

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ А.Г. Галстян
« ____ » _____ 2020р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»

освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних
енергоресурсів»

**Тема: «Вплив електричних і магнітних полів на електризацію авіаційних
палив»**

Виконавець: студентка групи АП 204 М Ємець Ірина Олексіївна

Керівник: _____ к. т. н, доц., Трофімов Ігор Леонідович

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Халмурадов Б.Д.

Консультант розділу «Охорона навколишнього

середовища» _____ Гай А.Є.

Нормоконтролер: _____ Максимюк М.Р.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»
ОПП «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Г. Галстян

« _____ » _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Ємець Ірини Олексіївни

1. Тема роботи: «Вплив електричних і магнітних полів на електризацію авіаційних палив» затверджена наказом ректора від «02» жовтня 2020 р. № 1897/ст

2. Термін виконання роботи: з 5 жовтня 2020 року по 31 грудня 2020 року.

3. Вихідні дані до роботи: аналітичні дані щодо електризації авіаційних палив, статична електрика, трибоелектрика, безпека заправки, безпека польоту

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ.

Розділ 1. Аналіз інформаційних джерел.

Розділ 2. Методи та засоби наукових досліджень.

Розділ 3. Експериментальні дослідження впливу електричних і магнітних полів на електризацію авіаційних палив.

Розділ 4. Охорона праці

Розділ 5. Охорона навколишнього середовища.

Висновки.

Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	5 жовтня - 20 жовтня 2020р	
2.	Опрацювання літературних джерел з даної теми	21 жовтня - 25 жовтня 2020р	
3.	Проведення експериментальних досліджень.	26 жовтня – 17 листопада 2020р	
4.	Обробка експериментальних даних	18 листопада – 5 грудня 2020р	
5.	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці.	6 грудня – 9 грудня 2020р	
6.	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації.	10 грудня – 23 грудня 2020р	
7.	Захист дипломної роботи	24 грудня 2020р	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.ф-м.н., доц. Гай А.Є.		
Охорона праці	к.м.н., доц. Халмурадов Б.Д.		

Дата видачі завдання: «5» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи _____ к.т.н., доц. Трофімов І. Л.

Завдання прийняла до виконання _____ Ємець І. О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Вплив електричних і магнітних полів на електризацію авіаційних палив»: 115 с., 26 рис., 3 табл., 58 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: трибоелектричні та електролітичні процеси, що супроводжують появу подвійних електричних шарів та розподіл зарядів на межі поділу рідина–тверде тіло.

Мета роботи: дослідження впливу магнітних та електричних полів на електризацію авіаційних палив.

Методи дослідження: Метод «Esso».

В даній кваліфікаційній роботі досліджено вплив електричних та магнітних полів на електризацію палив.

Результати дипломної роботи рекомендується використовувати під час проведення навчального процесу.

Ключові слова: АВІАЦІЙНЕ ПАЛИВО, ЕЛЕКТРИЧНІ ПОЛЯ, МАГНІТНІ ПОЛЯ, ВУГЛЕВОДНЕВІ РІДИНИ, ЕЛЕКТРИЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

	Ст
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. . АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	13
1.1. Аналіз авіаційних палив, що використовуються в Україні.....	17
1.2. Електризація авіаційних палив під час їх використання.....	21
1.3. Аналіз сучасних теорій та експериментальних досліджень електризації діелектричних рідин.....	24
1.4. Вплив електричних і магнітних полів на стан вуглеводневих палив.....	54
1.5. Висновки до 1 розділу.....	57
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	58
2.1. Вибір досліджуваних середовищ.....	58
2.2. Вибір методики дослідження електризації вуглеводневих рідин.....	59
2.3. Вибір методики оброблення авіаційних палив електричними і магнітними полями.....	66
2.4. Висновки до розділу.....	70
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ЕЛЕКТРИЗАЦІЮ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВ.....	71
3.1. Дослідження електризації авіа палива JET A-1 під час течії у трубах та крізь фільтри.....	71
3.2. Дослідження впливу електричних і магнітних полів на електризацію авіа палива JET A-1.....	81
3.3. Висновки до розділу.....	86
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	89
4.1. Аналіз умов праці.....	89
4.1.1. Організація робочого місця.....	89
4.1.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	90

4.1.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	90
4.1.3.1. Мікроклімат приміщень.....	90
4.1.3.2. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	90
4.1.3.3. Природне та штучне освітлення.....	91
4.1.3.4. Електробезпека.....	91
4.2. Розробка заходів з охорони праці.....	92
4.2.1. Нормалізація повітря робочої зони.....	92
4.3. Пожежна безпека.....	93
4.4. Розрахункова частина.....	93
4.5. Висновки до розділу.....	95
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	97
3.4. Небезпека електромагнітного поля	98
3.5. Вплив електромагнітного поля на людину.....	100
3.6. Вплив електромагнітного поля на тварин.....	104
3.7. Висновки до розділу.....	105
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ	
ДЖЕРЕЛ.....	110

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

КМТ – криогенне метанове паливо

СПГ – стиснений природний газ

ПММ – паливно-мастильні матеріали

ММ – мастильні матеріали

ЕМП – електромагнітне поле

НЧ – діапазони низьких частот

СЧ – діапазони середніх частот

ВЧ – діапазони високих частот

ДВЧ – діапазони дуже високих частот

УВЧ – діапазони ультрависоких частот

НВЧ – діапазони надвисоких частот

НЗВЧ – діапазони надзвичайно високих частот

ВСТУП

Дуже парадоксальним є те, що деякі фізичні явища відомі людині з дуже давніх пір, у даний час є найменш вивченими. До таких явищ можна віднести статичну електризацію, перші згадування про яку виявляються у Фалеса Милетського близько 2500 років тому.

Власне з класичного досвіду по електризації янтарю об вовну почалося вивчення електрики, з цього досвіду починається наше знайомство з ним у школі. Але, навіть у цьому простому випадку, механізм електризації дотепер цілком не вивчений. Довгий час існувала думка про безперспективність практичного застосування цього явища, що надовго остудило до нього інтерес дослідників.

Інтенсивне вивчення електризації почалося на початку ХХ століття, коли, у зв'язку з бурхливим технічним прогресом, почали виявлятися неприємні наслідки утворення електростатичних зарядів: вибухи, пожежі, нещасливі випадки. Відомо досить багато таких подій у різних областях промисловості: хімічної, текстильної, целюлозо-бумажної, гумової, у хірургічних клініках, вугільних шахтах, на транспорті і багатьох інших. За приблизними оцінками, збиток який наносить статична електрика лише на підприємствах США, що мають справу з пилом різних речовин, складає близько 100млн. доларів у рік. Найбільшу небезпеку електризація представляє в галузях промисловості пов'язаних з виробництвом і споживанням великої кількості легкозаймистих вуглеводневих рідин. Вибухи і пожежі на нафтопереробних заводах Ейвонмуте, Північної Італії, Роттердамі, танкерах, резервуарах, - далеко не повний перелік всіх неприємностей пов'язаних з електризацією нафтопродуктів, проте достатньо даючий ясне представлення про її небезпеку і необхідність розробки радикальних методів боротьби. Не випадково одними з перших почавших систематичне вивчення електризації нафтопродуктів, з'явилися найбільші нафтові фірми "Шелл" і "Esso", що створили цільові лабораторії для вивчення причин виникнення статичної електризації і розробки методів боротьби з нею [1].

По визначенню ДСТУ 7302:2013 „Статична електрика. Терміни та визначення основних понять ” термін „статична електрика” означає сукупність явищ, пов’язаних з виникненням, збереженням і релаксацією вільного електричного заряду на поверхні й в об’ємі діелектриків і напівпровідників, виробів на ізолюваних (у тому числі диспергованих (лат. *dispergo* - розсіювати; порошки, емульсії) у діелектричному середовищі) провідниках [2].

Електризація матеріалів часто перешкоджає нормальному ходу технологічних процесів виробництва, а також створює додаткову пожежну небезпеку внаслідок іскровиникнення при розрядах при наявності в приміщеннях, резервуарах і ангарах пальних паро- і газо-повітряних сумішей.

В авіації електризація пильно-мастильних матеріалів ставить свої специфічні проблеми [3]. Авіація є одним з найбільших споживачів рідких вуглеводневих палив. Так у 2002 році споживання вуглеводневих палив у США для військових цілей знаходилося в наступних пропорціях: авіаційні палива - 19,3 млн. тонн; автомобільний бензин, дизельні й інші види палив - 5,7 млн. тонн; флотські палива - 8,8 млн. тонн [4], споживання реактивного палива приблизно 8 млн. тонн. Безупинно зростає об’єм палива заправляемого в один літак. Витрата палива на один політ досягає 90 тис. літрів для СТС Concorde [5] і 150 тис. літрів для ХВ-70, також досить великі об’єми палива потребує і сучасна вітчизняна авіація: „Ан-124”, „АН-225”; „Іл.-96-319”, „Ту-154”, „Іл-86” – Росія, що при існуючому обмеженні швидкості накачування [6] приводить до значного простою літакового парку на землі. Опублікована досить велика кількість випадків вибухів і пожеж паливозаправників, бензозаправників [7]. Присутні випадки загоряння літаків. Застосовувані в авіації палива є дуже чистими речовинами, які володіють високими діелектричними властивостями. З всіх вуглеводневих рідин вони мають найбільшу схильність до електризації. Вимога високої чистоти палив обумовлює застосування в заправних лініях фільтрів, сепараторів-водовідділювачів і інших пристроїв, що сприяють значному посиленню електризації. У 1959 році в більшості найбільших закордонних аеропортів було введено централізовану

заправку літаків, яка сьогодні є найголовнішою системою заправки літаків 1-2-го класів аеропортів.

Високопродуктивні насоси й устаткування дозволяли робити заправку великого літака за 20-25 хвилин. Найбільш вдалим елементом системи вважався запатентований фільтр тонкого очищення з волокнистих пластиків з колосальною пропускною здатністю (3-4 тис. л/хв), високим ступенем очищення і малою вартістю. Однак у момент заправлення літаки почали загорятися. Натурні іспити, проведені фірмою "Шелл", швидко знайшли основного винуватця пожеж - фільтр тонкого очищення. Виявлено випадки загоряння сітки в перекачувальному насосі літака [3], а так само прогоряння фільтрувального папера у фільтрі бензозаправника [7]. Вибухи і пожежі від статичної електрики спостерігаються і в даний час, незважаючи на всі прийняті проти неї міри та заходи. Кожна нова подія практично не має собі аналогів у минулому, що свідчить про складність і багатогранність розглянутої проблеми.

Але сьогодні в всьому світі виникла гостра проблема з енергоносіями вуглеводневого походження, енергоносії з кожним роком вичерпуються і дорожчають, в зв'язку з цим дорожчає і електрична енергія, отримання якої завдає також шкоди навколишньому середовищу. Науковці всіх країн працюють над створенням альтернативного палива в порівнянні з паливом вуглеводневого вмісту, а також над пошуком альтернативних видів енергії.

Тож багатійше джерело електричної енергії – статична електрика не може оставатися без уваги науковців, а проблеми які виникли на ринку енергоносіїв заставляють науковців не боротися зі статичною електрикою, а працювати над способами корисного її застосування.

Актуальність теми. Актуальність теми дипломної роботи обумовлена необхідністю розвитку теорії і практики дослідження електризації авіаційних палив, зокрема, дослідженням впливу магнітних та електричних полів, якими стабілізують експлуатаційні властивості палив, на появу електризації в них.

Принципи електролітичного розподілу зарядів на межі розподілу рідина–тверде тіло є фундаментальною основою теоретичних і експериментальних

досліджень трибоелектричних процесів. Контакткування поверхонь тертя і діелектричних рідин в цілому, а їхніх атомів і молекул зокрема в трибоелектричних процесах розглядається з позиції електролітичної взаємодії.

В нашому випадку доцільно буде вивчати статичну електрику точніше трибоелектрику, яка виникає в трубопроводах та технологічному обладнанні при терті об їх поверхні діелектричної рідини (в нашому випадку це: нафта, дизельне пальне, авіакеросини, різного роду оливи, бензини).

Мета дипломної роботи полягала у дослідженні впливу магнітних та електричних полів на електризацію авіаційних палив.

Для вирішення поставленої мети потрібно було вирішити **основні завдання**:

1. Дослідити взаємозв'язок експлуатаційних властивостей, режимів поверхонь тертя (рідина–тверде тіло) від умов експлуатації та власне від їх якісних характеристик.

2. Здійснити аналіз сучасних теорій та експериментальних досліджень електризації авіаційних палив.

2. Дослідити закономірності впливу складу авіаційних палив і методів їх обробки магнітними та електричними полями на розподіл зарядів і електрофізичні властивості.

4. Розробити математичну чи фізичну моделі з урахуванням процесів, що супроводжують розподіл зарядів в діелектричних рідинах.

Об'єктом дослідження в роботі є трибоелектричні та електролітичні процеси, що супроводжують появу подвійних електричних шарів та розподіл зарядів на межі поділу рідина–тверде тіло.

Предмет роботи: закономірності впливу складу авіаційних палив і методів їх обробки магнітними та електричними полями на розподіл електростатичних зарядів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

Авіаційне паливо - горюча речовина, що вводиться разом з повітрям в камеру згоряння двигуна літального апарату для отримання теплової енергії в процесі окислення киснем повітря (спалювання). Ділиться на 2 типи - авіаційний бензин і гас. Бензин застосовуються, як правило, в поршневих двигунах, гас - в турбореактивних [8].

Також відомі розробки дизельних поршневих авіаційних моторів, які використовували дизельне паливо, а в даний час - гас.

На даний момент через прогресуючий дефіцит нафти шукаються способи для заміни нафтового авіаційного палива, в тому числі розглядаються варіанти палив: синтетичне, кріогенне (включаючи рідкий водень), кріогенне метанове паливо (КМТ) та інші [9].

Будь-який авіаційний двигун розраховується під певний тип (сорт) палива, на якому він видає необхідні параметри по потужності, надійності, ресурсу, і рекомендовані аналоги палива, на яких допускається, як правило, обмежена експлуатація, з втратою ряду характеристик двигуна.

Основна область застосування авіаційного бензину - паливо високонавантажених поршневих двигунів внутрішнього згоряння. Основний спосіб виробництва авіаційного бензину - пряма перегонка нафти, каталітичного крекінгу або риформінгу без добавки або з добавкою високоякісних компонентів, етилової рідини і різних присадок.

Для авіабензину основними показниками якості є:

- детонаційна стійкість (визначає придатність бензину до застосування в двигунах з високим ступенем стиснення робочої суміші без виникнення детонаційного згоряння);

- фракційний склад (говорить про випаровуваності бензину, що необхідно для визначення його здатності до утворення робочої паливо-повітряної суміші; характеризується діапазонами температур википання (40-180 (°) С) і тисків насичених парів (29-48 кПа));

- хімічна стабільність (здатність протистояти змінам хімічного складу при зберіганні, транспортуванні та застосуванні) [10].

Класифікація авіаційного бензину ґрунтується на їх антидетонаційній властивості, виражених в октанових числах і в одиницях сортності.

