаратора. Є окремий недолік барометричного конденсатора змішування - забруднення нафтопродуктів і зворотної води при використанні останньої як холодоагента. У зв'язку з цим більш перспективниь є використання в якості холодоагента і одночасно як абсорбента охолодженого вакуумного газойлю. За екологічним вимогам в конденсаційно-вакуумностворюючій систему сучасних високопродуктивних атмосферно-вакуумних установоках як правило, входять тільки поверхневий конденсатор-холодильник в поєднанні з газосепаратором.

У якості вакуум-насосів в наш час застосовують струменеві насоси і переважно 2- або 3-ступінчасті ежектори на водяній парі з проміжною конденсацією. Пароежекторні вакуумні насоси мають ряд принципових недоліків (низький коефіцієнт корисної дії, значна витрата охолодженої води для його конденсації, забруднення води, що охолоджується і повітряного басейну).

За ознакою зв'язку з навколишнім середовищем розрізняють збірники конденсату:

-відкритого типу - барометричні колодязі;

-закритого типу - ємності-сепаратори.

Замість широко використовуваних раніше барометричних колодязів на сучасних атмосферно-вакуумних установках застосовують збірники переважно закритого типу, що забезпечують більш високу екологічну безпеку для обслуговуючого персоналу.

Конденсаційно-вакуумностворююча система атмосферно-вакуумних установок обов'язково включає барометричну трубу висотою не менше 10 м, яка виконує роль гідро затвору між навколишнім середовищем і вакуумною колоною.

В останні роки на вакуумних колонах ряду нафтопереробних заводів впроваджена і успішно експлуатується нова високоефективна екологічно чиста конденсаційно-вакуумностворюючої система з використанням рідинного струменевого пристрою – вакуумного гідро циркуляційного агрегату. У вакуумному гідро циркуляційному агрегаті конденсація парів і охолодження газів здійснюється не водою, а охолоджуючою робочою рідиною (газойлевою фракцією, що відводиться з вакуумної колони). У порівнянні з традиційним способом створення вакууму з використанням парових ежекторів, конденсаційно-вакуумностворююча система на базі вакуумно- гідроциркуляційних агрегатів має наступні переваги:

- не вимагає для своєї роботи витрати пари;

- екологічно безпечна, працює з низьким рівнем шуму, не утворює забруднених стічних вод;

- створює більш глибокий вакуум (до 67 Па, або 0,5 мм рт. ст.);

- повністю виключає втрату нафтопродуктів і газів, що відходять з верху вакуумної колони;

- значно зменшує споживання енергії та експлуатаційні витрати на тонну сировини;

- дозволяє дотискати гази розкладання до тиску, необхідного для подачі їх до установок сіркоочищення.

Принципова технологічна схема конденсаційно-вакуумностворюючої системи для перспективних атмосферно-вакуумних установок з використанням вакуумно-гідроциркуляційних агрегатів приведена на мал. 4.3.

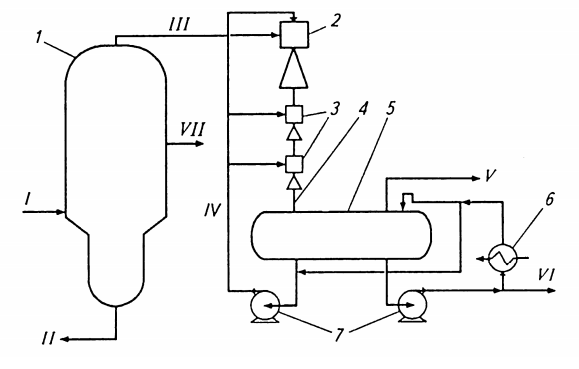


Рис. 4.3 - Схема багатоступінчастої системи створення вакууму з рідинними ежекторами:1 - колона; 2 - рідинний ежектор; 3 - проміжні ежектори; 4 -стояк; 5 - розділова ємність; 6 - холодильник 7 - насоси; I - сировина-мазут; II - гудрон; III – несконденсовані пари і гази; IV – циркулючий нафтопродукт; V - газ; VI - надлишок нафтопродукту; VII - дистиляти

**4.4. Технологія атмосферної перегонки нафти**

***Типи промислових установок.*** Технологічні установки перегонки нафти призначені для розділення нафти на фракції і подальшої переробки або використання їх як компонентів товарних нафтопродуктів. Вони складають основу всіх нафтопереробних заводів. На них виробляються практично всі компоненти моторного палива, мастила, сировини для вторинних процесів і для нафтохімічних виробництв. Від їх роботи залежать асортимент і якість одержуваних компонентів і техніко-економічні показники послідовних процесів переробки нафтової сировини. Процеси перегонки нафти здійснюють на так званих *атмосферних трубчастих* і *вакуумних трубчастих* або *атмосферно-вакуумних трубчастих установках*.

