

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Технологічне обладнання об'єктів паливозабезпечення»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)**

**за темою № 11 – Основне обладнання зони фільтрації ПММ**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

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

**СХВАЛЕНО**

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

**ПОГОДЖЕНО**

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

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

**Розробник:**

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

**Рецензенти:**

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

## План лекції

1. Загальні відомості про фільтрацію.
2. Класифікація фільтрів. Розрахунок тонкості фільтрації.
3. Вибір фільтрів і визначення місця їхнього установаження в гідравлічній системі.
4. Конструкція фільтрів-сеператорів.
5. Фільтроматеріали.

## Рекомендована література:

### Основна

1. Григоров А. Б. Зберігання нафти та нафтопродуктів в умовах нафтобаз : Харків-Тернопіль : НТУ ХПІ : Крок, 2022. 184 с.  
URL :<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/00644d5b-4e34-4e74-8f23-f66382bf4809/content> (дата звернення: 19.07.2023).

### Додаткова

2. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: ЦентральноУкраїнське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. URL : [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf) (дата звернення: 13.07.2023).
3. Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа : затв. наказом Держнафтогазпрому України від 24 груд.1999 р. №136а ВБН В.2.2-58.1-94. 2000. 151 с.  
URL : [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=4920](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4920)(дата звернення: 09.07.2023).

## Текст лекції

### 1. Загальні відомості про фільтрацію

Існують методи вилучення забруднень із рідин. Всі вони умовно розділені на три види.

1. *Фільтрація* – метод очистки рідини від твердих, а в ряді випадків і рідких забруднень при пропусканні її через пористу перегородку.

2. *Використання силових полів* – метод, заснований на ефекті взаємодії частинок забруднень будь-якої природи із силовим полем. Застосовують силові поля різноманітної природи: гравітаційне, відцентрове, магнітне, електростатичне, електромагнітне, а також поле сил, що генерується ультразвуковими коливаннями.

3. *Фізико-хімічна очистка* – метод заснований на відмінності фізико-хімічних властивостей очищуваних рідин і частинок забруднень. До цього

методу можна віднести очистку й обезводжування робочих рідин сілікагелями або цеолітами, масообмінне осушення, виморожування вільної й емульсійної води і тощо. Забруднення вилучають за допомогою фільтрів і очисників, установлених безпосередньо в гідросистемі машин і механізмів, а також за допомогою автономних систем (стендів) очистки рідини (СОР). Найбільш повно задача очистки в технологічних стендах вирішується за допомогою спеціалізованих СОР, які застосовують як для очистки робочих рідин перед заправкою в системи, так і для профілактичної (регенеративної) очистки рідини, що відпрацювала визначений ресурс.

Сучасні і перспективні системи очистки рідин повинні відповідати строгим технічним, екологічним і економічним вимогам:

- забезпечувати високу тонкість очистки незалежно від природи, концентрації та розмірів забруднень;
- мати постійну пропускну здатність і забезпечувати ефективність роботи незалежно від часу напруження й обсягу очищуваної рідини;
- мати велику гряземісткість;
- забезпечити високу надійність роботи;
- володіти об'єктивними засобами контролю за станом роботи системи і контролю чистоти рідини;
- мати мінімальний гідравлічний опір;
- забезпечувати автоматизований процес очистки, контролю стану і регенерації;
- задовольняти вимоги технологічності;
- мати малу масу і габарити, невисоку вартість устаткування і низьку собівартість очистки.

Методи і засоби очистки не повинні чинити негативний вплив на очищувану рідину і, навпаки, рідина не має чинити руйнуючу дію на елементи системи очистки.

## **2. Класифікація фільтрів. Розрахунок тонкості фільтрації.**

Конструкцію фільтра, як правило, складається з корпусу із патрубками підведення і відведення рідини, фільтруючого елементу та, іноді пристрій для контролю рівня забрудненості фільтроелемента. Рідину, яка очищується, під дією перепаду тиску прокачують через фільтруючий елемент. Очищена рідина проходить через наскрізні пори фільтрувальної перегородки, на якій затримуються забруднення у вигляді осаду. Чим менше розмір пор, тим дрібніші частинки забруднень затримані фільтром. У більшості фільтрів фільтруючий елемент, може бути видобутим із корпусу при засміченні його пор. Фільтрувальні перегородки майже завжди розміщують на різноманітних опорних поверхнях, тому рідина при роботі фільтра повинна рухатися в строго визначеному напрямку, для чого на корпусі фільтра обов'язково наносять стрілку, що вказує напрямок потоку очищуваної рідини.

За способом затримки частинок забруднень фільтроматеріали можуть бути поверхневі, об'ємні і комбіновані. Останні поєднують ознаки двох перших

видів. Типовим прикладом поверхневого матеріалу є плетена металева сітка. Частинки забруднень, розмір яких більше розміру отворів сітки, при прокачуванні рідини затримуються на поверхні сітки.