Сорти радянського авіаційного бензину раніше маркірувалися по системі: буква Б і через дефіс - цифра, що позначає октанове число. Як приклад, в СРСР в 1950-х рр. випускалися авіаційні бензини - Б-59, Б-70, Б-74, Б-78б та Б-78г, причому дві останніх розрізнялися за хімічним складом, що позначали літери після цифри: б - це з бакинських родовищ нафти, а г - з грозненських.

Надалі для підвищення октанового числа в бензин вводилася антидетонаційна присадка:

- продукт Р-9 (тетраетилсвинець - 55%, бромистий етил - 35%, моноклорнафталін - 10%, червоний барвник);

- продукт В-20 (тетраетилсвинець - 55%, бромистий етил - 35%, дихлоретан - 10%, синій барвник);

Присадка додавалася за обсягом від 1 до 4 см³ / літр.

Бензин з присадкою мав маркування:

- на основі Б-59: 1Б-59 (73), 2Б-59 (78), 3Б-59 (81), 4Б-59 (82)

- на основі Б-70: 1Б-70 (80), 2Б-70 (85), 3Б-70 (87), 4Б-70 (88)

- на основі Б-74: 1Б-74 (85), 2Б-74 (88), 3Б-74 (90), 4Б-74 (92)

- на основі Б-78: 1Б-78 (87), 2Б-78 (92), 3Б-78 (93), 4Б-78 (95)

- де цифра перед буквою Б означає обсяг кількості присадки в см³ на літр бензину. У дужках число показує підсумкове октанове число суміші бензину з присадкою.

Також готувалися паливні суміші, з додаванням в бензин бензолів і ізооктану, з октановим числом 95:

Суміш №1: 60% Б-70, 20% ізооктана і 20% неогексан.

Суміш №2: 60% Б-70, 20% Алкілбензоли і 20% неогексан.

Суміш №3: 60% Б-70, 32% ізооктана і 8% изопентана.

З поширенням турбореактивних двигунів виробництво авіаційного бензину було значно скорочено. До кінця 20-го століття у виробництві залишалися етилований бензин Б-91/115 і Б-95/130, які маркуються по ГОСТ 1012-72 через дріб: у чисельнику - октанове число або сортність на бідній суміші, в знаменнику - сортність на багатій суміші. Потім виробництво цього бензину в деяких країнах було повністю припинено, а парк легкомоторної авіації почав використовувати автомобільний бензин АІ-95 або імпортований бензин AVGAS 100LL.

Також залишилося виробництво бензину Б-70, який довгий час застосовувався в якості пального для турбостартера двигунів літаків типу Ту-16, Ту-22, МіГ-21 і ряду ін. В даний час цей бензин в основному застосовується при технічному обслуговуванні техніки в якості розчинника.

Гас - фракція нафти, що википає в основному в інтервалі температур 200-300 °С.

Реактивне паливо, паливо для авіаційних реактивних двигунів - це як правило, газові фракції, одержувані прямою перегонкою з малосірчистих (наприклад, Т-1) і сірчистих (ТС-1) нафт.

В даний час прямоперегонного авіаційного палива мало, широко застосовується гідроочищення і добавка присадок.

Гас застосовується для побутових цілей як пічне і моторне паливо, розчинник лаків і фарб. Реактивне паливо застосовується як пальне для газотурбінних двигунів літаків і вертольотів цивільної та військової авіації, і крім того, паливо на борту повітряного судна також може використовуватися в якості теплоносія або холодоагенту (паливно-повітряні і паливно-масляні радіатори), і в якості робочої рідини гідросистем (наприклад, управління перетином реактивного сопла двигуна).

Також реактивне паливо широко застосовується як розчинник при технічному обслуговуванні повітряних суден, при очищенні від забруднень ручним або машинним способом (наприклад, в ультразвукової установки для очищення фільтрів в якості робочої рідини застосовується авіагас).

Авіаційне реактивне паливо проходить в цілому до 8 ступенів контролю якості[9].

Для реактивного палива основними показниками якості є:

- масова і об'ємна теплота згоряння;
- термостабільність палива;
- тиск насичених парів;
- кінематична в'язкість;
- сумісність з конструкційними і ущільнювальними матеріалами;
- нагарні і протизносні властивості;
- електропровідність;
- кислотність.

Широкофракційні сорти реактивного палива виготовляються з залученням в переробку бензинових фракцій нафти. Для отримання деяких сортів реактивних палив (Т-8В, Т-6) в якості сировини застосовуються вакуумний газойль і продукти вторинної переробки нафти [10].

Реактивне паливо на 96-99% складаються з вуглеводнів, в складі яких розрізняють три основні групи [9]:

- парафінові;
- нафтеніві;
- ароматичні.

Крім вуглеводнів в реактивному паливі в незначних кількостях присутні сірчисті, кисневі, азотисті, металоорганічні з'єднання і смолисті речовини. Їх зміст в реактивних паливах регламентується стандартами.

У Росії і країнах СНД, що експлуатують радянську авіатехніку, використовуються наступні типи авіаційного палива:

- ТС-1 в РФ здійснюється згідно з ГОСТ 10227-86 з зм. 1-6.
- прямогонна фракція 150-250 С °, або суміш прямогонних і гідроочищених фракцій (основним обмеженням є зміст загальної сірки і меркаптанової не більше 0,2% і 0,003%).

За своїми характеристиками області застосування приблизно відповідає закордонному гасу Jet-A. Є резервним по відношенню до палива РТ. РТ - високоякісне паливо, нафтова фракція 135-280 С° з повною гідроочищення. Вміст сірки: загальної - 0,1%, меркаптанової - 0,001%. У зв'язку з гідрокрекінгом паливо «сухе», тобто має низькі змащувальні властивості. У процесі виробництва в нього вводяться антиокислительная і антизносні присадки. Призначено для турбореактивних дозвукових і деяких надзвукових літаків (Су-27, Ту-22М3 і ін.), А також як резерв палива ТС-1. Зарубіжних аналогів для даного палива немає.

Т-6 і Т-8В - термостійке реактивне паливо для двигунів деяких надзвукових літаків (наприклад, МіГ-25). Виробляються за дуже складною технологією з гідроочищення і введенням присадок [11].

1.1. Аналіз авіаційних палив, що використовуються в Україні.

Як відомо, авіаційний керосин — це супутній продукт виробництва нафти. Технологічно, для того щоб отримати 1 т авіаційного керосину, потрібно 7–8 т нафти. Якщо не вдаватися в подробиці процесу, то при первинній переробці сиру нафту звільняють від пластової води, а потім вже переганяють за допомогою сучасного обладнання. Оскільки авіаційний керосин має більш високу якість, процес його перегонки складний з технологічного погляду.

Авіаційний керосин є основним паливом для польотів реактивних лайнерів. Найпоширенішими на території України є три основні марки цього авіапалива: ТС-1, РТ і, з недавнього часу, JetA-1. Перші два активно використовуються в нашій країні. JetA-1 — європейське пальне, тільки нещодавно з'явилося в Україні, у зв'язку з відмінностями норм на окремі показники якості. Методи їх визначення не дозволяють вважати українські палива повністю відповідними закордонним.

Вимоги до палива марки JetA-1 встановлюються Державним стандартом ДСТУ 4796:2007 «Паливо для авіаційних газотурбінних реактивних двигунів Jet A-1. Технічні характеристики». Проте не зважаючи на деякі відмінності між ними, їх змішують у баку літака при здійсненні дозаправлення в європейських

аеропортах, а в січні 2012 р. їх дозволили змішувати і в резервуарах аеропортів [12].

Відповідно про внесення змін до Закону України «Про заборону ввезення і реалізації на території України етилованого бензину та свинцевих добавок до бензину» допускається ввезення на територію України авіаційного бензину марки «Avgas 100 LL» обсягом не більше 1000 т протягом календарного року. Експлуатація легкомоторної поршневої авіації України на будь-якому іншому паливі є порушенням технічних умов, і за вимогами міжнародних угод та стандартів у галузі цивільної авіації має бути забороненою їх подальша експлуатація. Авіаційний бензин «Avgas 100 LL» є стандартним авіаційним паливом з високим октановим числом, яке досягається шляхом включення свинцевого компонента до його складу. Цей тип палива застосовується на порівняно невеликих літаках з поршневими авіаційними двигунами в авіації загального призначення. За інформацією основного виробника «Avgas 100 LL» у Європі шведської компанії Hjelmsco Oil, на сьогодні Hjelmsco «Avgas 100 LL» містить свинець на рівні 0,45 г/л і відповідає ДСТУ 1012-72 «Міждержавний стандарт. Бензини авіаційні. Технічні умови». На сьогодні день концерном ГАЛНАФТОГАЗ України проводяться сертифікаційні роботи для впровадження на ринку України авіаційного бензину AVGAS 91/96UL, який не містить у своєму складі свинцю [13].

Практично все авіапаливо, що використовується в українських аеропортах, можна назвати імпортом — питання лише в тому, на якому етапі воно завозиться в Україну. Відаємо, що в Україні власні запаси копалин покривають не більше 15 % потреби в сирій нафті. Інші 85 % надходять у нашу країну по нафтопроводах з Росії і частково з Казахстану. З цієї нафти виробляються нафтопродукти в Україні, в тому числі і авіаційне паливо. Крім того, авіаційний керосин може ввозитися в уже готовому вигляді. Враховуючи загальну динаміку розвитку галузі нафтопереробки, частка імпортованого готового палива для польотів постійно зростає, а от власне виробництво падає [14].

Ще зовсім недавно потреба в авіаційному паливі в Україні задовольнялася за рахунок внутрішньої переробки. Цим займалися кілька українських нафтопереробних заводів. У 2010 р. з 350 тис. т, спожитих всією українською авіаіндустрією, більше 330 тис. т були вироблені всередині країни.

Однак у 2011 р. ситуація кардинально змінилася. Частка виробленого авіапалива різко знизилася. Представники Лисичанського НПЗ заявили про збитковість виробництва авіаційного керосину для внутрішніх потреб. На сьогодні дане підприємство покриває лише 10 % від потреб своїх клієнтів у авіапаливі за рахунок власного виробництва. Те саме сталося і з Кременчуцьким НПЗ, що належить ПАТ «Укртатнафта». На Одеському НПЗ до останнього часу теж займалися виробництвом авіаційного керосину, причому за власною розробленою і запатентованою технологією. Однак через низьку рентабельність дане виробництво було припинено.

Виробництво палива стало не вигідним, оскільки ціни на український керосин набагато вище, ніж на аналогічну продукцію в ряді європейських аеропортів.

Для України, яка не має достатніх власних запасів нафти та газу, пошук, розширення виробництва та використання альтернативних джерел енергії й палив має особливе значення. Найбільш перспективними альтернативними видами палива для авіаційних та інших видів транспорту нині є біоетанол, біодизельне паливо і стиснений природний газ (СПГ). У найближчій перспективі можуть використовуватися зріджений природний газ, синтетичні бензини і дизельне паливо, а в майбутньому можна очікувати на широке застосування водню і енергетичних установок з паливними елементами [15]. За Законом України «Про альтернативні палива» основними принципами державної політики України у сфері альтернативних видів палива є:

– сприяння розробці та раціональному використанню нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини для виробництва (видобутку) альтернативних видів палива з метою економії паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту;

– поетапне збільшення нормативно визначеної частки виробництва і застосування біопалива та сумішевого палива моторного. Вміст біоетанолу в бензинах моторних, що виробляються та/або реалізуються на території України, становитиме:

- у 2013 р. рекомендований вміст не менш як 5 відсотків (об'ємних)
- рекомендований уміст не менш як 5 % (об'ємних); у 2014–2015 рр.
- обов'язковий уміст не менш як 5 % (об'ємних); з 2016 р.
- обов'язковий уміст не менш як 7 % (об'ємних);
- зменшення негативного впливу на стан довкілля за рахунок використання як сировини для виробництва альтернативних видів палива відходів різного роду діяльності, додержання екологічної безпеки виробництва (видобутку), транспортування, зберігання та споживання альтернативних видів палива;

– підтримка розвитку науково-технічної бази виробництва (видобутку) альтернативних видів палива, пропаганда науково-технічних досягнень у цій сфері;

– підтримка підприємництва у сфері альтернативних видів палива на основі державного захисту інтересів підприємця;

– пропаганда серед населення економічних, екологічних, соціальних та інших переваг виробництва (видобутку) і споживання альтернативних видів палива;

– розвиток міжнародного науково-технічного співробітництва, широке використання можливостей світової науки і техніки у сфері альтернативних видів палива;

– запобігання штучному створенню монополій на ринку альтернативних видів палива, а у разі визнання в установленому законодавством порядку природних монополій здійснення контролю за їх діяльністю, недопущення зловживань монопольним становищем та обмеження монополізму [16].

1.2. Електризація авіаційних палив під час їх використання

Електризація палив становить велику небезпеку в експлуатації як одна з серйозних причин, що викликають пожежі. Аналогічно тому, як при терті скляної палички об вовняну тканину виникають заряди статичної електрики, так і при терті палива об метал, а також про шовкові і вовняні тканини відбувається електризація палива.

У реальних технологічних схемах закачування вуглеводневих палив в витратні резервуари та баки фільтр, як правило, встановлюється в безпосередній близькості перед резервуаром. Тому в резервуар паливо надходить сильно наелектризованим.

Причиною електричних іскрових розрядів поблизу поверхні розділу фаз паливо-повітря може стати в тому випадку, коли в обсязі рідини накопичуються заряди електростатичної електрики, різниця потенціалів яких може досягти великої величини і перевищити пробивну напругу.

Зрив пароповітряної паливної суміші через надмірне скупчення статичної електрики виникає лише за певних умов. До їх числа відносяться наступні:

1. Накопичення електричного заряду достатньої величини.
2. Наявність над рідким паливом пароповітряної суміші, в якій паливні пари будуть перебувати в межах вибухонебезпечних концентрацій.
3. Електричний розряд повинен бути настільки потужним, щоб викликана ним іскра стала джерелом вибуху пароповітряної паливної суміші [14].

Виникнення цих умов визначається численними факторами, частина яких залежить, від фізико-хімічної характеристики палив, а частина - від умов їх експлуатації (перш за все від умов зберігання, чистоти, швидкості перекачування, перемішування та ін.).

Пожежна безпека палив визначається головним чином їх температурою спалаху. Саме цей показник покладено в основу класифікації палив багатьох країн. Температура спалаху визначається межами википання палив, а отже, їх фракційним складом. Вибухонебезпечні концентрації пароповітряної паливної

суміші також залежать від фракційного складу палив. Для авіаційних палив межі вибухонебезпечних концентрацій зі збільшенням висоти польоту (зниження атмосферного тиску) будуть зміщуватися в бік більш низьких температур.

Електризація палив різко зростає зі збільшенням швидкості їх пересування по трубах, розпилювання з утворенням капельно - і пароповітряної суміші. При низьких температурах багато паливопідвідні матеріали стають більшою мірою діелектриками (наприклад, гнучкі шланги), завдяки чому в ємність паливо надходить з великим електричним зарядом.

Великий вплив на ступінь електризації палива надає вода. Паливо, що містить невелику кількість розчиненої води, практично не електризується. Також на електризацію палива впливають такі фільтруючі матеріали, як пористий фторопласт, бавовняні тканини і неткані матеріали, папір. Найменший вплив на процес електризації палив при фільтруванні надають металеві сітки і склотканина. Зі збільшенням швидкості прокачування палива збільшується електризація палива. З підвищенням температури повітря зменшується небезпека електризації палива; небезпека скупчення зарядів статичної електрики взимку більше, ніж влітку.