Залежно від напрямку використання фракцій установки перегонки нафти прийнято іменувати *паливними, масляними* або *паливно-масляними* і відповідно до цього - варіанти переробки нафти.

На атмосферних трубчастих установках здійснюють неглибоку перегонку нафти з отриманням *паливних* (бензинових, гасових, дизельних) *фракцій* і *мазуту*. Атмосферні трубчасті установки призначені для перегонки мазуту. Отримувані на них газойлеві, оливні фракції і гудрон використовують в якості сировини процесів послідовної (вторинної) переробки їх з отриманням палив, мастил, коксу, бітумів і інших нафтопродуктів.

Сучасні процеси перегонки нафти є комбіновані з процесами зневоднення і знесолення, вторинної перегонки і стабілізації бензинової фракції: електрознесолювальна установка – атмосферна трубчаста установка, електрознесолювальна установка – атмосферно-вакуумна трубчаста установка, електрознесолювальна установка - атмосферно-вакуумна трубчаста установка -вторинна перегонка і т. д.

Діапазон потужності вітчизняних установок перегонки нафти від 0,5 до 8 млн т/рік. До 1950 р максимальна потужність найбільш розповсюджених атмосферних трубчастих установок і атмосферно-вакуумних трубчастих установок становила 500 ... 600 тис. т / рік. У 1950-1960 рр. проектувалися і будувалися установки потужністю 1; 1,5; 2 і 3 млн т/рік. У 1967 р ввели в експлуатацію високопродуктивну атмосферно-вакуумну трубчасту установку потужністю 6 млн т/рік. Переваги установок великої одиничної потужності очевидні: висока продуктивність праці і низькі капітальні і експлуатаційні витрати у порівнянні з установками малої продуктивності.

Ще більш істотні економічні переваги досягаються комбінуванням атмосферно-трубчастих і атмосферно-вакуумно трубчастих установок з іншими технологічними процесами, такими як газофракціонування, гідроочистка паливних і газойлевих фракцій, каталітичний риформінг, каталітичний крекінг, очищення оливних фракцій і т. д.

Оскільки в експлуатації знаходяться атмосферно-трубчасті і атмосферно-вакуумно трубчасті установки поколінь, вітчизняні установки перегонки нафти характеризуються великою різноманітністю схем перегонки і широким асортиментом одержуваних фракцій. Навіть при однаковому виробництві ректифікаційні колони мають різні розміри, неоднакове число і різні типи тарілок; по різному вирішені схеми теплообміну, холодного, гарячого і циркуляційного зрошення, а також вакуумностворюючої системи. У зв'язку з цим нижче будуть представлені лише принципові технологічні схеми окремих блоків (секцій), що входять до складу високопродуктивних сучасних типових установок перегонки нафти.

*Блок атмосферної перегонки нафти установки електрознесолювально-атмосферно-вакуумної трубчатої установки ЕЛЗУ-АВТУ - 6.* При виборі технологічної схеми і режиму атмосферної перегонки нафти керуються головним чином її фракційним складом, та вмістом в ній газів і бензинових фракцій.

Перегонку стабілізованих нафт постійного складу з невеликою кількістю розчинених газів (до 1,2% по С4 включно), відносно невисоким вмістом бензину (12 ... 15%) і виходом фракцій до 350 ° С не більше 45% енергетично найбільш вигідно здійснювати на атмосферно-трубчастих установках (блоках) за схемою з одноразовим випаровуванням, тобто з однєю складною ректифікаційною колоною з бічними відпарними секціями. Установки такого типу широко застосовуються на нафтопереробних заводах за кордоном. Вони прості і компактні, завдяки здійсненню сумісного випаровування легкої і важкої фракцій вимагають мінімальної температури нагріву нафти для забезпечення заданої частки відгону, характеризуються низькими енергетичними затратами і металоємністю. Основний їх недолік - менша технологічна гнучкість і знижений (на 2,5 ... 3,0%) відбір світлих нафтопродуктів, крім того, у порівнянні з 2-колоною схемою, вони вимагають більш якісної підготовки нафти.