Об'ємні фільтроелементи виконують із проникного матеріалу значної товщини. Для цього використовують папір, картон, целюлозу, скловолокно, поветь, замшу, сукно, мінеральну вату, пористу кераміку і металокераміку. Рідина очищається, проходячи по вузьких, довгих і звивистих каналах. Особливо добре затримуються в таких фільтроелементах волосоподібні частинки. Об'ємні фільтроелементи утримують частинки найрізноманітніших розмірів, тому що розміри і прохідні перерізи порових каналів менш однорідні, ніж у поверхневих фільтроелементів. Порівняно з поверхневими об'ємні фільтроматеріали мають більш високий гідравлічний опір, забезпечують якісну фільтрацію і володіють великою гряземісткістю, але після накопичення забруднень не можуть бути відновлені.

У комбінованих фільтроелементах спочатку в ході руху рідини встановлюють об'ємний фільтрувальний матеріал, який забезпечує високу гряземісткість, а потім поверхневий, що служить для обмеження максимального розміру частинок, які пропускаються.

Основними характеристиками фільтрів і фільтрувальних матеріалів є такі показники, як тонкість фільтрації, пропускна здатність, гідравлічний опір і термін служби.

Тонкість фільтрації визначається мінімальним розміром частинок забруднювача, утримуваних фільтроелементом. Цей розмір залежить від розміру пор фільтруючого матеріалу. Оскільки визначити розмір порових каналів більшості фільтруючих елементів неможливо через неоднорідність порових каналів, тонкість фільтрації визначають мікроскопічним аналізом проб рідини, взятих перед фільтром і за ним.

Тонкість фільтрації різних фільтрувальних матеріалів визначається коефіцієнтом відфільтровування:

$$\varphi = \frac{n_1 - n_2}{n_2}$$

де  $n_1$  і  $n_2$  – кількість частинок забруднень цього розміру, які містяться в пробі рідини, взятій відповідно перед фільтром і за фільтром.

Значення коефіцієнта відфільтровування  $\varphi$  змінюється від 0 до 1. Чим вище значення коефіцієнта відфільтровування, тим більше частинок забруднення цього розміру затримує фільтр. Наприклад, якщо для частинок розміром 15 мкм значення  $\varphi = 1$ , то це означає, що фільтруючий матеріал затримує всі 100 % частинок зазначеного розміру. Залежність коефіцієнта  $\varphi$  від діаметра частинок називається кривою відфільтровування. Для кожного фільтрувального матеріалу вона визначається експериментально.

Для оцінки розмірів частинок забруднень, утримуваних фільтром, використовують поняття номінальної і абсолютної тонкості фільтрації.

*Абсолютна тонкість* фільтрації визначається максимальним розміром частинок забруднень, виявленого в пробі рідини, взятої за фільтром.

*Номинальна тонкість* фільтрації характеризується розміром частинок забруднень, виявлених в пробі рідини, взятої за фільтром, для якого коефіцієнт відфільтровування дорівнює  $\varphi = 0,97$  (ГОСТ 1.00523–72). Номинальна тонкість фільтрації вказують у паспорті фільтра.

З визначення номінальної тонкості фільтрації випливає, що фільтр із номінальною тонкістю фільтрації 5, 10, 20 мкм може пропускати в систему до 3 % частинок, розмір яких більше зазначеної величини.

Оцінку тонкості фільтрації здійснюють експериментально лише на нових непрацюючих фільтроелементах при визначеній температурі рідини і заданому перепаді тиску. Поступова закупорка пор фільтроматеріала наводить до поліпшення показника тонкості фільтрації.

Залежність витрати рідини, яка проходить через одиницю поверхні фільтрувального матеріалу від перепаду тиску при постійній в'язкості, називають гідравлічною характеристикою фільтроматеріала. Зазвичай гідравлічна характеристика будується за результатами експериментів.

Зі збільшенням прокачування через фільтрувальний матеріал збільшується перепад тиску. Це може призвести до руйнації фільтрувального матеріалу і до збільшення розміру частинок, які мігрують через пористий матеріал. Тому кожний фільтр розраховують на роботу з визначеним прокачуванням рідини. Зазвичай фільтруванню піддають рідини, в яких містяться полідисперсні частинки забруднень, мікрокраплі води, мікропузирчики газів і різноманітні мікроорганізми.

Пальне в умовах аеропортів, як правило, перекачують відцентровими насосами, які мають досить похилу характеристику, тому з визначеним ступенем вірогідності можна вважати, що режим фільтрації здійснюється при постійному перепаді тиску.

Для цього режиму фільтрації забивання пор фільтрувального матеріалу може здійснюватися за одним з наступних законів:

- 1) із повним закупорюванням пор;
- 2) із поступовим закупорюванням пор;
- 3) за проміжним видом;
- 4) з утворенням осаду.

При малих концентраціях забруднень забивання пор може починатися з поступового, проміжного або повного закупорювання пор і після тривалої фільтрації переходити до забивання з утворенням осаду. При великих концентраціях забруднень забивання пор починається аналогічно, але цей процес дуже швидко переходить до забивання з утворенням осаду, тому в ряді випадків початкових видів закупорювання пор можна не помітити. Тоді вважають, що забивання пор відбувається з утворенням осаду.