Матеріал труб щодо впливу на електризацію палива розташовується в наступному порядку по спадаючій величині заряду: залізо (сталь), мідь, алюміній, свинець, скло.

При складанні диференціальних рівнянь, що описують електризацію палив, передбачалося, що в паливах присутні іони тільки одної валентності, провідність рідини постійна незалежно від ступеня електризації, молекулярна дифузія позитивних і негативних іонів однакова, будь-який розподіл турбулентних пульсацій не впливає на провідність і тому може не враховуватися.

У той же час, не знайдено залежність ступеня електризації палива від таких електричних властивостей фільтруючих матеріалів, як питомий опір, питома об'ємна електропровідність і інші, тому вказаний показник визначають тільки прямим методом, причому при порівняльних випробуваннях кількох матеріалів температура палива, його забрудненість, а також вологість навколишнього

повітря повинні залишатися постійними, так як ці показники істотно впливають на ступінь електризації палива при фільтруванні.

Для зниження електризації палив для реактивних двигунів, особливо в умовах підвищення швидкості заправки важких багатомісних літаків з великим запасом пального, розроблені спеціальні антистатичні присадки до палив. Якщо збільшити її до 35 - 50 ПСМ, що утворюються заряди статичної електрики дуже швидко стікають на заземлені металеві деталі, і небезпека розряду і вибуху практично зникає. Розроблено спеціальні речовини, додавання яких в невеликій концентрації різко збільшує електричну провідність палив. За кордоном застосовують трикомпонентну антистатичну присадку ASA-3, яка складається з суміші хромових солей моно - і діалкілсаліцилових кислот і кальцієвої солі ефіру бурштинової кислоти зі стабілізатором.

Призначення антистатичних присадок полягає в зменшенні небезпеки утворення зарядів статичної електрики в вуглеводневих паливах при операціях, пов'язаних з інтенсивним тертям: перекачування, перемішуванні і ін. На практиці ці присадки необхідні при заправці літаків реактивним паливом. Особливо велика небезпека загоряння при роботі з глибокогідрогенізованими паливами, майже не містять гетероатомних з'єднань - природних антистатиків. Антистатичні присадки можуть бути корисні при закачуванні малосірчистих палив в танкери, яку здійснюють з великою швидкістю. Для авіаційних палив може бути використана присадка Сігбол.

Робочі концентрації антистатичних присадок невеликі і складають тисячні і навіть десятитисячні частки відсотка. При цьому досягається питома електрична провідність, рівна 50-600 мСм / м, яка забезпечує необхідну безпеку і не створює перешкод роботі паливовимірювальної апаратури. При такій малій концентрації має сенс вводити присадку в паливо тільки при безпосередній необхідності, так як при зберіганні і транспортуванні присадка може сорбіруватися на металевих поверхнях і її концентрація знизиться до нуля.

1.3. Аналіз сучасних теорій та експериментальних досліджень електризації діелектричних рідин.

Трибоелектрика (від грецьк. *tribos* - тертя), явище виникнення електричних зарядів при терті. Спостерігається при взаємному терті двох діелектриків, чи напівпровідників металів різного хімічного складу чи однакового складу, але різної щільності, при терті металів об діелектрики, при терті двох однакових діелектриків, при терті рідких діелектриків один об одного чи об поверхню твердих тіл і ін. При цьому електризуються обоє тіл; їхні заряди однакові по величині і протилежні за знаком. Рідкі діелектрики, це рідини, питомий електричний опір яких перевищує 10¹⁰ ом см. В електричному полі рідкі діелектрики, як і тверді, характеризуються поляризацією і діелектричними втратами; в сильних полях - має місце пробій. Електропровідність рідких діелектриків обумовлена іонами, утвореними внаслідок дисоціації власних і сумішних молекул рідини. Пробій рідких діелектриків у сильному електричному полі в основному пов'язаний із забрудненнями, які містить рідина.

Рідкі діелектрики мають велике значення в електротехніці й у лабораторній практиці. Вони мають більш високу електричну міцність, діелектричну проникність і питому теплопровідність в порівнянні з повітрям чи іншими газами при тиску, близькому до атмосферного. Тому при видаленні повітря з пір у волокнистій чи іншій пористій ізоляції і заповненні їх рідкими діелектриками припустима робоча напруга електричних пристроїв підвищується. Аналогічний ефект досягається при заливанні рідких діелектриків корпусів трансформаторів, конденсаторів, блоків радіоапаратури.

Виникнення електростатичних зарядів обумовлене наступними умовами, які можна вважати необхідними: наявність одного з механізмів утворення зарядів; течіння, розпилення, дроблення і т.д.; наявність умов для їхнього нагромадження; утворення електростатичного полю з максимальною напруженістю на одній з ділянок, що перевищує пробивну напруженість середовища на цій ділянці; наявність вибухонебезпечної концентрації пар у місці пробію; утворення

іскрового пробою з енергією, більшої мінімального значення енергії запалення даного середовища. Достатньою умовою є одночасне існування всіх зазначених вище умов. Кожний із зазначених факторів є складною функцією зовнішніх впливів, конструкції устаткування, електрофізичних властивостей рідини. Приблизно по таких же напрямках розвивалося вивчення електризації рідин. У даний момент ми маємо досить чітку картину умов виникнення статичної електрики в діелектричних рідинах у залежності від різних факторів: фізичних властивостей самої рідини, температури і тиску [14].

Досліджено характеристики розрядів в вуглеводневих парах [17]. Розроблено методики розрахунку електростатичних полів, правда для найпростіших випадків, що дають значний збіг з результатами експерименту [18]. У протиположності цьому, питання про умови утворення і нагромадження зарядів є поки білою плямою. Спроби теоретично обґрунтувати електризацію рідин привели до астрономічних розбіжностей з даними експерименту. Причому не зовсім ясно, що більш помилково: основні допущення, покладені в основу теорії, методика експерименту, чи те й інше разом. Всі можливі механізми зарядження можна класифікувати на наступні групи:

1. Електризація при контакті з твердою поверхнею: а) при течії рідини в трубах; б) при фільтрації; в) при осадженні зважених часточок; г) при дробленні від удару об тверду поверхню.
2. Електризація при контакті з рідиною, що незмішується.
3. Електризація при контакті з газом: а) розпилення рідини в газі; б) барботування рідини газом.

Вирішальними при експлуатації діелектричної рідини виявляються два механізми: утворення заряду при течії по трубах і фільтрації. Дослідженнями деяких авторів установлена якісна картина поведінки палива в цих випадках, на підставі яких можна зробити наступний висновок: електризація діелектричних рідин визначається трьома факторами - фізичними властивостями рідини, конструктивними особливостями устаткування і комплексом зовнішніх умов. Дослідження електризації рідини звичайно проводилися в комплексі, тобто без

винятку якого-небудь з цих факторів. У результаті висновки, отримані з такого роду експериментів різними авторами часто суперечать один одному. Так неодноразово висловлювалося припущення про те, що матеріал пристроїв практично не робить впливу на ступінь електризації [19]. Однак практичні результати показують зворотнє [20].

Багатьом відомий той факт, що від політетрафторетиленових шлангів довелося відмовитися через значне утворення електростатичних зарядів. Мінливість результатів експериментальних вимірів дозволила Клинкенбергу зробити висновок про відсутність у рідин такої властивості як схильність до електризації [18]. На наш погляд такий висновок представляється помилковим чи, принаймні, передчасним, тому що сама по собі „мінливість вимірів” у першу чергу характеризує недосконалість методики вимірів. Важко заперечувати той факт, що в однакових умовах різні рідини електризуються неоднаково. Це дає підставу припускати, що така властивість рідин існує і може бути визначена при наявності відповідного інструмента. Концепції, покладені в основу явища, роблять непоясненим той факт, що чисті вуглеводні не електризуються. Приведені вище приклади не є переліком всіх протиріч і невідповідностей, а лише коротка ілюстрація недосконалості наших знань у даній області. По визнанню багатьох дослідників вивчення питання статичної електризації, і не тільки рідин, знаходяться в стадії нагромадження експериментального матеріалу [20].

Електризація діелектричних рідин пов'язана з появою подвійних електричних шарів на поверхнях розділу двох рідких середовищ чи на межах поділу рідина - тверде тіло. При терті рідин об метали в процесах плину чи розбризкування при ударі тертя виникає за рахунок електролітичного поділу зарядів на границі метал - рідина. Електризація при терті двох рідких діелектриків - наслідок існування подвійних електричних шарів на поверхні розділу рідин з різними діелектричними проникностями, рідина з більшої діелектричною проникливістю заряджається позитивно, а з меншої - негативно (правило Коэна).

На поверхні поділу тверде тіло-рідина, у результаті процесів адсорбції утворюються подвійні електричні шари. Природа сил у кожному шарі різна і залежить від властивостей твердої поверхні і рідини.

При фізичній адсорбції діють сили Ван-дер-Ваальса: індукційні, орієнтаційні чи дисперсійні. У цьому випадку адсорбуються переважно атоми і молекули (рис.1.1а), у малому ступені може здійснюватися перехід електронів. Енергія взаємодії для малих відстаней зворотно пропорційна відстані R (1.1), а для великих відстаней - r (1.2) [21].

$$W = \frac{\pi d^2 e^2 n}{2r} \quad (1.1)$$

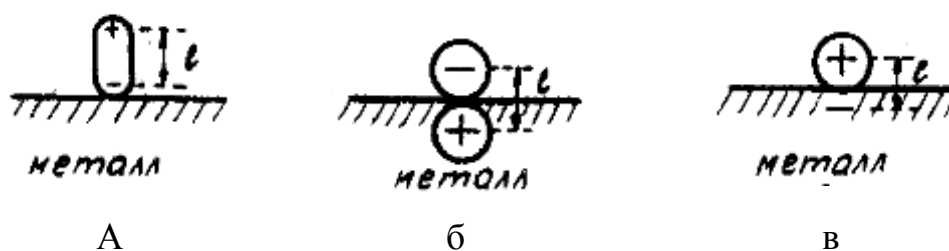


Рис.1.1. Схематичне зображення трьох граничних випадків взаємодії в процесі адсорбції рідини на поверхні твердого тіла: а) фізична адсорбція; б) слабка хемосорбція; в) сильна хемосорбція.

$$W = \frac{e^2 \alpha}{16r^3} \left(\frac{h^2 n}{\pi m_e \varphi} - \frac{C_s}{r_s} \right) \quad (1.2)$$

Адсорбція полярних молекул подібна адсорбції індукованих диполів (рис. 1.1. а). Енергія їхньої взаємодії з поверхнею дорівнює:

$$W = \frac{\mu^2}{16r^2} (1 - \cos \beta) \quad (1.3)$$

У випадку хемосорбції діють обмінні (рис. 1.1 б) чи гетерополярні сили (рис. 1.1 в). Обмінні сили утворюються усупільненням адсорбентом і адсорбатом парів електронів. Такий вид адсорбції називають слабкою хемосорбцією чи ковалентною адсорбцією. Енергія взаємодії складається з енергії кулоновської взаємодії й обмінної енергії [22]:

$$W = \frac{1}{2}(W_{mv} + W_{jk}) + 23,6(\chi_{mv} - \chi_{jk})^2 \quad (1.4)$$

Гетерополярні сили пов'язані з передачею електрона від металу до адсорбованого атома чи навпаки. У такий спосіб на поверхні утворюється шар іонів, який індукує на поверхні металу шар протилежного заряду. Такий вид адсорбції називають сильною хемосорбцією чи іонною адсорбцією. Енергія взаємодії визначається силами електричного відображення і виражається співвідношенням (1.5.а), у випадку коли метал є акцептором електронів, чи (1.5.б) якщо метал є донором електронів У залежності від властивостей рідини і поверхні, структура подвійних шарів буде визначатися тими чи іншими силами чи їхньою сукупністю.

$$W = -(I - \varphi)e + \frac{e^2}{4d} \quad (1.5.a)$$

$$W = (S - \varphi)e + \frac{e^2}{4d} \quad (1.5.б)$$

Відповідно до теорії Гельмгольца-Перрена [21], подвійний шар становить собою плоский конденсатор, однією обкладкою якого є поверхня твердого тіла з адсорбованими на ній іонами одного знаку, іншою - шар іонів протилежного знака, розташованих у рідині (рис.1.2). Потенціал при переході від твердої поверхні в рідину змінюється лінійно, а величина поверхневого заряду однієї обкладки визначається співвідношенням (1.6):

$$\sigma_s = \frac{\varepsilon_0}{4\pi} \frac{1}{k} \psi_0 \quad (1.6)$$

Товщина такого шару $1/k$ має один порядок з адсорбованими іонами ($\sim 10^{-10}$ м). Ця модель не враховує теплового руху молекул. Цей фактор враховується моделлю Гуї-Чепмена [22], у якій обкладка, що знаходиться в рідині представляє дифузійний заряд, розподілений за законом Больцмана (рис.1.3). Під товщиною подвійного шару $1/k$ розуміють відстань від центра ваги диффузно розподіленого заряду до твердої поверхні (1.7):

$$\frac{1}{k} = \sqrt{\frac{kT\epsilon_0}{2C_i\phi Z_i^2}} \quad (1.7)$$

Поверхневий заряд σ_s дорівнює диффузно розподіленому заряду σ_α і пов'язаний з ψ_0 відношенням (1.8):

$$\sigma_s = -\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{2\epsilon_0 kT C_i}{\pi}} S_h \frac{2eZ_i\psi_0}{kT} \quad (1.8)$$

Ця модель дає значно перекручений результат при досить високому ψ_0 . Розбіжність пояснюється тим, що іони в цій моделі прийняті еквівалентними крапковим зарядам. Внаслідок цього, заряд при зменшенні $1/k$ прагне до бескінечності. Ця модель була модифікована Штерном і Грехемом [23], які прийняли, що іони не можуть наблизитися до стінки на відстань δ меншу чим радіус іона (рис.4). На цій відстані δ потенціал змінюється лінійно. В області від δ до $1/k$ зміна потенціалу таке ж як і в моделі Гуї-Гепмена.

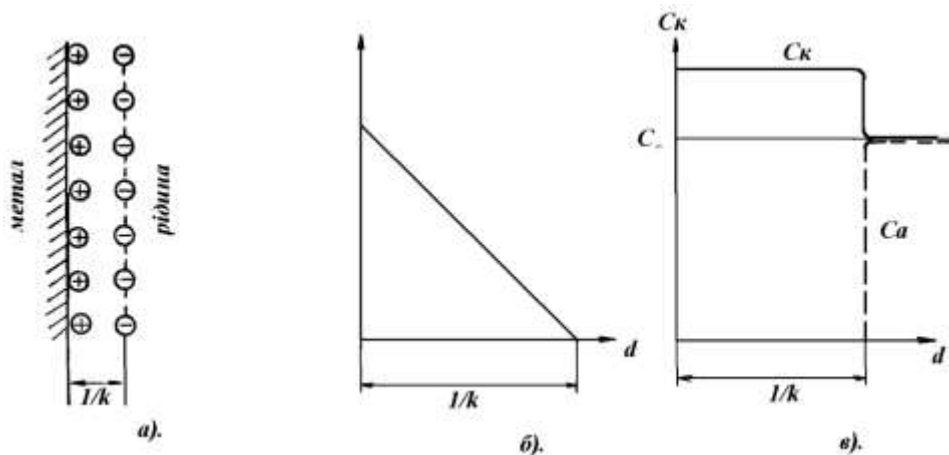


Рис.1.2. Модель електричного подвійного шару Гельмгольца- Перрена: а) розподіл зарядів в шарі; б) залежність потенціалу від відстані; в) розподіл катіонів (Ск) і аніонів (Са) в подвійному шарі.