Для перегонки легких нафт з високим вмістом розчинених газів (1,5 ... 2,2%), бензинових фракцій (до 20 ... 30%) і фракцій до 350 ° С (50 ... 60%) доцільно застосовувати атмосферну перегонку двоступеневого випаровування, тобто установки з попередньою відбензинюючою колоною і складною ректифікаційною колоною з бічними відпарними секціями для розділення частково відбензиненої нафти на паливні фракції і мазут.

Двоколонні установки атмосферної перегонки нафти отримали в вітчизняній нафтопереробці найбільшого поширення. Вони володіють достатньою технолічною гнучкістю, універсальністю і здатністю переробляти нафти різного фракційного складу, так як перша колона, в якій відбирається 50 ... 60% бензину від потенціалу, виконує функції стабілізатора, згладжує коливання в фракційному складі нафти і забезпечує стабільну роботу основної ректифікаційної колони. Застосування відбензинюючої колони дозволяє також знизити тиск на сировинному насосі, зберегти складну колону від корозії, розвантажити піч від легких фракцій, і тим самим дещо зменшити її необхідну теплову потужність.

Недоліками двоколонної атмосферної трубчатої установки є більш висока температура нагрівання відбензиненої нафти, необхідність підтримки температури низу першої колони гарячим струменем, на що потрібні витрати додаткової енергії. Крім того, установка обладнана додатковою апаратурою: колоною, насосами, конденсаторами-холодильниками і т. д.

Блок атмосферної перегонки нафти високопродуктивної, найбільш поширеної в нашій країні електрознесолювально-атмосферно-вакуумної трубчатої установки -6 функціонує за схемою двоступеневого випаровування і двоступеневої ректифікації (мал. 4.4).

Зневоднена і знесолена на електрознесолювальній установці нафта додатково підігрівається в теплообміннику і поступає на розділення в колону часткового відбензинювання. Видходячі з верху цієї колони вуглекислий газ і легкий бензин конденсуються і охолоджуються в апаратах повітряного і водяного охолодження і надходять в ємність зрошення. Частина конденсату повертається на верх колони 1 в якості зрошення. Відбензинена нафта знизу колони 1 подається в трубчасту піч 4, де нагрівається до необхідної температури і надходить в атмосферну колону 2. Частина відбензиненої нафти з печі 4 повертається в низ колони 1 в якості гарячого струменя. Зверху колони 2 відбирається важкий бензин, а збоку через відпарну колону 3 виводяться паливні фракції 180 ... 220 (230), 220 (230) ... 280 і 280 ... 350 °С. Колона 2 крім гострого зрошення має два циркуляційні зрошення, якими відводиться тепло нижче тарілок відбору фракцій 180 ... 220 і 220 ... 280 °С. У нижній частині атмосферної і відпарної колон подається перегріта водяна пара для відпарки легкокиплячих фракцій. Знизу колони 2 виводиться мазут, який спрямовується на блок вакуумної перегонки.

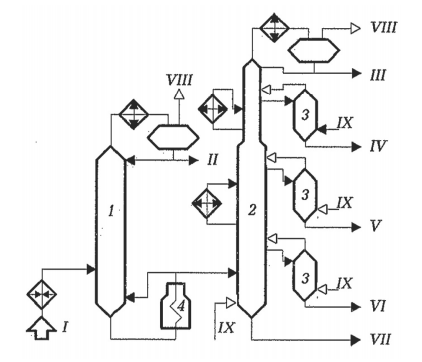


Рис. 4.4. Принципова схема блоку атмосферної перегонки нафти ЕЛЗУ-АВТУ - 6: I - нафта з електрознесолювальної установки; II-легкий бензин; III - важкий бензин; IV - фракція 180 ... 220 °С; V- фракція 220 ... 280 °С; VI - фракція 280 ... 350 °С; VII - мазут; VIII - газ; IX – водяна пара.