Для запобігання передчасній заміні фільтроелемента при неповному використанні його "гряземісткості" на фільтрах рекомендується встановлювати манометри або сигналізатори забрудненості, що подають інформацію про досягнення визначеного перепаду тиску.

Сигналізатор забрудненості фільтра може бути виконаний у вигляді індикаторного стрижня або стрілки, висування або відхилення яких свідчать про перепад тиску на фільтрі. Іноді індикатор роблять електричним.

Матеріал фільтроелемента може бути одноразового та багаторазового застосування. До останнього відносяться дротові, сітчасті, пластинчасті, металокерамічні фільтри. Фільтроелементи, виготовлені з паперу, повстени, бавовни, придатні лише для разового застосування. Фільтроелемент, виготовлений із паперу, стає згодом великим і може тріснути вздовж рифлення. З огляду на це, на паперові фільтруючі елементи встановлюють визначений термін зберігання і роботи, після чого його рекомендовано викидати незалежно від досягнутого перепаду тиску.

Для регенерації глибинних фільтрів застосовують продування фільтроелементів стиснутим повітрям, промивку очищувальною робочою рідиною або спеціальною миючою рідиною. Напрямок потоку при цьому встановлюють оберненим до напрямку руху рідини.

Для підвищення ефективності очистки з успіхом застосовують високочастотну механічну вібрацію фільтра разом із потоком рідини, а також промивку в ультразвуковій ванні. Експерименти показали, що ультразвукова очистка відновлює пропускну здатність металокерамічних фільтроелементів до 90 % від номінальної. Для вимивання забруднень, які накопичилися в глибині фільтроелемента, використовують сили, що виникають у момент схлопування кавітаційних пухирчиків при впливі на миючу рідину ультразвукового коливання. При цьому в кавітаційних пухирчиках відбувається місцеве різке підвищення тиску (до декількох десятків мегапаскалів) і температури (до 300-400 °C).

Фільтроматеріали повинні забезпечувати необхідну тонкість фільтрації рідини при високому значенні коефіцієнта відфільтровування, мати високу вібро- і механічну міцність, велику гряземісткість, здатність до багатократної регенерації, не впливати негативно на фізико-хімічні властивості очищуваних рідин і не адсорбувати присадки, які вводяться в рідину (протиспрацьовувальні, антиокиснювальні, антистатичні тощо), не змінювати своїх властивостей під дією фільтрованих рідин, не забруднювати рідину частинками матеріалу, з якого виготовлений фільтр, не коштувати дорого. Застосовувані на практиці фільтроматеріали дуже різноманітні. Кожний із них має свої переваги і недоліки.

### **3. Вибір фільтрів і визначення місця їхнього установа в гідравлічній системі**

Вибір конструкції і місця встановлення фільтра в системі повинний ґрунтуватися на ретельному аналізі, виходячи з необхідного ступеня очистки і вартості.

При виборі фільтра крім таких характеристик, як розмір утримуваних частинок, міцність, пропускну здатність, гідравлічний опір, варто враховувати термін служби фільтра і зручність обслуговування.

Для вибору фільтра потрібно знати такі параметри: необхідний клас чистоти рідини, фізико-хімічні властивості очищуваної рідини, температурний режим експлуатації, робочий тиск, прокачування. Необхідно також мати принципову і монтажну схеми системи, щоб на ній визначити місце встановлення фільтрів.

Характеристика очищуваної рідини необхідна для вибору фільтроматеріалу. Фільтрувальний матеріал не повинний впливати на рідину, так само, як і рідина не повинна впливати на фільтр. Усі ці фактори взаємозалежні і не можуть розглядатися ізольовано один від одного.

Корпус фільтра розраховують на визначений робочий тиск. Доцільно не вибирати фільтри з великим запасом міцності, тому що вони мають великі масу, габарити і вартість.

Не можна допускати збільшення прокачування понад встановлене, тому що це призводить до збільшення гідравлічного опору і зниження ефективності очистки.

Обираючи місце встановлення фільтра, потрібно пам'ятати, що під час експлуатації фільтри періодично обслуговуються: відбувається заміна фільтроелементів, регенерація і зливання відстою, контроль тенічного стану і тощо. Тому місце встановлення фільтрів у системі повинно бути легкодоступним, а фільтр легко-змінним. Технічне обслуговування фільтра повинно виконуватися без демонтажу трубопроводів та інших елементів системи.

При послідовному підключенні в магістраль декількох фільтрів із різноманітною тонкістю фільтрації, що підвищуються по шляху прямування рідини, виникає задача добору фільтрів, які забезпечують максимальну тривалість роботи. Важливо, щоб забруднення всіх фільтрів відбувалося рівномірно, заміна або їхня промивка проводилася одночасно. Це полегшить експлуатацію фільтрів.