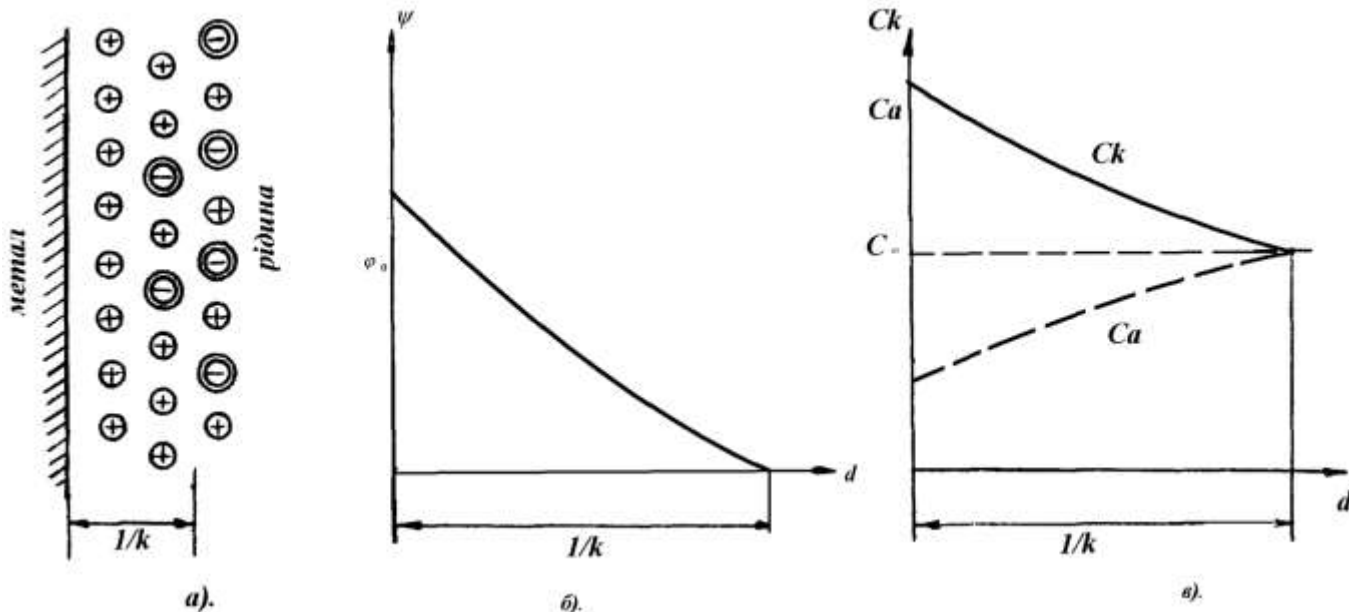


Рис.1.3. Модель подвійного шару Гуї-Чепмена: а) розподіл зарядів в шарі; б) залежність потенціалу від відстані; в) розподіл катіонів (Ск) і аніонів (Са) в подвійному шарі.

Щільність поверхневого заряду виражається (1.9):

$$\sigma_s = \frac{S_\delta}{4\pi} \left(\frac{\psi_0 - \psi_\delta}{\delta} \right) \quad (1.9)$$

Теорія Дебая-Хюккеля [21], враховує, що при іонній адсорбції на поверхні металу виникає шар індукованих зарядів. У залежності від типу адсорбованого іону розрізняють два випадки: подвійний шар утворюється специфічно адсорбованим катіоном (рис.1.5.а), чи аніоном (рис.1.5.б). Як видно з малюнків, потенціал на відстані δ від поверхні при наявності специфічної адсорбції може мати знак протилежний потенціалу металу. При відсутності специфічної адсорбції

одержуємо розподіл зарядів подібний моделі Штерна-Грехема. Подібна картина розподілу потенціалу в подвійному шарі спостерігається й у випадку адсорбції не іонів, а полярних молекул. При умовах, спонукаючих адсорбцію молекул, останні можуть витиснути іони рідинної обкладки подвійного шару з поверхні металу, змусивши їх розташуватися на більшій відстані. У формулу (1.7) входить концентрація іонів, тому нею користуватися незручно. Виведена Френкелем Я.Б. формула для оцінки товщини подвійного шару, ґрунтується на тих же фізичних представленнях і має вид (1.10):

$$\frac{1}{k} = \sqrt{D\tau} \quad (1.10)$$

Коефіцієнт дифузії D для низьков'язких рідин може бути прийнятий $\sim 10^{-2}$ м²/сек. Час релаксації τ визначає час утворення подвійного шару.

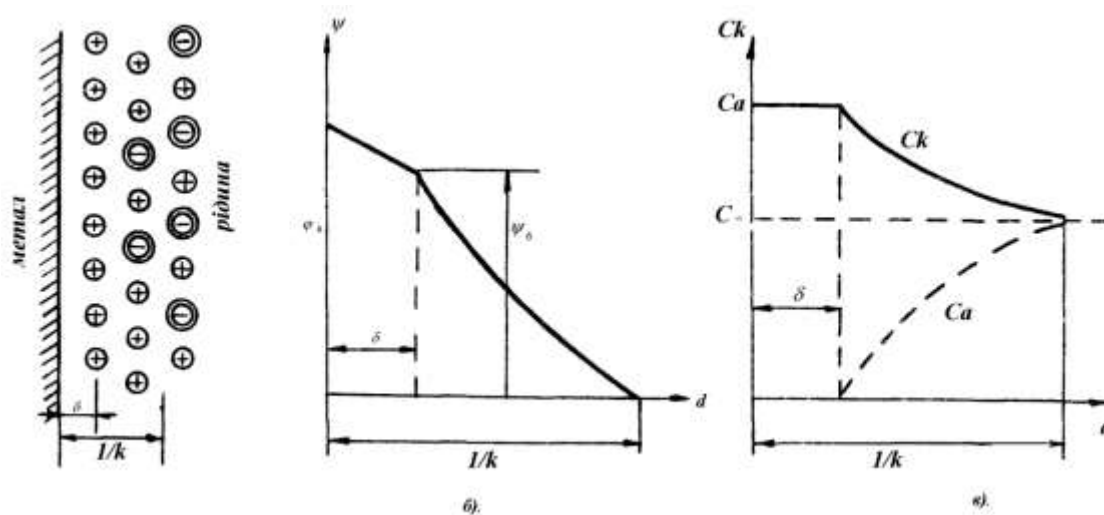


Рис.1.4. Модель електричного подвійного шару Штерна-Грехема: а) розподіл зарядів в шарі; б) залежність потенціалу від відстані; в) розподіл катіонів (C_k) і аніонів (C_a) в подвійному шарі.

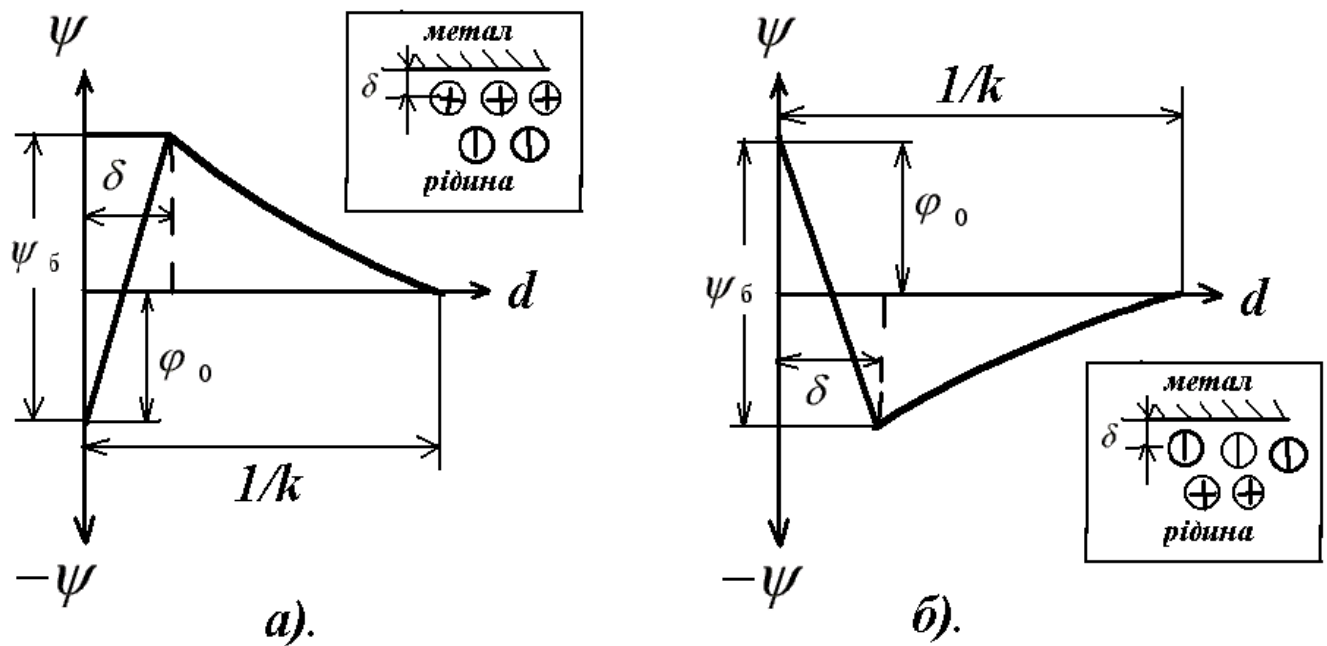


Рис. 1.5. Модель подвійного шару Дабая-Хюккеля: а) при наявності специфічної адсорбції катіонів; б) при наявності специфічної адсорбції аніонів.

Час формування подвійного шару для 0,1п., 0,01п. і 0,001п. розчинів одновалентних електролітів складає $\sim 10^{-9}$, 10^{-8} і 10^{-7} сек. Ємність подвійного шару характеризується величиною $\sim 0,2 \text{ ф}^2/\text{м}^2$. Товщина шару від границі до площини ковзання $\sim (10-60)10^{-10}\text{м}$. Електрокінетичний потенціал $\sim 0,01 - 0,1\text{В}$. Можлива щільність заряду оцінена Лебом $\sim 0,02 - 0,2 \text{ к}/\text{м}^2$ [24].

Для вуглеводнів порядок цих величин інший. Товщина подвійного шару для вуглеводнів із провідністю від 0,1 до $1000 \cdot 10^{-12} \text{ см}^{-1}\text{м}$ змінюється від 420 до 4,2 мкм [25]. Час релаксації вимірюється секундами і хвилинами. Електрокінетичний потенціал має порядок 0,01 - 0,1В [24].

На рис. 6 приведений розподіл щільності заряду в трубі для двох співвідношень товщини подвійного шару і радіуса труби [25]. Видно, що зі зменшенням відношення радіуса труби до товщини подвійного шару відстань, на яку поширюється заряд, збільшується. Аналітичне вираження залежності щільності заряду і потенціалу від відстані стінки труби дається співвідношеннями (1.11, 1.12) [24]:

$$\psi = \xi \frac{I_0(kr)}{I_0(kR)} \quad (1.11)$$

$$\sigma_\alpha = -\frac{\varepsilon\eta^2\xi}{4\pi} \frac{I_0(kr)}{I_0(kR)} \quad (1.12)$$

Там же Бауманс дає зв'язок між властивостями рідини $\varepsilon, \gamma, \eta, T$ і товщиною подвійного шару $1/k$ (1.13):

$$\frac{1}{k} = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k T}{24\pi\eta\xi_i}} \quad (1.13)$$

Радіус іона типу ξ_i має порядок декілька ангстрем.

За умови якщо ξ_i має один порядок з розмірами молекул рідини і для них виконується закон Стокса, рівність (1.13) переходить у рівність (1.10).

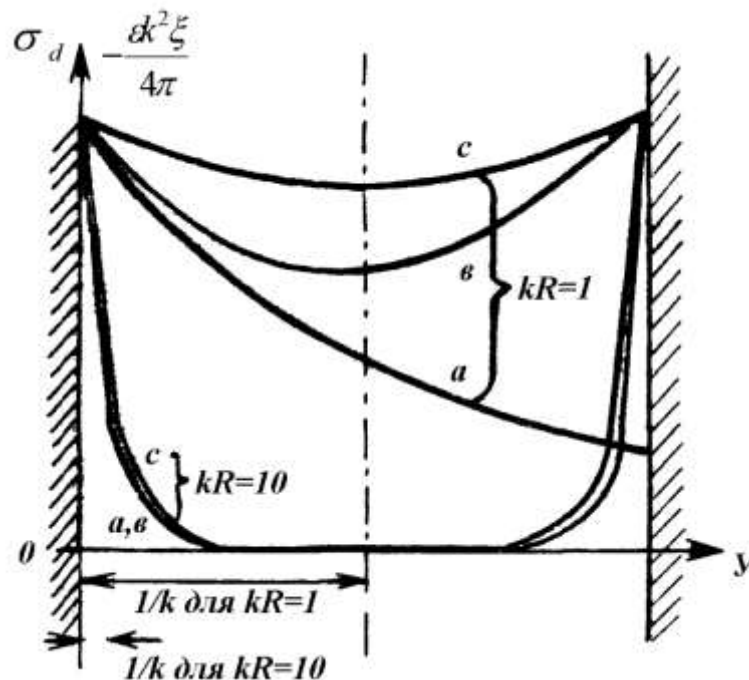


Рис.1.6. Розподіл заряду біля плоскої поверхні (а), між двома рівнобіжними стінками (б) і в круглій трубі (с).

Розглянуті вище поняття відносяться до стаціонарного стану, тобто для випадку коли тверда поверхня і рідина нерухомі. У динамічному стані характер

течії повинний впливати на розподіл зарядів у подвійному шарі. Автори [53] прийшли до висновку, що дета-потенціал Гельмгольца повинен бути пропорційний лінійній швидкості рідини.

Представлення про розширення подвійного шару викладені у Ван Дейка, Купера, Клинкендерга і Бауманса [25]. Бауманс запропонував простий критерій, який дозволяє оцінити співвідношення товщини подвійного шару і грузлого підшару. Якщо час, за який елемент об'єму рідини переміщається на відстань рівну товщині подвійного шару, значний в порівнянні з часом релаксації рідини, тобто гідродинаміка течії рідини не робить впливу на розподіл заряду.

$$\tau \rho k \ll 1 \quad (1.14.a)$$

$$\tau \rho k \gg 1 \quad (1.14.б)$$

У випадку, коли цей час набагато менший часу релаксації, тобто заряд рівномірно розподілений по перетині турбулентного ядра потоку. Отримано функцію розподілу заряду при турбулентній течії для рідин з низькою провідністю і потенціалом в перетині труби (1.15):

$$\psi = \frac{\xi}{I_0(kR)} \left\{ I_0(kR_T) - \frac{kR_T}{2} I_1(kR_T) \right\} + \frac{\xi I_1(kR_T)}{2\beta I_0(kR_T)} (kr)^2 \quad (1.15.a)$$

$$\sigma_a(r) = \frac{\varepsilon_0 k^2 \xi}{4\pi} \frac{2I_1(kR_T)}{kR_T I_0(kR)} \quad (1.15.б)$$

Розподіл щільності заряду і потенціалу при течії рідини представлені на рис.1.7 [25].