Практикою експлуатації промислових атмосферних трубчастих установок і атмосферно-вакуумних трубчастих установок були виявлені наступні недоліки схеми, показаної на рис. 4.4:

- не забезпечуються проектні показники за температурою підігріву нафти на вході в колону 1, і тим самим і з відбору легкого бензину в ній;

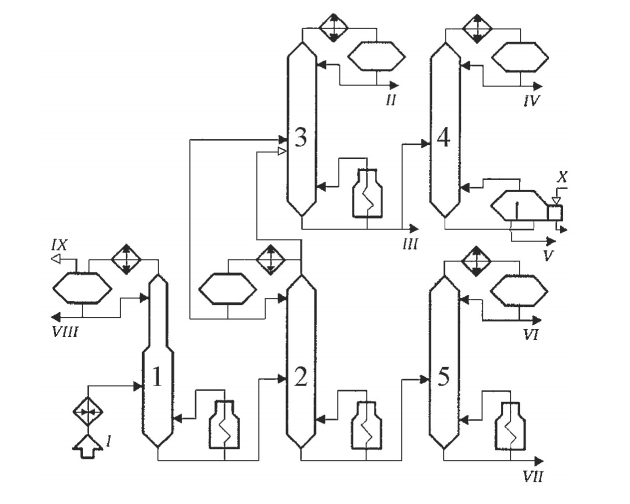
- спосіб регулювання температури низу колони 1 за допомогою гарячого струменю через піч вимагає підвищених енерговитрат на циркуляцію відбензиненої нафти.

Для інтенсифікації роботи колони 1 на ряді нафтопереробних заводів були переобладнані теплообмінники з метою підвищення температури підігріву нафти на вході в колону 1.

*Блок стабілізації і вторинна переробк бензину установки електрознесолювіально-атмосферно-вакуумної трубчастої установки ЕЛЗУ-АВТУ-6*. Прямогонні бензини повинні спочатку піддаватися стабілізації з виділенням сухого (С1-С2) і скрапленого (С2-С4) газів з подальшим їх раціональним використанням.

Для подальшої переробки стабілізовані бензини піддаються вторинній перегонці на фракції, що направляються як сировина для процесів каталітичного риформінгу з метою отримання високооктанового компонента автобензину або індивідуальних аренів - бензолу, толуолу і ксилолів. При виготовленні аренових вуглеводнів вихідний бензин розділяють на наступні фракції з температурними межами википання: 62 ... 85 °С (бензольну), 85 ... 105 (120 °С) (толуольну) і 105 (120) ... 140 С (ксилольну). При паливному напрямку переробки прямогонні бензини досить розділити на дві фракції: початок кипіння - 85 ° С і 85 ... 180 ° С.

Для стабілізації і вторинної перегонки прямогонних бензинів з отриманням сировини для каталітичного риформінгу паливного напрямку застосовують в основному двоколонні схеми, що включають колону стабілізації і колону вторинної перегонки бензину на фракції початку кипіння - 85 і 85 ... 180 ° С. Найбільш економічно вигідною схемою розділення стабілізованого бензину на вузькі ареноутворюючі фракції визнана послідовно-паралельна схема сполучених колон вторинної перегонки, як це прийнято в блоці стабілізації і вторинної перегонки *ЕЛЗУ-АВТУ* -6 (мал. 4.5).



Мал. 4.5. Принципова схема блоку стабілізації і вторинної переробки бензину на *ЕЛЗУ-АВТУ* -6: 1 - колона стабілізації; 2-5 - колона вторинної перегонки; I - нестабільний бензин; II - фракція С5 - 62 ° С; III - фракція 65 ... 105 ° С; IV - фракція 62 ... 85 °С; V - фракція 85 ... 105 ° С; VI - фракція 105 ... 140 ° С; VII - фракція 140 ... 180 ° С; VIII – зріджена фракція С2-С4; X - сухий газ (С1-С2); X – водяна пара.

Відповідно до цієї схеми прямогінний бензин після стабілізації в колоні 1 розділяється спочатку на 2 проміжні фракції (початок кипіння - 105 ° С і 105 ... 180 ° С), кожна з яких потім направляється на послідовне розділення на вузькі цільові фракції.