Однаковий ресурс усіх трьох фільтрів буде виконуватись при дотриманні умови

$$\frac{\Delta G_1 S_1}{m_1} = \frac{\Delta G_2 S_2}{m_2} = \frac{\Delta G_3 S_3}{m_3},$$

де  $\Delta G_1, \Delta G_2, \Delta G_3$  – відповідно гряземісткість фільтраційного матеріалу першого, другого і третього фільтрів, г/см<sup>2</sup>;  $S_1, S_2, S_3$  – поверхні фільтрації цих фільтрів, см<sup>2</sup>.

Гряземісткість одиниці площі фільтроматеріалу визначають експериментальним шляхом за формулою

$$\Delta G = G_3 - G_ч,$$

де  $G_3$  і  $G_ч$  – відповідно маса забрудненого і чистого фільтраційного матеріалів, віднесена до одиниці площі, г/см<sup>2</sup>.

#### 4. Конструкція фільтрів-сепараторів

Тепер вітчизняна промисловість випускає одноступінчаті фільтри-сепаратори СТ-500-2, СТ-500-3. Фільтри-сепаратори цього типу виконані у вигляді вертикальної циліндричної судини (рис. 1) із кришкою 3. Всередині



корпуса є три концентрично розташовані кошики, на які одягаються фільтрувальний 5 і водовіддільний 6 чохла. Перегородка, яка відділяє воду, виконана із суміші гідрофільних і гідрофобних волокон так називаного волокна Воюцького. Ця суміш складається на 30 % з капронових і на 70 % з бавовняних волокон. У фільтрі–сепараторі перегородка, що відділяє воду, по товщині розділена на дві частини, кожна з яких укладена в оболонку з тканини перкаль марки П, а зовнішня оболонка виконана зі склотканини АСТ–100. Нижня частина чохла закінчується шлейфами 7 трикутної форми.

Таким чином, пальне у фільтрі послідовно проходить такі шари, що фільтрують: склотканина АСТ–100; перкаль П, що відділяє перегородку (волокно Воюцького); два шари перкаля П; волокно Воюцького; перкаль П і склотканину АСТ–100. У фільтрі СТ–500–2М, де є коагулюючий шар з матеріалу ФПП–ДС, що розташований між фільтрувальною і водовіддільною перегородками. Цей захід підвищує тонкість фільтрації й ефективність відділення води. При протіканні пального, механічні домішки затримуються на фільтрувальній перегородці, а мікрокраплі води за рахунок сил адгезії прилипають до гідрофільних волокон, збільшуються і по шлейфах стікають у відстойну зону. Гідрофобне волокно затримує нескоагульовані мікрокраплі води. Пальне, очищене від частинок забруднень і води виходить із фільтра через патрубок 1. Усі модифікації фільтрасепаратора виконані з однаковими габаритно–встановленими розмірами.

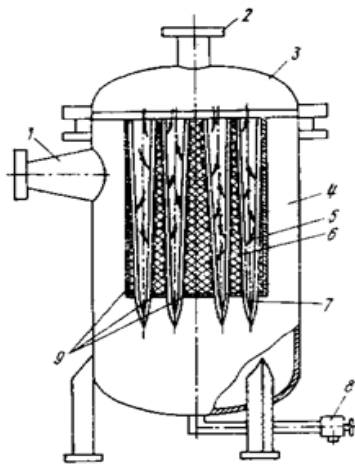


Рис. 1. Конструкція фільтра–сепаратора СТ–500–2: 1–вихідний патрубок; 2–патрубок входу; 3–кришка; 4–корпус; 5–фільтрувальний чохол; 6–водовіддільний чохол; 7–шлейфи; 8–патрубок зливу; 9–каркас

Недоліком описаних фільтрів–сепараторів є те, що перед тим, як потрапити у відстойну зону мікрокраплі води проходять великий шлях у вертикальному напрямку в товщі чохла, що відділяє воду. За час прямуювання краплі можуть знову дробитися і знову коагулюватися. Ця обставина ускладнює процес збездонення.

Фільтрувальний чохол розташований першим з боку потоку палива. Тому на чохол, який відділяє воду, пальне надходить вже очищеним від забруднень. Таке взаємне розташування чохлів підвищує ефективність водовідділення.

Більш ефективно здійснюється очистка пального від механічних домішок і емульсійної води в триступінчастому фільтрі–сепараторі СТ–2500. Фільтр, виконаний з відокремлених один від одного корпусів, сполучених між собою за допомогою патрубків.