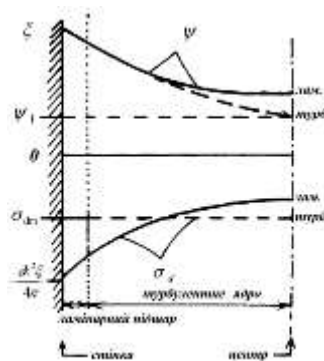


Рис.1.7. Вплив характеру течії на розподіл заряду і потенціал подвійного електричного шару для погано провідної рідини.

На розподіл заряду може впливати струм, що проходить через подвійний шар, якщо існує обмін зарядами між стінкою і рідиною. Це питання обговорювалося в роботах [56], [68]. Відправною крапкою в цих міркуваннях служить гіпотеза, що розподіл зарядів і потенціалу визначається щільністю струму дифузії і току витоку. Показано, що при зазначених умовах розподіл заряду не змінюється. Електрокінетичний потенціал визначається як функція двох полів: рівномірного і накладеного на нього поля чи дифузійного шару. Бауманс приводить рівняння (1.16), які пов'язують величину зміни потенціалу $\Delta\psi$ з щільністю струму j для двох випадків великої (1.16.a) і малої щільності струму (1.16.б):

$$\Delta\xi = a_0 + b_0 \ln j \quad (1.16.a)$$

$$\Delta\xi = C_0 o, \quad (1.16.б)$$

де: a_0 , b_0 , и C_0 - постійні пов'язані з властивостями рідини співвідношеннями (17):

$$a_0 = -b_0 \ln j_0; b_0 = \frac{kT}{Ze} \mu; c_0 = \frac{b_0}{j_0} \quad (1.17)$$

Виходячи з великого числа експериментів [64], [65] визначене середнє значення для різних металів з різними розчинами $j_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ a/cm}$, $c_0 = 40 \text{ ом} \cdot \text{см}^2$. Для значень $j \ll j_0$ використовується співвідношення (1.16.б), для $j \gg j_0$ співвідношення (1.16a).

Автор першої теорії подвійного шару Гельмгольца дав на її базі першу теорію електризації. Після кількарізних доробок ця теорія трансформувалася в сучасну теорію, отриману в остаточному виді Козманом Геплом.

Механізм електризації вуглеводневих рідин електролітичний [26] і є наслідком окислювально-відновлювальних реакцій на границі розділу фаз [24]. В результаті описаних вище міжфазних явищ на границі розділу встановлюється

динамічна рівновага. Будь-які фактори, що впливають на масообмінні процеси в приграничній області, порушують стан електричної рівноваги і сприяють виникненню електричного струму. Така причина зумовлює появу зарядів і струмів витоків із труби. Другою причиною можуть бути плівки води, адсорбовані на твердих поверхнях. В роботі показано, що при наявності забруднень на поверхні металу можуть утворюватися плівки товщиною до 1000 Å, тобто в багато разів більші, ніж товщина подвійного шару в звичайних електролітах і одного порядку з товщиною подвійного шару в вуглеводневих рідинах.

Теорія Гельмгольца -Гуї [27], [28]. Відправною крапкою для створення теорії служить модель подвійного шару Гельмгольца-Перрена. Рухаючийся в трубі під дією гідродинамічного тиску електричний заряд, визначається інтегруванням по радіусу добутку щільності заряду на швидкість потоку в даній точці. При цьому приймаються наступні допущення: у подвійному шарі завжди існує рівновага; товщина подвійного шару мала в порівнянні з діаметром труби; товщина грузлого підшару перевищує товщину електричного подвійного шару; труба нескінченної довжини; щільність заряду не залежить від гідродинаміки течії. Відповідно до прийнятого вище допущення, струм зарядів, що рухаються разом з рідиною „струм потоку”, визначиться зі співвідношення (1.18):

$$I = -2\pi R \int_0^R \sigma_\alpha \vartheta(r) dr \quad (1.18)$$

Рішення рівняння (18) разом з рівнянням Пуассона дає рівняння 1.19:

$$I = \frac{2\pi R \tau_\omega \varepsilon_0 \xi}{\eta} \quad (1.19)$$

Так як τ_ω і, отже, I пропорційні падінню тиску в трубі, при ламінарному режимі вони пропорційні лінійній швидкості. На підставі формули (1.19) величина заряду, що утвориться в одиниці об'єму не залежить від швидкості потоку. Експериментальні дані для вуглеводневих рідин не задовольняють рівнянню (1.18). Причини розбіжності, ймовірно пов'язані з відхиленням

реальних умов від прийнятих при висновку формули (1.18) допущень, що обговорюються жиже.

Теорія Рейхардта [29] є розвитком теорії Гельмгольца-Гуї. Рейхардт прийняв, що поділ зарядів відбувається в грузлому підшарі і при турбулентному режимі течії. Ця умова не позначається на висновку рівняння (1.19), однак і I пропорційний швидкості в ступені 1,75, (та теорія перевірена для водяних розчинів до високих значень числа Рейнольдса. Перевірка основних розрахункових величин для електризуємості вуглеводневих фракцій при турбулентній течії показала наступне. Залежність струму електризації від швидкості течії близька до теоретичної. Показник степінної залежності приблизно дорівнює 2. Обчислений з рівняння (19) електрокінетичний потенціал досягав декількох вольт, що відрізняється від його значень, визначених іншими методами. Оцінка товщини подвійного шару по рівнянню (1.10) показала, що вона більша товщини грузлого підшару. Нагромадження зарядів і витік впливають на рух зарядів. Отже, подвійний шар не знаходиться в рівноважному стані.

Формули, аналогічні (1.19), містяться в Леба [29] і Клинкенберга [13].

$$I = \frac{R^2 \varepsilon_0 \xi P}{4\eta l} \quad (1.20.a)$$

$$I = \frac{S \varepsilon_0 \xi P}{4\pi\eta l} \quad (1.20.б)$$

Вираження (1.20.a), отримане Лебом, виведено для ламінарного режиму течії. Формула, приведена Клинкенбергом, справедлива і для турбулентного режиму течії (1.20.б).

Дроздов приводить трохи модифікований вид цих рівнянь у функції числа Рейнольдса і середньої швидкості, замінюючи у формулі (1.19) τ_ω , а у формулах (1.20) ρ/l через коефіцієнт опору λ . Потім по відомим залежностям коефіцієнту опору від числа Рейнольдса і середньої швидкості переходить до запису у формі 1.21:

$$\begin{aligned}
 I &= -8 \vartheta \pi \varepsilon_0 \xi && \text{для } R_e < 2320 \\
 I &= -0,05 R_e \vartheta \pi \varepsilon_0 \xi && \text{для } 2320 < R_e < 10^4 \\
 I &= 0,04 R_e^{0,75} \vartheta \pi \varepsilon_0 \xi && \text{для } 10^4 < R_e < 10^5
 \end{aligned}
 \tag{1.21}$$

При ламінарному течінні струм пропорційний першій степені швидкості і не залежить від діаметру труби. У перехідному режимі струм пропорційний квадрату швидкості і першій степені діаметру. При турбулентній течії, в діапазоні застосовуваності формули Блазиуса, струм пропорційний швидкості в ступені 7/4 і діаметру в ступені 3/4. При Re вище 10^5 не застосовується формула Блазиуса і ці вираження втрачають зміст.

Крім струму потоку, Гельмгольцем було введено поняття потенціалу потоку. Під потенціалом потоку розуміється різниця потенціалів між кінцями діелектричної трубки, що виникає при течії рідини. Висновок формули (1.22) отриманий за умови, що провідність трубки набагато менше провідності стовпа рідини:

$$\psi = \frac{\varepsilon_0 \xi}{\nu \eta} P
 \tag{1.22}$$

Потенціал потоку не залежить від форми і розмірів труби. В аналогічному виді формула (1.22) зустрічається в літературі [13]. Фізична сутність струму потоку і потенціал потоку можуть бути з'ясовані виходячи з рис.1.8.

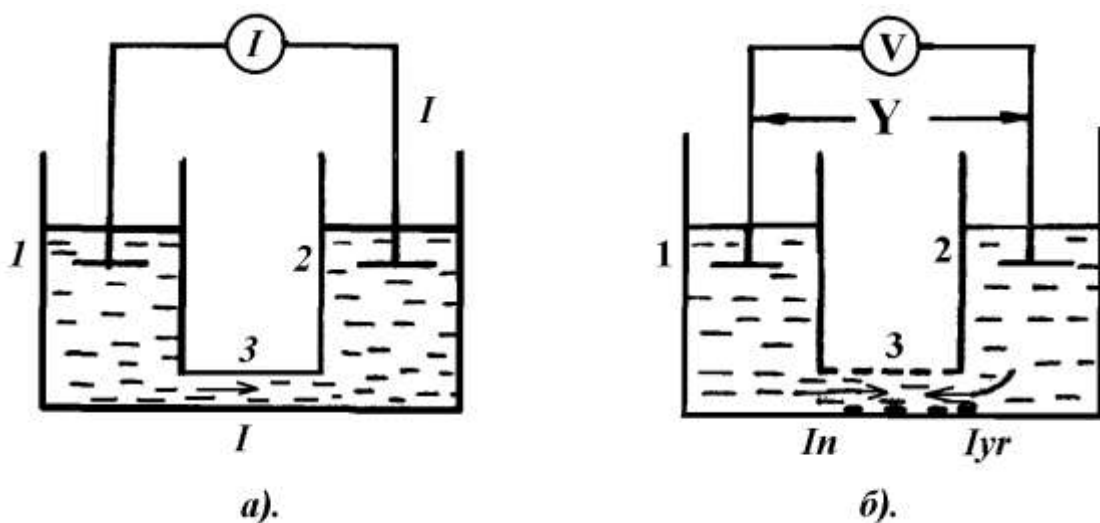


Рис. 1.8. Утворення струму потоку і потенціалу потоку при течії рідини.

При протіканні зарядженого потоку рідини через металеву трубу із судини 1 в судину 2, надлишок зарядів у судині 2 буде створювати струм через зовнішній ланцюг, яким являється стінка труби (рис.1.8.а). По величині він буде дорівнює струму зарядів у судині 2. Таким чином, утвориться замкнутий ланцюг, по якому протікає струм I , названий струмом потоку. Якщо труба діелектрична, у судині 2 буде відбуватися нагромадження зарядів, які створюють поле, що прагне зменшити потік зарядів (рис.1.8.б). Струм, що протікає через стовп рідини під дією цього поля, зрівноважить потік зарядів при деякій різниці потенціалів між судинами, що називається потенціалом потоку.

Розглянуті вище спроби математично описати явище електризації в трубах, виходять з тих самих передумов. Отже їхні теорії - електролітичні. У цьому випадку доцільно розглянути загальні недоліки, властиві такому підходу до рішення проблеми. До недоліків цієї теорії, що не дозволяють застосовувати її до вуглеводневих рідин, варто віднести наступні:

1. Не виконуються основні допущення, прийняті при розробці теорії. По-перше, для вуглеводневих рідин з низькою провідністю спостерігається розширення товщини подвійного шару. В результаті товщини подвійного шару і грузлого підшару стають співвимірними. По-друге, на рух зарядів впливає електропровідність. Порушується рівновага в подвійному шарі.

2. Хоча Гельмгольц заявляє про дифузійний характер подвійного шару, у розробці теорії використовується модель плоского конденсатора. Це рівносильно допущенню, що щільність розділеного заряду не залежить від гідродинамічних характеристик течії.

3. Не враховується вплив гідродинамічних ефектів у вході і виході труби. Тому струм потоку не залежить від довжини труби.

4. Струм потоку, що дається цією теорією, не залежить від електропровідності рідин і, отже, не пояснює залежності електризації від провідності. Існує непряма залежність тому, що електрокінетичний потенціал є

функцією концентрації носіїв заряду. Однак, відомо, що ξ збільшується зі збільшенням концентрації монотонно і тому відповідно до теорії електризуємість повинна збільшуватися монотонно зі збільшенням провідності. Дослід дає екстремальну залежність.

5. Теорія не враховує зміни струму потоку у випадку протікання рідини, попередньо зарядженої в інших пристроях (наприклад у фільтрі).

Теорія Бауманса. Бауманс [28] врахував вплив турбулентності на розподіл заряду в потоці рідини. Він розглянув випадки, коли товщина подвійного шару дорівнює чи більша товщини грузлого підшару. Використовуючи виведений їм розподіл заряду в подвійному шарі при русі рідини (15) і замінивши струм потоку, пропорційною йому величиною щільності заряду q , рівною відношенню струму потоку до об'ємної витрати рідини, він одержав залежність q від характеристик течії рідини і властивостей подвійного шару. При цьому він розглянув різні випадки: ламінарного і турбулентного потоку рідини, коли відношення гідравлічного радіуса до товщини подвійного шару більший і менший одиниці $kR_h \ll 1$, $kR_h \gg 1$ для рідин з різною провідністю за критерієм (14) і (14а). Для погано провідних рідин, при $kR_h \ll 1$, відношення середньої щільності заряду потоку рідини k до щільності заряду, що має рідина з гарною провідністю постійно (1.23):

$$\frac{q}{q_0} = \frac{1}{8}(kR_h)^2; \quad q_0 = -\frac{2\varepsilon_0\xi}{\pi R_h^2} \quad (1.23)$$

Для $kR_h \gg 1$ необхідно розрізняти наступні випадки: цілком ламінарний потік (1.24.а); турбулентний потік, коли дифузійний шар цілком у грузлому підшарі (1.24.б) і дифузійний шар поширюється в зону турбулентного ядра (1.24.в).

$$\frac{q}{q_0} = 1 \quad (1.24.a)$$

$$\frac{q}{q_0} = \frac{R_c \lambda}{64} \quad (1.24.б)$$

$$\frac{q}{q_0} = \frac{kR_h}{4} \quad (1.24.в)$$

Він оцінив величину потенціалу потоку для зазначених вище випадків. Для $kR_h \gg 1$ при ламінарному і турбулентному потоку, коли подвійний шар лежить у грузлому підшарі, потенціал потоку визначається формулою Гельмгольца (1.22) і не залежить від форми і розміру труби. Для $kR_h \ll 1$ і турбулентної течії для випадку, коли подвійний шар простирається в зону турбулентного ядра потенціал потоку менший. Він буде меншим й у випадку, якщо кінці труби замкнуті через опір.

Бауманс спробував оцінити яким шляхом впливає довжина і діаметр труби на щільність заряду в потоці. Отримані висновки мають якісний характер і зведені в таблиці 1.