Як видно з рис. 4.5, нестабільний бензин з блоку атмосферної трубчатої установки після нагрівання в теплообміннику надходить в колону стабілізації (дебутанізатор) І. Зверху цієї колони відбирають зріджені гази С2-С4. Зі стабільного бензину в колоні 2 відбирають фракцію С5-105 ° С, яку направляють в колону 3. Крім того, частину парів зверху колони 2 подають без конденсації в колону 3. Зверху колони 3 відбирають фракцію С5-62 °С, а з куба – фракцію 62 ... 105 °С, яка може виводитися з установки як цільова або направлятися в колону 4 для розділення на фракції 62 ... 85 ° С (бензольну) і 85 ... 105 °С (толуольну).

Залишок в колоні 2 - фракцію 105 ... 180 ° С - направляють на розділення на фракції 105 ... 140 ° С і 140 ... 180 ° С в колону 5.

Тепло вниз колони 4 підводиться через кип'ятильник, а інші колони вторинної перегонки (2, 3 і 5) - з гарячими струменем підігрітого в печі кубового залишку цих колон.

Матеріальний баланс блоку вторинної перегонки бензину

Надійшло,% на нафту:

нестабільний бензин 19,1

Отримано,% на нафту:

|  |  |
| --- | --- |
| сухий газ (С1-С2) | 0,2 |
| зріджений газ (С2-С4) | 1,13 |
| фр-я С5 –62 °С | 2,67 |
| фр-я 62…105 °С | 6,28 |
| фр-я 105…140 °С | 4,61 |
| фр-я 140…180 °С | 4,21 |

Технологічний режим і характеристика ректифікаційних колон блоку стабілізації і вторинної перегонки бензину

№ колони

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| t, °С |  |  |  |  |  |
| живлення | 145 | 154 | 117 | 111 | 150 |
| верху | 75 | 134 | 82 | 96 | 132 |
| низу | 190 | 201 | 135 | 127 | 173 |
| в ємності зрошення | 55 | 97 | 60 | 80 | 110 |
| Кратність зрошення, кг/кг | 3,5:1 | 1,3:1 | 4:1 | 2,2:1 | 2,4:1 |
| Тиск, Мпа | 1,1 | 0,45 | 0,35 | 0,20 | 0,13 |
| Діаметр, м |  |  |  |  |  |
| верхня частина | 2,8 | 3,6 | 3,6 | 2,8 | 4,0 |
| нижня частина | 3,6 | — | — | — | — |
| Число тарілок | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 |

**4.5. Технологія вакуумної перегонки мазуту на ЕЛЗУ-АВТУ -6.**

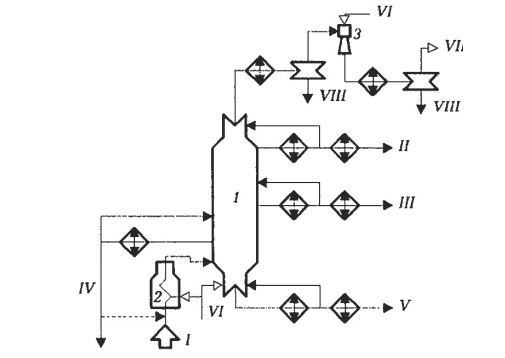
Основне призначення блоку вакуумної перегонки мазуту паливного профілю - отримання вакуумного газойлю широкого фракційного складу (350 ... 500 °С), що використовується як сировина для каталітичного крекінгу, гідрокрекінгу або піролізу і в деяких випадках – термічного крекінгу з отриманням дистиляційного крекінг-залишку, що направляється далі на коксування з метою отримання високоякісних нафтових коксів.

Про чіткість розділення мазуту зазвичай судять за фракційним складом і кольором вакуумного газойлю . Останній показник побічно характеризує вміст смолисто-асфальтенових речовин, тобто коксованість і вміст металів. Метали, особливо нікель і ванадій, негативно впливають на активність, селективність і термін служби каталізаторів процесів гідроочистки і каталітичних процесів газойлів. Тому при експлуатації промислових вакуумних трубчатих установок важливо зменшити можливість потрапляння рідини (гудрону) в концентраційну секцію вакуумної колони у вигляді бризок, піни, туману і т. д. У зв'язку з цим вакуумні колони, які працюють за паливним варіантом мають при невеликому числі тарілок (або невисокому шарі насадки) розвинену живильну секцію: відбійники з сіток і промивні тарілки, де організовується рециркуляція затемненого продукту. Для запобігання потрапляння металоорганічних сполук в вакуумний газойль іноді в сировину в невеликих кількостях вводять антипінну присадку типу силоксан.