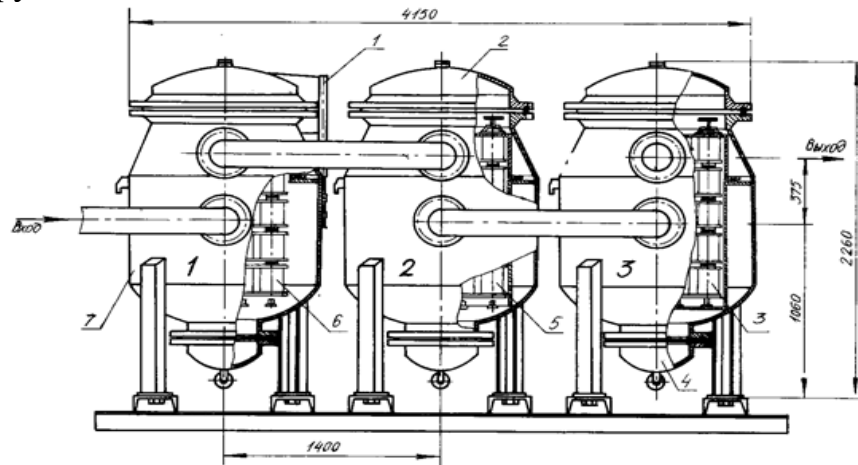


Рис. 2. Конструкція фільтра–сепаратора СТ–2500: 1 – підйомноповоротний устрій; 2 – кришка; 3–фі-льтроелемент 8Д2.966.800; 4 – відстійник; 5 – фільтроелемент 8Д2.966.115; 6 – фільтроелемент 8Д2.966.055; 7–корпус.

Пальне послідовно проходить через фільтрувальну секцію (рис. 2). У першому ступені розміщені елементи, що фільтрують, 8Д2.966.055. Фільтроелементи 6 складаються з двох шарів:перший із паперу АФБ–1к, другий із паперу АФБ–5 , просочені 20-процентним розчином бакелітової смоли в спирті з подальшою полімеризацією. Цей фільтроелемент забезпечує номінальну тонкість фільтрації 5 мкм, абсолютну – 8 мкм. Пропускна здатність одного елемента 85 л/хв.

Другий ступінь фільтра–сепаратора має коагулюючі фільтроелементи 8Д2.966.115. Фільтроелементи 5 складаються з шару ультратонкого скловолокна АТМ–1, двох шарів матеріалу з тонкістю фільтрації 2 мкм і шару паперу АФБ–5. Фільтро–елементи виконані у вигляді гідрофобних циліндрів, що ззовні обернені п'ятьма шарами матеріалу АТМ–1, одним шаром склотканини і закритий перфорованим алюмінієвим циліндром.

Основним призначенням фільтроелементів 5 є коагуляція збільшення мікрокрапель емульсійної води, які міститься в пальному. Відбувається це в товщі матеріалу фільтроелемента. Частинки, які скоагулювалися, розміром 100 мкм і більше, стікають у відстійник 4. Частинки забруднення також можуть затримуватися у фільтроелементах цього ступеня. Гофровані елементи третього водовідштовхувального ступеня складаються з одного шару капронової тканини, просоченої кремнієорганічною рідиною, одного шару паперу АФБ–5 і вестви капронової сітки (канви).

Фільтр складається з трьох самостійних, однакових по конструкції корпусів 7 із кришками 2. У кожному корпусі встановлено по 50 фільтроелементів 4, 5, 6. Для забезпечення піднімання кришки 2 при обслуговуванні фільтра–сепаратора на ньому є підйомно–поворотний пристрій 1. Впровадження цього фільтра цілком задовольняє сучасні вимоги, які

висуваються до очистки пального від механічних домішок і води. Фільтр має і достатню пропускну здатність. Кожний ступінь фільтра має по два манометру, що забезпечують контроль тиску палива у фільтрі і перепад тиску на ньому. Для зручності обслуговування фільтра-сепаратора навколо нього споруджується естакада з огороженням.

На сьогодні для фільтрації авіаційного пального розроблений двоступінчатий фільтр паливний–водовіддільник ФТВ–1500 (рис. 3). Він складається з корпусу 2 і кришки 4, патрубків входу 7 і виходу 1 пального. Фільтрована рідина надходить на перший щабель фільтрації через патрубок 7. Цей ступінь фільтрації складається з двадцяти фільтроелементів 8Д2.966.115. Потім пальне надходить на другий ступінь фільтрації, який складається також із двадцяти фільтроелементів 8Д2.966.800.

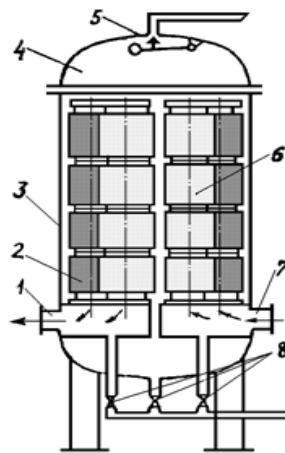


Рис. 3. Схема фільтра ФТВ–1500: 1– патрубок виходу рідини; 2 – корпус; 3 – фільтроелементи другого щабля; 4 – кришка; 5 – автоматичний клапан випуску повітря; 6 – фільтроелемент першого ступеня; 7 – патрубок уходу рідини; 8 – крани сливу води

На вхідному і вихідному патрубках є дискові затвори, а на кришці змонтований поплавковий кран автоматичного випуску повітря. У нижній частині фільтра розташовані крани 8 випуску відстойної води. Фільтр оснащений двома манометрами для вимірювання перепаду тиску на фільтруючих елементах обох ступенів.