При всіх рівних умовах повинно бути зворотньо пропорційно числу Re . Вплив входу труби він пояснює встановленням товщини подвійних шарів і гідродинаміки течії рідини. Насичення струму визначається обмежуючою дією струму стінки, що впливає на розподіл потенціалу в перетині труби (1.17). Однак природа цього струму незрозуміла. Можна припускати, що цей струм стінки є деяким аналогом зворотнього струму витoku при виводі потенціалу потоку.

Таблиця 1.1.

Вплив довжини і діаметра труби на щільність заряду в потоці

	$kR_h \ll 1$		$kR_h \gg 1$	
	l/R_h мало	l/R_h більше	l/R_h мало	l/R_h більше
l/R_h мало	$q \sim l^2 R_h$	q не залежить	$Q \sim l^2$	$q \sim 1/R_h$

		від l и R_h		
l/R_h більше	$q \sim l^2 R_h$	q не залежить від l и R_h	$q \sim l^2/R_h$	$q \sim 1/R_h$

Робота Бауманса є граничною між двома підходами до вивчення електризації рідини. Вона закінчує розвиток теорії, запропонованої Гельмгольцем. В основі міркувань Гельмгольца лежить твердження, що спочатку утвориться подвійний шар, що зрушується, але при цьому залишається в рівновазі. Рівновага не порушується для тих умов, що розглядав Гельмгольц, тобто для ламінарного потоку і значної провідності рідини, тому що один елементарний об'єм рідини замінюється рівноцінним іншим. В умовах турбулентного режиму течії погано провідної рідини подвійний шар ніколи не досягає рівноваги. У результаті в порівнянню великій товщині подвійного шару, частина його зривається і несеться в основне ядро потоку, звідки такий надлишковий заряд повертається за рахунок провідності назад до стінки. Перша спроба пов'язати ці процеси була почата Баумансом, шляхом обліку зміни розподілу заряду в подвійному шарі, внесеного турбулентністю. З іншої сторони ця робота підводить до нового підходу в розумінні процесів електризації при течії, про роль турбулентної дифузії при поділі зарядів. Очевидно, основну роль у процесі утворення зарядів повинно грати розходження в дифузії іонів. Конвенкція не розділяє зарядів, а провідність може лише зменшити розділений заряд. Якщо іони одного знака дифундують через ламінарний підшар і нейтралізуються на стінці, то щільність струму цих іонів повинна характеризувати швидкість зарядження рідини. Ця гіпотеза була попередньо розроблена в [30] для випадку іонів з однаковими швидкостями. Виявилось, що струм, обумовлений рухом іонів через в'язкий підшар, повинний виникати при різниці потенціалів $\sim 0,013$ В.

Теорія Шена. Наступним етапом розвитку теорії електризації були роботи Шена, Шефера, Бойбера і Бенсона [28].

У цих роботах враховувалася зміна струму потоку від довжини труби і вплив первісного заряду рідини. Такий облік необхідний, тому що щільність заряду в різних перетинах труби міняється в залежності від відстані до входу труби, як при течії незарядженої рідини, так і у випадку надходження на вхід труби попередньо зарядженої рідини. Шен опускає допущення про рівноважний стан подвійного шару. Замість нього вводиться щільність струму витoku на стінку j_y , що проходить через в'язкий підшар власне кажучи так само, як щільність струму в електролітичних процесах. Щільність цього струму визначається й обмежується процесом дифузії. Одночасно виникає щільність струму, що заряджає рідину j_z . Щільність заряджаючого струму не залежить від фактичного ступеня заряду рідини. Струм витoku збільшується зі збільшення зарядженості рідини і в межах врівноважує струм заряду, коли струм потоку досягає граничної постійної величини. При висновку основних залежностей прийняті допущення: електропровідність рідини не залежить від ступеня зарядженості рідини, труба, по якій протікає рідина виконана з провідного матеріалу. Якщо в трубу втікає незаряджена рідина, залежність струму потоку має вид (1.25):

$$I_{(x)} = 2\pi R \vartheta j_z \left(1 - e^{-\frac{x}{\vartheta\tau}} \right) \quad (1.25)$$

У випадку, якщо рідина на вході мала заряд, що враховується початковим струмом I_0 залежність (1.25) видозмінюється (1.26):

$$I = 2\pi R \vartheta j_z \left(1 - e^{-\frac{x}{\vartheta\tau}} \right) + I_0 e^{-\frac{x}{\vartheta\tau}} \quad (1.26)$$

Для дуже коротких труб при $1 \ll \vartheta\tau$ рішення зводиться до вираження (1.27):

$$I = 2\pi R j_z l \quad (1.27)$$

В іншому крайньому випадку при $l \gg \varrho\tau$ струм не залежить від довжини труби (1.28):

$$I_{\infty} = 2\pi R \varrho \tau j_3$$

(1.28)

Аналогічні результати отримані Шеффером для труб з різного матеріалу [29]. Там же оцінювався вплив опору труби на потенціал потоку. Отримано залежність для максимального значення потенціалу потоку ψ_{\max} у функції струму потоку й опір труби (1.29):

$$\psi_{\max} = 0,1(I - I_0) \times \left(1 - e^{-\frac{x}{\varrho\tau}} \right)$$

(1.29)

де: числовий коефіцієнт 0,1 визначений для значень $x < 6\theta\tau$. Для значень $x > 6\theta\tau$ вираження (29) втрачає зміст, тому що вони можуть бути отримані для дуже малих значень швидкості коли порушуються умови утворення заряду.

Перехід від теорії Рихардта до розглянутої теорії можна представити в такий спосіб. Збільшення електропровідності протидіє турбулентному переносу об'ємного заряду в ядро потоку. У цьому випадку товщину подвійного шару можна визначати як корінь квадратний з добутку суми турбулентної і молекулярної дифузії на час релаксації. У розглянутій теорії приймається, що товщина шару велика в порівнянні з радіусом труби [13]. В міру зменшення турбулентності потоку зменшується товщина шару й у межі прагне до величини даної співвідношенням (1.10).

З умови, що струм потоку залежить від швидкості течії в степені 1,75 - 2,0, можна оцінити залежність щільності зарядного струму від швидкості рідини [30]. З урахуванням рівнянь (1.29) і (1.21):

$$j_3 = \varrho^{0,75+1}$$

(1.30)

Це вказує на те, що j_3 визначається механізмом дифузії через в'язкий підшар, товщина якого σ_6 визначається з рівняння (1.31):

(1.31)

$$\sigma_B = 10r(R_e)^{-\frac{7}{8}}$$

Недоліком такої постановки є те, що j_3 не залежить від гідродинамічних характеристик течії, довжини труби і від властивостей рідини. Враховуються лише умови електричної рівноваги. У представленому виді може використовуватися тільки для довгих труб, тобто коли j_3 постійна. Клинкенберг бере під сумнів правомірність прийнятого допущення про незалежність електропровідності від ступеня зарядженості рідини [26].

Теорія Козмана-Гавіса [28]. Ця теорія є узагальненням всіх попередніх і їх подальшим розвитком. Відповідно до цієї теорії встановлюється наступний механізм електризації. У результаті розходження хімічних потенціалів на границі розподілу відбувається специфічна адсорбція іонів одного знаку й утворюється подвійний шар. Дифузійна обкладка подвійного шару в вуглеводневих рідинах має значну товщину. При течії адсорбовані на стінці іони не цілком нейтралізуються і починають розряджатися на стінці. Виникає струм витоку на стінку рівний струму зарядження рідини. Розряд іонів на поверхні обмежується двома процесами. Один з них - концентраційна поляризація, викликана неможливістю іонів дифундувати до стінки зі швидкістю близької до швидкості розряду; іншої - збільшення концентрації заряду протилежного знака в досить довгих трубах цілком відновлює подвійний шар. Електричний заряд в рідині вноситься потоком рідини.

При розробці теорії прийняті наступні допущення: в рідині присутні тільки одновалентні іони; провідність рідини не залежить від довжини труби і ступеня зарядженості рідини; коефіцієнти дифузії позитивних і негативних іонів однакові; будь-який розподіл турбулентних пульсацій не робить впливу на провідність рідини.

Формула для струму потоку має вид:

$$I = \pm \pi g \tau \frac{D\Phi}{R\sigma_3} (C_\infty - C_n) \left(1 - e^{-\frac{l}{g\tau}} \right) \quad (1.32)$$

Формула (1.32) враховує в найпростішому випадку: властивості рідини, вплив входу труби і температури. Не враховуються властивості поверхні: її природа, якість обробки і стан, а так само попередній заряд рідини. Величини R , C_n і C_∞ , які входять в зазначені співвідношення, можна визначити дуже приблизно навіть для самих елементарних рідин внаслідок того, що кількість іонів у чистих вуглеводневих рідинах визначається змістом дуже малих часток домішок.

Основним недоліком розглянутої теорії, ймовірно, варто вважати неможливість її застосування до реальних рідин у якій містяться різні типи іонів, які відрізняються як зарядом так і розмірами і, отже, рухливістю. Число кожного типу іонів і їхні властивості практично не визначаються.

Бобровський [68] модифікував рівняння Козмана-Гевіса шляхом обліку витоку заряду на стінку труби за рахунок молекулярної дифузії і заряду рідини який вона може мати на вході труби. Одержимо рішення рівняння для випадку течії рідини в зазорі між двома коаксіальними трубами. Однак рівняння вийшли громіздкі, і практично не піддаються аналізу і тим більше використанню.

Всі відзначені теорії не враховують знак заряду, який утворюється. По цьому питанню обговорювалося так назване правило Кена [30], відповідно до якого з двох взаємно електризуючихся діелектриків позитивно заряджається той, діелектрична проникність якого вища. Шашуа показав, що знак заряду можна визначити якщо зіставити значення часу напіввитоку позитивних і негативних зарядів взаємно електризуючихся матеріалів. Якщо час напіввитоку позитивних зарядів більший, то при контакті з металом матеріал заряджається позитивно, і навпаки. Зарядження буде відсутнім якщо ці часи рівні.

Є припущення, що знаки зарядів у різних парах взаємно електризуючихся матеріалів, визначаються різною спорідненістю до електрона [22]. Однак всі перераховані правила є емпіричними і виконуються лише для дуже обмеженого

ряду матеріалів. Перевірка цих правил проводилася на твердих матеріалах. Для рідких діелектриків таких зіставлень не проводилось. Однак експериментальні дані, що свідчать про зміну знака заряду в одній рідині при різних умовах, ставлять під сумнів застосовність цих правил до рідини.

Експериментальне дослідження електризації при течії рідини по трубах проводилося великим числом авторів. Ще в 1913 році Долежалек спостерігав електризацію бензину й ефіру в металевих трубах. Можна назвати два напрямки в експериментальному дослідженні: перший шлях - лабораторні дослідження з метою зрозуміти механізм електризації і перевірити ті чи інші положення теорії; другий напрямок - експерименти на повнорозмірних установках і стендах для з'ясування впливу реальних пристроїв на утворення заряду з метою поліпшення їхньої конструкції.

Незважаючи на достаток експериментального матеріалу результати проведених досліджень важко інтерпретувати і зіставляти, тому що кожен автор використовує свій спосіб визначення електризуємості і критерій оцінки. Перш ніж перейти до розгляду основних результатів експериментальних досліджень, коротко зупинимося на основних критеріях оцінки електризуємості рідин. Тому що оцінці підлягає величина заряду здобувана рідиною в процесі електризації, найбільш фізично обґрунтованою оцінкою явища повинна служити об'ємна щільність електростатичного заряду q . Через складність прямого виміру щільності зарядів, частіше використовуються непрямі оцінки, пов'язані з відомою залежністю (а часом і невідомою). З непрямих показників необхідно відзначити наступні: струм потоку, струм витoku з труби, потенціал потоку, потенціал електризації, напруженість електричного поля, число часткових розрядів [31].

При течії в трубах, кожен новий об'єм палива, що втікає в трубу, повторює шлях пройдений попереднім і отже здобуває точно такий самий заряд (виключення представляють перші об'єми палива). Можна припустити, що об'ємна щільність заряду в рідині однакова по всьому об'єму. В цьому випадку q пов'язана дуже простою залежністю зі струмом потоку:

(1.33)

$$q = \frac{I}{gS}$$

Показано [31], що струм витоку зі стінки труби дорівнює току потоку якщо труба металева. Отже (1.33) справедливо і для струму витоку.

Для діелектричних труб більш зручною оцінкою є потенціал потоку ψ . При рівномірній щільності заряду й опорі стінок, значно перевищує опір стовпа рідини:

(1.34)

$$q = \frac{\gamma\psi}{gH}$$

Три останніх критерії не мають такої простої залежності зі ступенем електризації рідини, через що їх застосування для дослідження менш надійно.

Результати проведених досліджень можна підсумовувати в наступних висновках.

1. Явища електризації звичайно розглядаються в зв'язку з електропровідністю речовин. Виявлено, що при течії по трубах найбільш інтенсивно електризуються рідини з малою електропровідністю. На рис. 1.9 приведена залежність електризації від питомого опору рідини для нафтопродуктів [13].

Інтенсивність електризації визначалася по числу розрядів, чи по величині напруженості поля [28]. Чисті рідини з $\rho = 10^8 \div 10^5$ Ом*м електризуються слабо [31]. Передбачається, що в силу малого складу носіїв заряду, подвійний шар не формується. Зменшення ρ веде до збільшення числа іонів і, отже, щільності заряду в подвійному шарі. Електризація росте. Значне зменшення ρ призводить до збільшення витоків і як наслідок зменшення електризації. Однак у капілярах відзначається досить високе значення електризації і при більш низьких питомих опорах [54], $\rho = 10^8 \div 10^5$ Ом*м [32].

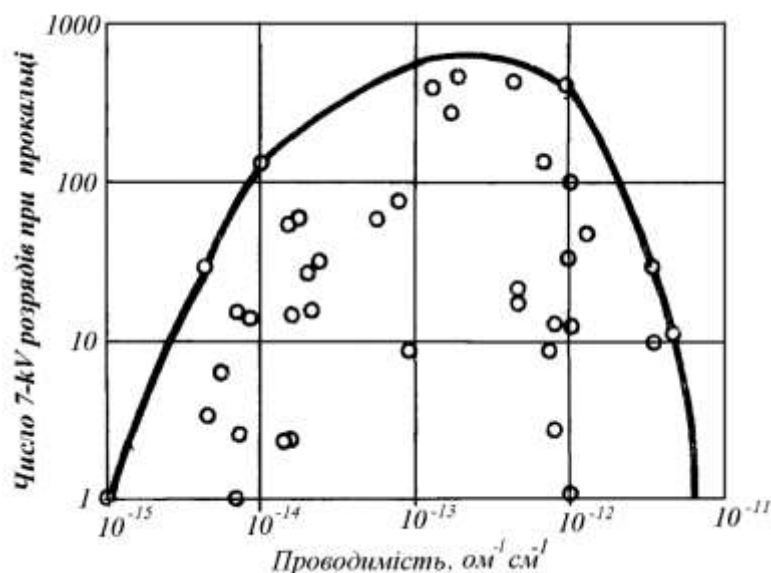


Рис.1.9. Вплив питомого опору рідини на схильність до електризації.

2. Залежність електризації від швидкості течії в трубах характеризується найбільшим числом експериментальних даних. Практично всі дослідники сходяться в думці що ця залежність носить степінний характер. Показник степеня лежить у межах 1,75 - 2. В таблиці 2 приведені значення показника степеня в зазначеній залежності за даними різних авторів. Під зміною електризації мається на увазі зміна струму потоку.