У процесах вакуумної перегонки, крім проблеми потрапляння рідини, посилена увага приділяється забезпеченню сприятливих умов для максимального відбору цільового продукту без помітного його розкладання. Багаторічним досвідом експлуатації промислових вакуумних трубчатих установок встановлено, що нагрів мазуту в печі вище 420 ... 425 ° С викликає інтенсивне утворення газів розкладання, закоксувування і прогар труб печі, осмолення вакуумного газойля. При цьому чим важча нафта, тим інтенсивніше йде газоутворення і термодеструкція високомолекулярних сполук сировини. Внаслідок цього при нагріванні мазуту до максимально допустимої температури зменшують часнагрівання, влаштовуючи багатопотокові змійовики Для зниження температури низу колони організують рецикл (квенчінг) частково охолодженого гудрона. З метою зниження тиску на ділянці випаровування печі кінцеві змійовики виготовляють з труб більшого діаметру і зменшують перепад висоти між введенням мазуту в колону і виходом його з печі. У вакуумних колонах застосовують обмежену кількість тарілок з низьким гідравлічним опором або насадку; використовують вакуумстворюючі системи, що забезпечують досить глибокий вакуум. Кількість тарілок вувідгінній секції також має бути обмежена, щоб забезпечити малий час перебування нагрітого гудрону. З цією метою одночасно зменшують діаметр куба колон.

У процесах вакуумної перегонки мазуту за паливним варіантом переважно використовують схему одноразового випаровування, застосовуючи одну складну ректифікаційну колону з виходом дистильованих фракцій через відпарні колони або без них. При використанні відпарних колони по висоті основної вакуумної колони організовують кілька циркуляційних зрошень.

Принципова схема блоку вакуумної перегонки мазуту на *ЕЛЗУ-АВТУ* -6 наведена на рис.4.6.



Мал. 4.6. Принципова схема блоку вакуумної перегонки мазуту на *ЕЛЗУ-АВТУ* -6: 1 – вакуумна колона; 2 - вакуумна піч; 3 - пароежекторний вакуумний насос; I - мазут з атмосферної трубчатки; II – легкий вакуумний газойль; III – вакуумний газойль; IV - затемнена фракція; V - гудрон; VI – водяна пара; VII - гази розкладання; VIII - конденсат (вода або нафтопродукт)

Мазут, що відбирається з низу атмосферної колони, прокачується паралельними потоками через піч 2 в вакуумну колону 1. Суміш нафтової і водяної пари, газів розкладу (і повітря, яке засмоктуваний через нещільності) з верху вакуумної колони надходять в вакуумстворюючу систему 3. Верхнім бічним погоном вакуумної колони відбирають фракцію легкого вакуумного газойля . Частина його після охолодження в теплообміннику повертається на верх колони в якості верхнього циркуляційного зрошення.

Другим бічним погоном відбирають широку газойлеву (оливну) фракцію. Частина її після охолодження використовується як середнє циркуляційне зрошення вакуумної колони. Певна кількість цільового продукту вакуумного газойля після теплообмінника і холодильників виводиться з установки і спрямовується на подальшу переробку.

З нижньої тарілки концентраційної частини колони виводиться затемнена фракція, частина якої використовується як нижнє циркуляційне зрошення, а частина може виводитися з установки або використовуватися як рецикл разом із завантаженням вакуумної печі.

З низу вакуумної колони відбирається гудрон і після охолодження спрямовується на подальшу переробку. Частина гудрону після охолодження в теплообміннику повертається вниз колони в якості квенчингу. Вниз вакуумної колони і змійовика печі подається водяна пара.