Висока тонкість фільтрації, невеликі габарити і маса фільтра забезпечують йому широке застосування для очистки авіаційного палива від механічних домішок і води в стаціонарних і рухомих системах заправки повітряних судів і складів ПММ аеропортів.

Сучасна система наземного паливозабезпечення на складах ПММ відповідно до прийнятого технологічного процесу прийому, зберігання, видачі авіапалива на заправку і заправки повітряних суден, відповідно до інструкцій, умовно містить три зони:

I – прийом, попередня очистка і зберігання авіапалива;

II – основна очистка і видача авіапалива в паливозаправникі (ПЗ) або централізовану систему заправки літаків (ЦЗЛ);

III– очистка авіапалива фільтрами заправних засобів і заправка його в систему ПС.

Передбачені також такі заходи, спрямовані на попередження влучення забруднень у паливо під час його руху від нафтопереробного заводу до споживача:

- формування груп відстійних і роздавальних резервуарів із плаваючими паливоприймачами, пристроями для відкачування відстою;
- встановлення повітряних фільтрів на резервуарах, цистернах, баках ПС;
- герметизація процесів перекачування палива і заправки для захисту від пилу і вологи;
- застосування стійких матеріалів або антикорозійних покриттів усередині резервуарів на складах ПММ у пальноприймальних системах ПС;
- періодичне вилучення забруднень, які накопичилися, із резервуарів, їхня очистка і промивка.

У лініях зливу реактивного палива з залізничних цистерн застосовують фільтри типу ФГН із чохлами з нетканого матеріалу в два шари.

При роботі фільтрів–сепараторів у його відстійній зоні накопичується відокремлювальна вода. Для запобігання влучення води у фільтрат, цю воду необхідно регулярно зливати. Це можна здійснювати автоматично. Суть роботи такого пристрою заснована на поплавковому датчику кількості води, яка зібралася. Поплавок повинен мати об'ємну густину менше, ніж густина води і більше ніж густина гасу. При цьому поплавок буде завжди знаходитися на поверхні поділу води і гасу. В міру накопичення води поплавок підіймається і через систему тяг відкриває клапан зливу. Після зливу визначеної частини води з відстійної зони фільтра поплавок опускається, а клапан зливу води закривається.

Застосовувана в цивільній авіації технологія очистки палива і інших ПММ від механічних домішок забезпечує необхідну чистоту. Проте матеріальні витрати на очистку палива і експлуатації систем фільтрації є достатньо високими. У зв'язку з цим завжди є актуальними питання створення нових вискоєфективних засобів і технологій очистки авіаційного палива на підприємствах ЦА. Найбільш перспективною очисткою нафтопродуктів є очистка в силових полях.

Силові очищувачі порівняно з механічними фільтрами мають незначний гідравлічний опір і можуть виконуватися в термостійкому варіанті, але, як правило, мають велику вагу і потребують спеціальне джерело енергії.

## **5. Фільтроматеріали.**

Матеріал фільтроелемента може бути одноразового та багаторазового застосування. До останнього відносяться дрітові, сітчасті, пластинчасті, металокерамічні фільтри. Фільтроелементи, виготовлені з паперу, повстени, бавовни, придатні лише для разового застосування. Фільтроелемент, виготовлений із паперу, стає згодом великим і може тріснути вздовж рифлення. З огляду на це, на паперові фільтруючі елементи встановлюють визначений

термін зберігання і роботи, після чого його рекомендовано викидати незалежно від досягнутого перепаду тиску.

Для регенерації глибинних фільтрів застосовують продування фільтроелементів стиснутим повітрям, промивку очищувальною робочою рідиною або спеціальною миючою рідиною. Напрямок потоку при цьому встановлюють оберненим до напрямку руху рідини.

Для підвищення ефективності очистки з успіхом застосовують високочастотну механічну вібрацію фільтра разом із потоком рідини, а також промивку в ультразвуковій ванній.

Фільтроматеріали повинні забезпечувати необхідну тонкість фільтрації рідини при високому значенні коефіцієнта відфільтровування, мати високу вібро- і механічну міцність, велику гряземісткість, здатність до багатократної регенерації, не впливати негативно на фізико-хімічні властивості очищуваних рідин і не адсорбувати присадки, які вводяться в рідину (протиспрацьовувальні, антиокиснювальні, антистатичні тощо), не змінювати своїх властивостей під дією фільтрованих рідин, не забруднювати рідину частинками матеріалу, з якого виготовлений фільтр, не коштувати дорого. Застосовувані на практиці фільтроматеріали дуже різноманітні. Кожний із них має свої переваги і недоліки.

Пористістю фільтроматеріала  $\Pi$  називається частка його загального обсягу, що припадає на пори:

$$\Pi = \frac{V_{\Pi}}{V_{\text{фм}}},$$

де  $V_{\Pi}$  – обсяг пор;  $V_{\text{фм}}$  – обсяг фільтраційного матеріалу.