Таблиця 2.

Значення показника степеня за даними різних авторів

Літературне джерело	Показник степені	Тип рідини
[52]	1,75	для водяних розчинів
[61]	1,8 – 2	для вуглеводневих фракцій
[13], [53]	2	для вуглеводневих фракцій
[69], [49]	1 – 7/8	для гептана з присадками

Однак у всіх дослідах зміна швидкості спричиняла зміну режиму течії, тобто числа R_e [32]. В інших дослідах автори зіставляють зміну електризації з характером зміни течії R_e , причому зміна R_e виконується зміною швидкості течії

[28]. До цих дослідів безпосередньо примикають експерименти по оцінці впливу діаметра трубопроводу [22], [26]. Швидкість течії, R_e і R жорстко пов'язані між собою. Тому показник степінної залежності, на наш погляд, включає вплив всіх трьох факторів. В [20] відзначено зменшення електризації при дуже великій швидкості.

3. Іншим геометричним фактором, що робить вплив на електризацію є довжина трубопроводу. Оцінка її впливу проводилася в [12], [21], [31]. Всіма дослідниками отримана експонентна залежність. До такого ж висновку прийшли автори, що досліджували вплив довжини труби на струм потоку попередньо зарядженої рідини [32], [26].

Природа матеріалу труби і природа рідини досліджувалися мало і результати цих досліджень дуже суперечливі.

Деякі дослідження, проведені в ранній стадії вивчення явища [30], [31], свідчать про вплив матеріалу труби на знак заряду. Більш пізніми дослідженнями [19], [29] встановлено, що хімічна природа матеріалу труби впливає на електризацію. Отримана в електризації незначна відмінність пояснюється неоднаковою шорсткістю поверхні труб. Однак ці висновки носять лише якісний характер. Варто помітити, що в [30] методично експеримент був поставлений більш правильно чим у [29]. Долежалек брав для дослідження матеріали які значно відрізнялися по властивостям: мідь, латунь, свинець, алюміній; у той час як у Козмана експерименти проведені з близькими по властивостях матеріалами: платина, палладій, срібло, золото, нержавіюча сталь. Є дані, які вказують на збільшення електризації в діелектричних трубах [28]. Природа рідини у всіх експериментах не враховувалася. Єдиним фактором оцінюючим властивості рідини, і то не завжди, є електропровідність. Однак з рис. 1.9 видно, що при одній електропровідності електризація рідини може істотно відрізнятися.

5. Ще більш суперечливі думки склалися щодо впливу вологи, яка міститься в вуглеводнях, на ступінь електризації. Досить велика кількість якісних результатів, не дозволяє розібратися в суті їхньої суперечливості. У 1913 році

Долежалек відзначає що сухий ефір заряджається сильно, вологий слабо [30]. У 1930р. він же одержав на бензині екстремальну залежність. Леб у 1931р. досліджував електризацію гасу. Сухий гас не заряджався. При скаді води близько 1% по масі відбувався поділ зарядів [24]. Купер у 1953 р. одержав зменшення електризації зі збільшенням вологості [32]. Клипкенберг відзначає, що до насичення вода не робить впливу на електризацію [23].

Навіть у того самого автора знаходимо в [33], що - 0,5% розчин диспергованої води збільшує електризацію в 2,5 рази, а в [32] - 0,01% знижує силу струму з 90 до $0,2\mu\text{A}$. Причин такого різнобою в даних, на наш погляд, не багато: по-перше різні критерії оцінки, як у [32] і [33], по-друге досліджувалися різні рідини і дуже можливо поведження води багато в чому визначалося властивостями безупинної фази. У більшості випадків не проводилося контролю вмісту води й те у якому стані вона знаходилася.

6. Систематичних досліджень по виявленню впливу температури на ступінь електризації не проводилося. Наявні дослідні результати так само носять якісний характер і суперечливий [32], [26], [24].

Деякі роботи були присвячені перевірці основних теорій. Так у [7] порівняння розрахункових величин, виведених на підставі теорії Рихардта, з експериментальними даними для електричних струмів у турбулентних потоках вуглеводневих фракцій дало розбіжність на кілька порядків. Порівняння робилося за значенням ξ потенціалу визначеного з дослідів по електризації і катафорезу. Розбіжність малася на увазі недотриманням для вуглеводнів основних допущень| прийнятих при розгляді теорії для водяних електролітів.

Теорія Козмана-Гевіса перевірялася в [30]. Розбіжність експериментальних даних з розрахунковими 5 - 10 разів. Основних причин, на нашу думку, три: при виводі теорії приймається допущення, що в рідині присутні тільки одновалентні іони з рівними рухливостями, що не відповідає реальним рідинам; теорія не враховує властивостей стінки (матеріалу, шорсткості, окисленности і т.д.); ϵ

підстави вважати, що електропровідність рідини залежить від ступеня її зарядженості, а в теорії прийнята постійною.

Через те, що метою даної роботи є експериментальне дослідження електризації діелектричних рідин, доцільно розглянути наявні в даний час зведення по цьому питанню окремо. З огляду на те, що найбільш важливі результати розглянутих публікацій будуть зіставлятися з результатами автора, у даному параграфі, з метою виключення повторень, приводяться коротко лише напрямки роботи й основні висновки реферативних джерел.

Дослідження електризації діелектричних рідин почалося відносно недавно. Результати досліджень [29] показують, що в 1958 році застосовувалося заправне устаткування, об'єми палива, яке заправлялось, і швидкості накачування не представляли реальної небезпеки. В даний час значно зросли об'єми палив, які заправляються, збільшилися швидкості заправлення, прокачок, змінилася технологія і конструкція устаткування. Асортимент рідин і їхні властивості так само перетерпіли істотні зміни. Почастішали випадки пожеж і вибухів, які змусили серйозно зайнятися вивченням умов утворення електростатичних зарядів і розробкою радикальних способів боротьби з їхніми небажаними проявами з одного боку і позитивним застосуванням з іншого. Приблизно в 1958 році Координаційною Радою по дослідженню палив, яка поєднує кілька закордонних фірм авіабудівників і виробників авіаційних палив, були опубліковані перші результати досліджень метою яких було оцінити ймовірність запалення палива при заправленні літака. Испити проводилися на моделі паливного бака літака ємністю 19 м^3 , у який паливо надходило після фільтра-сепаратора зі швидкостями, звичайно застосовуваними при заправленні реактивних літаків [31]. Вимірялися струми потоку на вході в резервуар, потенціали електричного поля в резервуарі, фіксувалися розряди за допомогою антени індикатора і візуально за допомогою фотоелемента. Було встановлено, що при накачуванні в подібних умовах утворюються поля, які здатні створити іскровий розряд з енергією перевищуючою граничну величину $0,2\text{ м}^*\text{дж.}$, Також в той же час проводилися испити на моделях баків літаків F-100 [32] і Віккерс-Авангард [33] фірмою „Esso”, які не виявили

такої небезпеки. У першому випадку був застосований фільтр-сепаратор великого об'єму. Час перебування палива у фільтрі досягав 107 сек у той час як максимальний час релаксації досліджених палив не перевищував 1,8 сек. В другому випадку при швидкості прокачування ~ 1 м/сек і провідності палива $4 \cdot 10^{-12} \text{ ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ напруженість поля в надпаливному просторі не перевищувала 140 кВ/м. Перед тим як потрапити в бак, паливо протікало по довгому (18,3 м) гумовому шлангу. Природньо, що при таких „м'яких” умовах накачування не могли проявитися самі неприємні наслідки електризації. Ці наслідки у виді двох пожеж проявилися при іспитах проведених тією же самою фірмою Шелл у дослідницькому центрі в Амстердамі [34]. Испити проводилися на прямокутному баці розміром 1,04 x 1,04 x 0,69 м. Максимальна витрата палива при заправці складала 1820 л/хв при діаметрі шланга 63 мм. Заправка робилася через паперовий фільтр. Пожежі в обох випадках виникли після розряду з дзеркала рідини в заповненому резервуарі, через кілька секунд після припинення накачування. У дослідах, коли на даху баку закріплювали пальцеподібний пруток, іскріння починалося на ньому. Енергія розрядів була близько 20 мДж. Найбільш ретельне дослідження електризації палив при заправленні в баки літака було проведено в дослідницькому центрі фірми Шелл у Торитоні [26].

Ці роботи також підтвердили велику ймовірність небезпеки при використанні чистих палив. Устаткування й умови проведення експерименту такі ж як і в Амстердамі. Виявлено струми потоку до 10 мкА. Напруженість поля може досягати 800 кВ/м, а іноді 1250 кВ/м. На останніх стадіях заповнення спостерігалися розряди: для палив з електропровідністю нижче $1 \cdot 10^{-12} \text{ ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ при всіх досліджених швидкостях (1820, 1365 і 910 л/хв); для палив з $\gamma = 1 - 2 \cdot 10^{-12} \text{ ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ тільки при 1820 і 1365 л/хв; при $\gamma = 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ розрядів не спостерігалось. Енергія розрядів складала 0,5 - 4 мДж.

На підставі цих даних вказується, що паливо з $\gamma = 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ безпечне. Обумовити цей висновок можна тим, що такі палива безпечні при тих швидкостях, які досліджені в роботі.

Подібного роду дослідження проводяться і в СНГ [20], [26]. Отримані висновки практично збігаються з результатами роботи [26]. У [30] вперше виконується порівняння трьох марок палив. За критерій оцінки прийнятий поріг іскроутворення - швидкість накачування при якій починається іскріння в надпаливному просторі в баці.

Отримані дані вказують, що електризуємість досліджених марок палив неоднакова. Для палива Т-7 поріг іскроутворення дорівнює 700 - 800 л/хв, для ТС-І і Т-І 900-1000 л/хв. Замічено, що отримані за цією методикою оцінки не співвідносяться з існуючими представленнями про електризацію рідин. Так різні по своїм електрофізичним властивостях палива Т-І і ТС-І мають однаковий поріг іскроутворення, в той час варто очікувати, що електризуємість їх повинна бути різною. Найбільш значна кількість експериментальних робіт присвячена методам зниження електризації. Виявлена велика кількість вуглеводневих з'єднань значно знижує степінь електризуємість палив [26]. При цьому, як вважає Клинкенберг [30], не усувається причина електризації, а тільки збільшується електропровідність α , отже, і витік зарядів, що утворюються. На наш погляд, присадки збільшують швидкість утворення зарядів, про що свідчить збільшення електризації при дуже малих концентраціях.

В роботах оцінювалася ефективність застосування розсіюючої ємкості. Експериментальне визначення ефективності проводилося на моделях системи заправки літака [32] на паливозаправнику [26]. Бобровський на підставі своїх даних, і узагальнивши дані, прийшов до висновку, що дія розсіюючої ємкості ефективна при виконанні співвідношення (1.35):

(1.35)

$$0 < \varepsilon_0 q / \gamma S \vartheta < 4$$

В [28] показано, що наявність у трубі заземленого стрижня, розташованого по її осі, сприяє збільшенню електризації. Там же досліджувався вплив заземленої сітки в трубі. Виявлено, що ефективність такої сітки дуже мала. Більш того наявність у трубі сітки сприяє збільшенню утворення зарядів у 3-10 і більш раз.

Досліджувалися також різного виду нейтралізатори електростатичних зарядів: пасивні [27], активні [28]. Ефективність пасивних нейтралізаторів, на думку різних авторів, оцінюється по різному. Активні нейтралізатори, за повідомленням [98], мають ефективність 70-80%. Вплив на електризацію палив конструктивних особливостей пристроїв досліджувалося в [30]. В [34] визначено, що утворення заряду в баці найменше, якщо зливальний патрубок має зріз під кутом 45° при всіх досліджених умовах накачування. В [35] досліджувалася електризація у фільтрах. Передбачається, що в межах номінальних витрат електризація лінійно залежить від швидкості течії. Абсолютні значення заряду виникаючого у фільтрах на порядок вищі, ніж у трубах.

Аналіз всіх експериментальних робіт дозволяє зробити загальні якісні висновки.

Всі досліджені типи діелектричних рідин значно електризуються. При турбулентній течії в трубах струм потоку пропорційний швидкості течії в степені 1,75-2. При ламінарній течії, на підставі даних з фільтрами, він лінійно залежить від швидкості течії рідини. Абсолютне значення заряду, який отримується паливом, залежить як від властивостей самої рідини: чистоти, складу і т.п., так і від характеристик течії, конструктивних особливостей устаткування і зовнішніх впливів.

1.4. Вплив електричних і магнітних полів на стан вуглеводневих палив.

У п'ятдесятих роках американський вчений Саймон Раскін встановив, що пара-водень може бути перетворений в ортоводень, при впливі на нього магнітним резонансом. Такий вплив значно збільшує енергію атома, паливну реактивність і, в кінцевому підсумку, якість згоряння палива [36].

Пізніше доктор Роберт Кан (Кейн) продовжив їхню роботу в області теорії магнітного резонансу, вводячи спеціальний неодимовий склад як каталізатор для

розриву вуглеводневих ланцюгів в паливі. Ці вчені довели, що вплив магнітного поля може змінити молекулярну структуру палива. [37].

Якщо звернутися до патенту США номер (5558765), який виданий Twardzik, в якому описано пристрій для обробки вуглеводневих видів палива під впливом магнітного поля для підвищення ефективності згоряння палива в двигуні, а отже, зменшення витрат, ми побачимо, що сила магнітного поля прикладеного навперейми напрямку руху вуглеводневого палива, призводить до того, що напрямок руху молекул вуглеводневого палива, як правило, збігається з напрямом впливу магнітного поля. Коливання дипольних моментів під впливом зовнішнього магнітного поля набувають чинності тяжіння, яка призводить до більш сильним зв'язків з іонами кисню. В результаті відбувається підвищення повноти згоряння палива, що пов'язано з розгортанням вуглеводневих молекул, для більш повного окислення палива [38].

Дослідники з Університету Західної Вірджинії виявили, що при температурах вище 500°C , частинки складаються виключно з груп вуглеців, в той час як при температурі нижче цієї, з більш високою молекулярною вагою вуглеводні конденсуються на згустки. У циліндрі, де більше кисню, згустки макрочасток, як правило, окислюються, що призводить до більш повного згоряння і меншого викиду твердих частинок [39].

Магнітна обробка палива дозволить знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу, знизити витрату палива (5-10%), частково збільшить ресурс двигунів за рахунок очищення двигуна від нагару. Розглядаючи дію магнітної обробки на властивості вуглеводневого палива видно, що в момент перетину магнітних силових ліній при прокачуванні палива у нього змінюється структура і властивості: знижуються сили поверхневого натягу, збільшується розчинність кисню в паливі, зростає ядерна поляризація (особливо водню), змінюються константи швидкості хімічної реакції горіння (швидкість горіння збільшується). Під впливом сильних магнітних полів складні молекули палива змінюють свої структури і властивості, зокрема, частково дробляться й іонізуються, рухаючись в напрямку протилежному напрямку зовнішнього магнітного поля [40].

Магнітний активатор палива прискорює процес дроблення кластерів палива і ефективно розділяє довгі і складні частинки палива на більш дрібні фракції, тобто підвищує тим самим внутрішню енергію палива і рівномірно розподіляє їх в потоці таким чином, щоб горіння палива в двигуні внутрішнього згорання відбувалося більш ефективно [41].