*Вакуумна перегонка і глибока вакуумна перегонка мазуту в насадкових колонах.* В останнні роки в світовій нафтопереробці все більш широке розповсюдження при вакуумній перегонці мазуту отримують насадкові контактні пристрої регулярного типу, що мають, у порівнянні з тарілчастими, важливу перевагу - низький гідравлічний опір на одиницю теоретичної тарілки. Ця перевага регулярних насадок дозволяє конструювати вакуумні ректифікаційні колони, які здатні забезпечити або більш глибокий відбір газойлевих (масляних) фракцій з температурою кінця кипіння аж до 600 ° С, або при заданій глибині відбору значно підвищити чіткість фракціонування олійних дистилятів.

Застосовувані в наш високопродуктивні вакуумні колони з регулярними насадками за способом організації відносного руху контактуючих потоків рідини і пари можна розділити на такі типи типи:

- протиточні;

- перехресноточні.

Протиточні вакуумні колони з регулярними насадками конструктивно мало відрізняються від традиційних малотоннажних насадкових колон: тільки замість насадок насипного типу встановлюються блоки або модулі з регулярною насадкою і пристрої для забезпечення рівномірного розподілу зрошення по перерізу колони. У складних колонах число таких блоків (модулів) дорівнює числу фракцій мазуту, що відбираються.

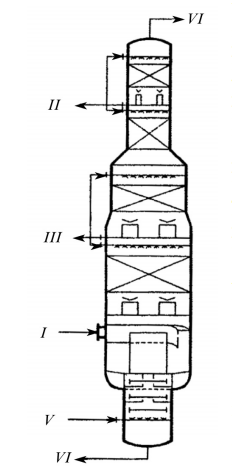


Рис. 4.7. ​​Принципова конструкція протиточної насадкової колони фірми «Грімма» (Німеччина): I — мазут; II — легкий вакуумний дистилят; IIІ — глибоко вакуумний газойль; IV — гудрон; V — водяна пара.; VI — гази пари вакуумностворюючої системи.

На рис. 4.7 представлена ​​принципова конструкція насадок вакуумної колони противоточного типу фірми «Грімма». Вона призначена для глибокої вакуумної перегонки і мазуту з відбором вакуумного газойля з температурою кінця кипіння до 550 °С.

Цей процес має такі переваги:

- високу продуктивність - до 4 млн т / рік по мазуту;

- можливість отримання глибоко вакуумного газойлю з температурою кипіння до понад 550 °С з низькою здатністю коксуватися (<0,3% за Конрадсоном) і вмістом металів (V + 10Ni + Na) менше 2,5 ррm;

- знижену (на 10 ... 15 ° С) температуру нагріву мазуту після печі;

- більш ніж в 2 рази зниження втрати тиску в колоні;

- істотне зниження витрати водяної пари на відпарювання.

На Шведському нафтохімічному комплексі експлуатуються дві установки цієї фірми продуктивністю по 2 млн т/р по мазуті. Вакуумна колона обладнана регулярною насадкою типу «Перформ-Грід». Тиск вверху і в зоні живлення колони підтримується відповідно 7 і 36 гПа (5,2 і 27 мм рт. ст.).

На деяких нафтопереробних заводах розвинених країн експлуатуються аналогічні високопродуктивні установки вакуумної перегонки і глибоко вакуумної перегонки мазуту, обладнані колонами з регулярними насадками типу «ґлітч-Грід».

На деяких вітчизняних нафтопереробних заводах впроваджена і успішно функціонує принципово нова високоефективна технологія вакуумної перегонки мазуту в перехресноточних насадкових колонах .