Закони очистки нафтопродуктів у фільтрах ґрунтуються на загальній теорії фільтрації рідин у пористому середовищі. Будь-який матеріал, що фільтрує, містить пори – проміжки, розподілені більш-менш рівномірно в середовищі. Пори бувають наскрізні – пронизуючі об'єм пористого тіла наскрізь; сліпі – відкриті тільки з однієї сторони і закінчуються усередині пористого тіла; а також внутрішні – пори, що не сполучаються з зовнішньою поверхнею пористого тіла.

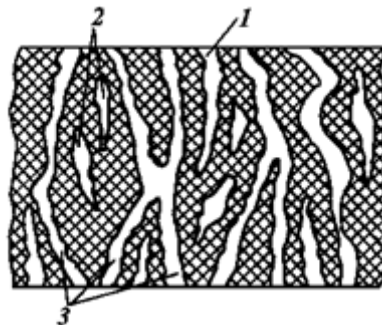


Рис. 4. Види пор: 1 – сліпі; 2 – внутрішні; 3 – наскрізні

Пористий простір, що складається з наскрізних пор, є ефективним простором пористого матеріалу, від величини котрого, а також розміру пор і

характеру їхнього розподілу залежать фільтраційні властивості пористих матеріалів.

Поровий простір, зайнятий внутрішніми і сліпими порами, не бере участь у процесі фільтрації і рахується неефективним простором пористого середовища.

Сумарний обсяг зовнішніх і наскрізних пор можна визначити шляхом вимочування фільтрувального матеріалу в добре змочувальній його рідині, тоді коефіцієнт зовнішньої шпаристості буде визначатися:

$$\Pi_1 = \frac{V_{\text{сл}} + V_{\text{ск}}}{V_{\text{пм}}} = \frac{G_{\text{мокр}} - G_{\text{сух}}}{\rho_{\text{ж}} V},$$

де  $\Pi_1$  – коефіцієнт зовнішньої пористості;  $V_{\text{сл}}$  – обсяг сліпих пор;

$V_{\text{ск}}$  – обсяг наскрізних пор;  $G_{\text{мокр}}$  – вага мокрого фільтроматеріалу;  $G_{\text{сух}}$  – вага сухого фільтроматеріалу;  $\rho_{\text{ж}}$  – густина змочувальної рідини.

Встановити співвідношення між об'ємами наскрізних, внутрішніх і сліпих пор практично неможливо, а тому під пористістю розуміють ефективну пористість фільтрувального матеріалу, яка залежить від типу матеріалу та технології його виготовлення. Наприклад, папір, призначений для виготовлення грошей, має дуже низьку пористість, яка дорівнює 1,0–1,5 %, пористість фільтрувальних паперів лежить у межах 60–70 %. Пористість фільтрувального матеріалу з тонкошерстяного волокна – 70–85 %, із деревинно-волокнистого матеріалу 42–92 %, металокераміки з зернами діаметром 0,1–2 мм – до 30–45 %.

Пористість залежить від структури матеріалу і може в процесі роботи фільтра змінюватися через накопичення в порах частинок забруднень, набухання волокон, збільшення тиску рідини, деформації і зсуву матеріалу під дією перепаду тиску.

Фільтроелементи можуть бути різних видів. Сітчасті фільтроелементи найбільш поширені. Для їхнього виготовлення застосовують дріт із корозійностійкої сталі, фосфористої бронзи, латуні, нікелю і з неметалевих матеріалів. Тонкість фільтрації визначаються розміром комірки у світлі.

Для підвищення тонкості фільтрації іноді сітки прокатують, що призводить до зменшення розміру пор. Так, наприклад, при плющенні сітки 004 номінальний розмір комірок у світлі зменшується з 40 до 20 – 30 мкм. Для цієї ж мети на сітку наносять гальванічне покриття. Для підвищення гряземісткості фільтри іноді виготовляють із декількома шарами сіток, розмір яких зменшують за потоком рідини.

В останні роки з'явилися сітки саржевого переплетіння, що дозволяють одержувати більш тонку фільтрацію, ніж сітки квадратного переплетення. Така сітка більш щільна й еластична. Номінальна тонкість фільтрації саржевих сіток досягає 10 мкм. Для зменшення розмірів комірок їх також можна прокатувати. Отримані в такий спосіб сітки забезпечують номінальну тонкість очистки до 2 – 3 мкм.

Широко розповсюджені фільтроелементи, виконані з нікелевої сітки саржевого плетіння 80/720 із тонкістю фільтрації 12–16 мкм. Фільтроелементи, виконані із сітки, зазвичай виготовляють у вигляді циліндра, кінці якого закріплюють в обойми фальцюванням, паянням або роликівим

зварюванням. За рахунок гофрування сітки збільшується поверхня фільтрації і жорсткість фільтроелемента.

Сітки мають порівняно малий гідравлічний опір, добре протистоять пульсації тиску, вібрації, перевантаженням, мають високу механічну міцність. Вони зручні в експлуатації, тому що легко промиваються.

Усі поверхневі фільтроматеріали порівнянно з об'ємними мають малу гряземісткість і не здатні затримувати частинки, розмір яких менше за розміри пор фільтроелементів.

Широко застосовують щілинні дотові фільтроелементи, які виготовляють шляхом навивання дроту на циліндричний перфорований, який має гвинтову нарізку. Між витками утворюються фільтруючі щілини, розмір яких залежить від кроку навивання дроту. Дріт може бути круглого і фасонного перерізу. Іноді на дроті через визначену відстань роблять місцеві стовщення, наприклад, трапецієподібні виступи, які перешкоджають прилягання витків. Мінімальний розмір щілини досягає 20 мкм.

Пластинчасті фільтроелементи виготовляють шляхом набору великої кількості тонких пластин, між якими встановлюють хресто- або зіркоподібні проставки. Товщина проставок визначає розмір фільтруючої щілини. Пластинчасті фільтри, які випускає промисловість, мають номінальну тонкість фільтрації 80 – 200 мкм, тому застосовують їх в основному для грубої очистки рідини. Пластинчасті фільтри зазвичай постачають пристроєм для вилучення осаду з фільтроелемента без його виймання з корпусу. Очистка фільтроелемента здійснюється скребками, які приводять в дію поворотом рукоятки, розміщеної на корпусі фільтра.

Металокерамічні фільтроелементи виготовляють із порошків металів і сплавів із частинками як сферичної, так і несферичної форми. Матеріалом для виготовлення порошків можуть бути вуглецеві і корозійностійкі сталі різних марок, нікель, монель, мідь, бронза, титан тощо. Порошки засипають у жорсткі пресформи, відпресовують або прокачують, потім спікають при температурі, яка дорівнює 0,55–0,96 температури плавлення металу. Тонкість фільтрації залежать від розміру гранул порошку, тиску пресування і можуть змінюватися від 3 до 100 мкм. Виготовляють їх у вигляді дисків втулок, стаканів.

В останні роки як фільтраційний матеріал знайшли широке застосування листові матеріали ФНС–5, які виготовляють з порошку хромонікелевої сталі несферичної форми. Цей матеріал має задовільну віброміцність, стійкість до теплових навантажень, забезпечуючи номінальну тонкість фільтрації 5 мкм. Фільтроелементи з ФНС–5 дозволяють здійснювати десятикратну регенерацію в ультразвукових установках.

Паперові фільтроелементи виготовляють із деревної целюлози або бавовняних волокон і для підвищення механічної міцності й еластичності просочують фенольною або епоксидною смолою. Номінальна тонкість фільтрації паперових фільтроелементів 2 – 35 мкм. Фільтроелементи працездатні в діапазоні температур від мінус 55 до плюс 135 °С. Фільтрувальний папір кріпиться на каркас для того, щоб він міг витримувати

великий перепад тиску. Всі паперові фільтроелементи – одноразового застосування.

Тканинні фільтроелементи виготовляють із батисту, шовку, фільтродіагоналя, капрону, нейлону, склотканин.

Фільтраційні властивості тканин залежать від будови. Чим тонкіші волокна і нитки, тим кращі фільтраційні властивості тканини. Часто для поліпшення тонкості фільтрації тканини у фільтроелементи укладають у декілька шарів, але це знижує пропускну здатність. Досяжна тонкість фільтрації тканинним фільтроелементом – 1 мкм.

У фільтрах, що використовують тканини, передбачена можливість швидкого демонтажу і монтажу фільтрувального елемента, для його заміни, після засмічення частинками забруднень. Фільтро-пакет, як правило, разової дії. Найчастіше фільтри з тканинними елементами використовують для очистки пального.

Фільтроелемент із нетканого матеріалу являє собою волокнисту шар з хаотичним розташуванням волокон. Товщина шару досягає декількох міліметрів. Фільтроелемент із нетканих матеріалів виконують у вигляді набивки в металевий або тканинний корпус войлока, товстого картону, паперової і дерев'яно-волокнистої маси та ін. Досяжна тонкість фільтрації 10 – 15 мкм. Фільтроелементи з нетканого фільтрувального матеріалу мають велику гряземісткість, але всі вони разового використання і після засмічення регенерації не підлягають.

Незважаючи на розмаїття фільтрувальних матеріалів, які застосовуються для виготовлення фільтроелементів, вони все ж не можуть повністю вирішити задачу тонкої очистки рідин. Це пояснюється такими основними недоліками, що органічно властиві фільтроматеріалам:

- труднощі одержання множини стабільних за розмірами капілярних каналів малого діаметра; наприклад, у фільтрах тонкої очистки розмір порових каналів повинен дорівнювати 2 – 5 мкм;

- невелика гряземісткість і малий ресурс (особливо для фільтроматеріалів, що забезпечують високу тонкість очистки);

- мала пропускну здатність і великий гідравлічний опір;

- недостатня міцність і пластичність;

- погане відновлення властивостей багатьох пористих середовищ при промиванні;

- міграція забруднень і частинок фільтроматеріалів до очищуваної рідини;

- висока вартість фільтрів, яка забезпечують тонку фільтрацію при великій витраті рідини через фільтр.