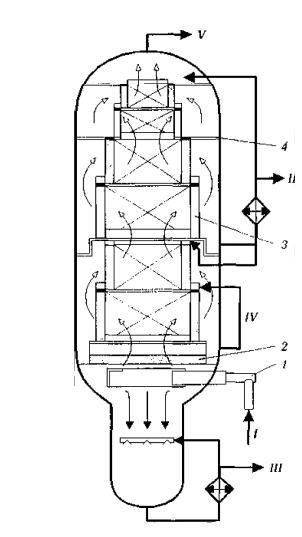
Гідродинамічні умови контакту парової і рідкої фаз в перехресноточних насадкових колонах суттєво відрізняються від таких же при протитоці. В проти- точних насадкових колонах насадка займає весь поперечний переріз колони, а пара і рідина рухаються назустріч один одному. У перехресноточній насадковій колоні насадка (у вигляді різних геометричних фігур: кільце, трикутник, чотирикутник, багатокутник і т. д.) займає лише частину поперечного перерізу колони. Вона виготовляється з традиційних для протиточних насадок матеріалів: плетеної або в'язаної металевої сітки (так звані рукавні насадки), просічно-витяжних листів, пластин і т. д. Вона проникна для пари в горизонтальному напрямку і для рідини в вертикальному напрямку. По висоті перехресноточна насадкова колона розділена розподільчою плитою на декілька секцій (модулів), що представляють собою єдину сукупність елемента регулярної насадки з розприділювачем рідинного зрошення. У межах кожного модуля організовується перехресноточне (поперечне) контактування фаз, тобто рух рідини по насадці зверху вниз, організоване розприділювачем рідини, а рух пари - в горизонтальному напрямку. Отже, в перехресноточних насадкових колонах рідина і пара проходять різні незалежні перерізи, площі яких можна регулювати (що дає проектувальнику додаткову степунь свободи), а при противотоці - одний і той же переріз. Тому перехресноточний контакт фаз дозволяє регулювати в оптимальних межах густоту рідкого і парового зрошень зміною товщини і площі поперечного перерізу насадкового шару і тим самим забезпечувати вищу швидкість парів (в розрахунку на горизонтальний переріз) без підвищення гідравлічного опору і значно ширший діапазон стійкої роботи колони, а також усунути такі дефекти, характерні для противоточних насадкових або тарілчастих колон.

Можливий і такий варіант експлуатації глибоковакуумної насадкової колони, коли перегонка мазуту здійснюється із зниженою температурою нагрівання або без подачі водяної пари.

Для порівняння можна порівняти потрібну кількість рідинного зрошення стосовно вакуумної колони протиточного і перехресноточного типів діаметром 8 м (площею перетину ≈ 50 м2). При противотоці забезпечення навіть зниженої густоти зрошення ≈ 20 м3/м2год на зрошення колони потрібно 50 × 20 = 1000 м3/год рідини, що технічно не просто здійснити. При цьому вельми складною проблемою стає організація рівномірного розподілу такої кількості зрошення по перетину колони.

У перехресноточних насадкових колонах, на відміну від протиточних колон, насадковий шар займає тільки частину її горизонтального перерізу площею меншою на порядок і більше. В цьому випадку для організації рідинного зрошення у вакуумній перехресно точній насадковій колоні аналогічного перетину потрібно 250 м3/год рідини, навіть при густоті зрошення 50 м3/м2год, що енергетично вигідніше і технічно простіше.

На мал. 4.7 зображенп ​​принципова конструкція вакуумної перехресноточної насадкової колони.



Мал. 4.7. Принципова конструкція вакуумної перехресноточної насадкової колони атмосферно-вакуумної трубчатої установки-4 високооктанової: 1 - телескопічна трансферна лінія; 2 - горизонтальний відбійник; 3 - блок перехресної регулярної насадки квад-ратного перерізу; I - мазут; II – вакуумний газойль; III - гудрон; IV - затемнений газойль; V - гази і пара.

Вона призначена для вакуумної перегонки мазуту з відбором широкого вакуумного газойля - сировини каталітичного крекінгу. Колона представляє собою циліндричний вертикальний апарат (раніше недіюча вакуумна колона) з розташуванням насадок модулів в середині колони по квадрату. Діаметр колони 8 м, висота укріплюючої частини біля 16 м. У колоні змонтоване телескопічне введення сировини, уліта, відбійник і 6 модулів з регулярною насадкою. 4 верхніх модуля призначені для конденсації вакуумного газойля, 5-й є фракціонуючим, а 6-й служить для фільтрації і промивки парів. Для зниження крекінгу в нижню частину колони вводиться охолоджений до 320 ° С і нижче гудрон у вигляді квенчінга. Оскільки парові і рідинні навантаження в перехресноточній насадочній колоні різні по висоті, насадкові модулі різні за висотою і шириною відповідно до додопустимих навантажень по парі і рідині. Передбачені циркуляційні зрошення, рецикл затемненого продукту, надійні заходи проти засмічення сітчастих блоків механічними домішками, проти вібрації сітки і просочування бризгів у вакуумний газойль.