З метою визначення впливу магнітного поля на фізико-хімічні та експлуатаційні властивості вуглеводневих палив був розроблений спосіб обробки палива [42] і фільтр-активатор палива [43], суть яких полягає в тому, що за рахунок впливу імпульсів електромагнітного поля, що виникає навколо витків електричного дроту високої напруги під час проходження по ним високовольтних імпульсів електричного струму від джерела імпульсів високої напруги, здійснюється частотна імпульсна електромагнітна обробка палива, в результаті якої паливо активується, тому поліпшуються фізико-хімічні властивості палива.

Обробка (активація) палива лініями імпульсів електромагнітного поля викликає поліпшення таких експлуатаційних характеристик палива як прокачуємість, випаровуваність, займистість, горючість, а також поліпшення таких енергетичних характеристик палива як летючість, зниження температури займистості, підвищення стійкості горіння.

Імпульси електромагнітного поля забезпечують дроблення, зміну структури і конфігурації молекул палива, ослаблення зв'язків між ними, зменшення їх поверхневого натягу. Крім того, деякі молекули палива на достатній проміжок часу заряджаються, внаслідок чого активніше з'єднуються з окислювачем - киснем. Це сприяє більш оптимальному змішуванню паливо-повітряної суміші в камері згорання і, як наслідок, підвищення повноти згорання [44].

Було встановлено, що палива, піддані даної електромагнітної обробці, характеризувалися зменшенням в'язкості і щільності, протягом 12 годин після обробки. Спостерігалася динаміка збільшення показника кислотності [45].

1.5. Висновки до розділу 1

Зрив пароповітряної паливної суміші через надмірне скупчення статичної електрики виникає лише за певних умов. До їх числа відносяться наступні:

1. Накопичення електричного заряду достатньої величини.
2. Наявність над рідким паливом пароповітряної суміші, в якій паливні пари будуть перебувати в межах вибухонебезпечних концентрацій.
3. Електричний розряд повинен бути настільки потужним, щоб викликана ним іскра стала джерелом вибуху пароповітряної паливної суміші.

Для зниження електризації палив для реактивних двигунів, особливо в умовах підвищення швидкості заправки важких багатомісних літаків з великим запасом пального, розроблені спеціальні антистатичні присадки до палив.

Найбільшу небезпеку представляє електризація вуглеводневих рідин, зокрема авіаційних палив. Механізм явища недостатньо вивчений, існуючі теорії не дають повного пояснення наявним експериментальним фактам. Експериментальні дані, отримані різними авторами дуже суперечливі, що пов'язано з відсутністю єдиного критерію оцінки і способу його визначення. Електропровідність рідин неоднозначно визначає їхню схильність до електризації.

Магнітна обробка палива дозволить знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу, знизити витрату палива (5-10%), частково збільшить ресурс двигунів за рахунок очищення двигуна від нагару

Обробка (активація) палива лініями імпульсів електромагнітного поля викликає поліпшення таких експлуатаційних характеристик палива як прокачуємість, випаровуваність, займистість, горючість, а також поліпшення таких енергетичних характеристик палива як летючість, зниження температури займистості, підвищення стійкості горіння.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Результати досліджень багато в чому визначаються правильним вибором метода дослідження, визначенням правильного діапазону і потрібної точності вимірювання контролюючих величин. В ряді випадків дослідженні властивості речовин визначається не одним, а цілим рядом показників, кожен з яких залежить від умов визначення і конструкції вимірювальних апаратів. В зв'язку з цим узгодженням умов визначення основних параметрів є необхідним для коректного рішення поставленої задачі.

2.1. Вибір досліджуваних середовищ

Реактивне паливо також називається гасом для авіаційних двигунів. До цього продукту застосовуються особливо суворі вимоги щодо якості.

Під час перекачування при інтенсивному перемішуванні і пропущенні через шар палива струменя повітря в паливі утворюється заряд статичної електрики, розряд якого може стати причиною пожежі горючої суміші, а це в свою чергу призводить до вибуху і пожежі. [20]

Здатність палива піддаватися електризації при перекачуванні залежить від його електропровідності чим менше електропровідність палива, тим легше накопичується заряд статичної електрики і тим повільніше він розсіюється. Крім цього, на швидкість утворення статичної електрики впливають експлуатаційні фактори швидкість перекачування, присутність в паливі механічних домішок, води, повітря, умови зберігання, температура і ін. Чим більше швидкість перекачування, тим сильніше електризується паливо. Чим довше перекачувати паливо, тим воно сильніше електризується.

Впливають на електризацію також палив механічні домішки і бульбашки повітря чим їх більше, тим сильніше електризується паливо. Розчинена або диспергована в паливі вода значно збільшує утворення статичної електрики.

Однак вода, що знаходиться на дні ємності у вигляді окремого шару, або не робить ніякого впливу на швидкість утворення статичної електрики, або сприяє зменшенню його.

Особливо важливо відзначити, що паливо JET A-1 майже єдиний продукт, до якого встановлюються вимоги ще до додавання в нього будь-яких присадок. За допомогою особливих антистатичних присадок зводиться до мінімуму можливість виникнення статичних потенціалів під час заправки.

Особливу увагу стандарти надають корозійної активності палива і вмісту в ньому води. Крім звичайних вимог до фракційного складу, особлива увага приділяється корозійної активності авіаційного палива. Більшість методів встановлення якості моделюють певні ідеальні умови для корозії, відчуючи паливо на таких активних металах як мідь і алюміній. З цим пов'язані і вимоги до виробника за вказівкою, яка частина продукту пройшла технологічний процес знесірчення (гідроочищення).

2.2. Вибір методики дослідження електризації вуглеводневих рідин

Електризація рідин є складним явищем, яке залежить від багатьох властивостей досліджуваної речовини: її електропровідності, поляризації, в'язкості, густини і інших фізико-хімічних показників. Так, як для основної маси цих показників є надійні і точні стандартизовані методи визначення, в даному розділі розглядаються способи оцінки властивостей, визначення яких не передбачена стандартами, і таких, гостовані методи визначення яких не задовольняє нас по тим чи іншим причинам. До таких властивостей в першу чергу необхідно віднести електризацію, електропровідність і поляризацію рідин.

Усі відомі натепер прилади для дослідження електризації рідин [40; 46] можна розділити на три основні групи згідно з принципом дії: з утворенням заряду під час протікання в капілярі; прокачування через фільтр; обертання диска в рідині. Оскільки способи і критерії оцінювання електризації для кожної з наведених груп різні, а всі відомі засоби є або модифікацією одного з вказаних

нижче приладів, або їх комбінацією, доцільно зупинитися на розгляді трьох приладів, що найповніше відображають характерні особливості кожної методики: капілярного приладу фірми «Shell» [40], приладу ER фірми «Esso» [45] та прилад з обертовим диском [46].

Капілярний метод. Суть цього методу полягає у визначенні величини заряду, що набуває одиночний об'єм рідини, збігаючи через капіляр. Досліджувана рідина з резервуара 1 (рис. 2.1) збігає в ізолюваний резервуар 2. Заряд, що утворився в рідині під час збігання через капіляр 3, нагромаджуючись у резервуарі 2, змінює його потенціал. За вимірним значенням потенціалу та відомою місткістю системи визначають величину заряду набутою рідиною з відношення [47]:

$$Q = CU. \quad (2.1)$$

За величиною заряду і відомим об'ємом рідини, що вже перетекла, визначають середню густину заряду. Змінний конденсатор 5 працює для компенсації зміни об'єму системи. Величину потенціалу вимірюють електростатичним вольтметром 4. Суттєвими перевагами описаного методу є наявність одночасно деяких видів електризації, під час течії в капілярі, розбризкування, удару об тверду поверхню. Недоліком методу можна вважати невпевненість, що механізм електризації капілярів схожий на механізм електризації в установках реальних геометричних розмірів, оскільки відомо, що в капілярі відбувається різке збільшення електризації [46].

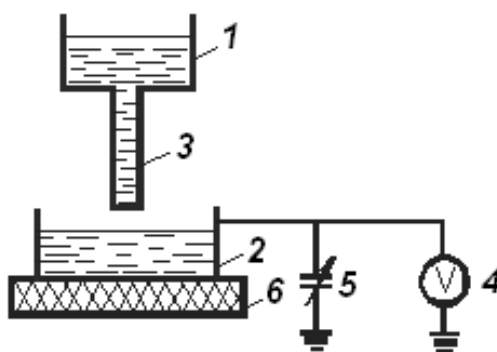


Рис. 2.1. Принципова схема визначення електризації капілярним методом

Метод «Esso». Принципову схему приладу «ER», який використовує фірма «Esso» для оцінювання рівня електризації рідини, показано на рис. 2.17.

В ізолюваний резервуар 1 вливають 3,75 л. рідини, яка безперервно перекачується через трубу з неіржавіючої сталі 2 діаметром 25 мм, заповнену скловатою, зі швидкістю 15,2 л/хв.

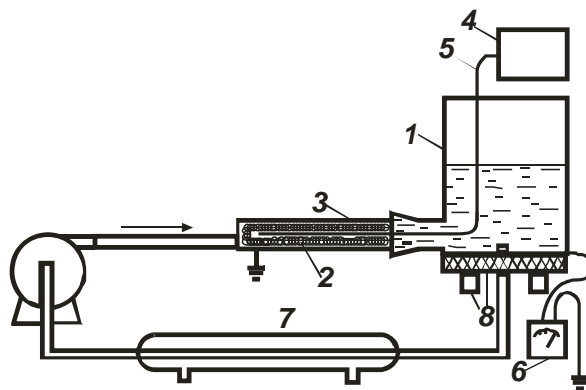


Рис. 2.2. Принципова схема пристрою «ER» для оцінювання електризації палив

В ізолюваний резервуар 1 вливають 3,75л. рідини, яка безперервно перекачується через трубу з нержавіючої сталі 2 діаметр 25мм, заповнена скловатою, зі швидкість 15,2 л/хв. Величина зарядів утворюючих в паливі при прокачуванні оцінюється кількістю розрядів в фільтрі в скловаті 3. Зареєстрованих радіоприймачем 4 з антеною 5, і током витoku с резервуара на землю вимірюваним мікро амперметром 6 через 10хв прокачки. Холодильник 7 служить для стабілізації і задання температури. До недоліків даної методики необхідно віднести наступне. Величина заряду поступаючого в резервуар менша чим створюється в фільтрі за рахунок розсіювання в трубі. Кількість розряду в фільтрі величина випадкова, більш характеризує геометрію фільтра ніж властивості палива. В процесі прокачки відбувається змінення характеристик як фільтра (підгоряння за рахунок заряду, забивки механічними домішками, абсорбції високо полярних з'єднань), так і палива.

Метод обертового диска. У разі використання схеми приладу з обертовим диском для дослідження електризації нафтопродукту, заряд утворюється під час обертання диска в досліджуваній рідині, що міститься в ізолюваному резервуарі. За критеріями оцінювання електризації обирається величина потенціалу ємності, що вимірюється вольтметром за певного значення числа Рейнольдса. Істотним недоліком цього методу є те, що оцінювання електризації так званим «потенціалом електризації» немає фізичної основи. Складна залежність «потенціалу електризації» від геометричних розмірів установки та кількості досліджуваної рідини призводить до невідповідності результатів з даними, отриманими на установках інших геометричних розмірів, а також іншими методами. Складний характер течії рідини важко відтворити, що пояснює незадовільну повторюваність результатів вимірювання.

Таким чином, усі розглянуті методики визначення електризації рідин мають один недолік: недостатній ступінь точності та непостійність умов електризації. Виходячи з того, що капілярний метод найпростіший і забезпечує достатню точність вимірювань, його використали для дослідження електризації рідини під час руху по трубах, а метод «Esso» – для експериментів з дослідження електризації вуглеводневих рідин під час їх прокачування крізь фільтри.

Існує прямий взаємозв'язок між електризацією рідин і їх схильністю до електризації. Найбільш інтенсивно електризуються рідини які мають питомий опір в межах $10^8 - 10^{14}$ Ом. В зв'язку з цим визначення електропровідності рідин при одночасному дослідженні їх схильності до електризації в однакових умовах може виявитись корисним для встановленого вказаного взаємозв'язку.

Всі методи визначення електропровідності рідких діелектриків [47] зводяться до виміру повного опору фіксуємого об'єму рідини з наступним перерахунком на питомий опір. Принципово кожна методика може бути розбита на два етапи: певних умов вимірювання, тобто форми електричного поля, фіксації заданого об'єму досліджуємої сировини, обмеження протікань і т.д., та замір опору тим чи іншим способом. Перша частина виконується за допомогою вимірювальної комірки спеціальної конструкції, друга вимірювальною схемою. В ряді випадків

конструкція вимірювальної комірки визначає конкретний спосіб вимірювання опору. Деякі конструкції дозволяють застосовувати любий із відомих способів вимірювання опору. Конструкція рис.2.3 а,б,в призначені для визначення провідності та нерівномірності, а рис.2.3 г,д,е в рівномірному електричному полі. Інколи, для створення гомогенності зразка в конструкції передбачають прилад для перемішування рідини. Точність результатів вимірювання в більшості випадків визначається вимірювальною схемою, способом визначення повного опору. Відомо декілька способів вимірювання великих опорів. Спосіб безпосереднього відхилення, існуюча модифікація широкого відомого способу амперметра-вольтметра, який придатний для вимірювання високих опорів до $10^8 - 10^{10}$ Ом. Потенціометричний спосіб широко застосовується у всіх приборах призначених для вимірювання високих опорів до 10^{13} ом. Для вимірювання опорів вище 10^{13} Ом рекомендуються способи, які використовують розряд конденсатора. Для порівняльних виробів найбільш зручний мостовий метод. Сутність всіх вказаних вище способів конструкції вимірювальних приладів, їх переваги та недоліки достатньо повно розкриті [46]. Необхідно відмітити той факт, що вимірювання електропровідності рідин в більшості випадків ускладнюються їх реагуванням в електричному полі: поляризацією електродів, затратами іонів, дисоціацією молекул. В наш час не існує загальноприйнятого визначення електропровідності рідких діелектриків, чим пояснюється велика різниця в чисельних значеннях електропровідності даваних різними авторами. Це визначається в першу чергу, складною залежністю провідності від умов вимірювання (форми, виду і величини поля, часом вимірювання та інше). Існуючий в наш час ГОСТ-6581-66, нормуючий умови визначення питомого опору рідких діелектриків, при якому встановлюється напруга поля не менш 500 в/мм., а час вимірювання через хвилину після увімкнення.

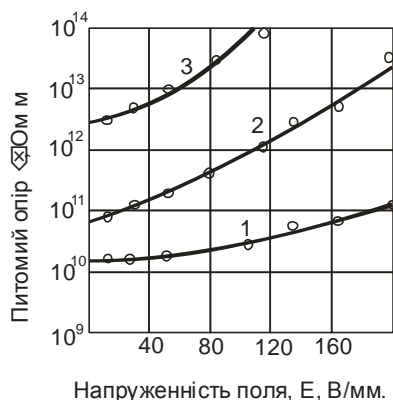


Рис. 2.3 Залежність питомого опору вуглеводнів від напруженості поля.

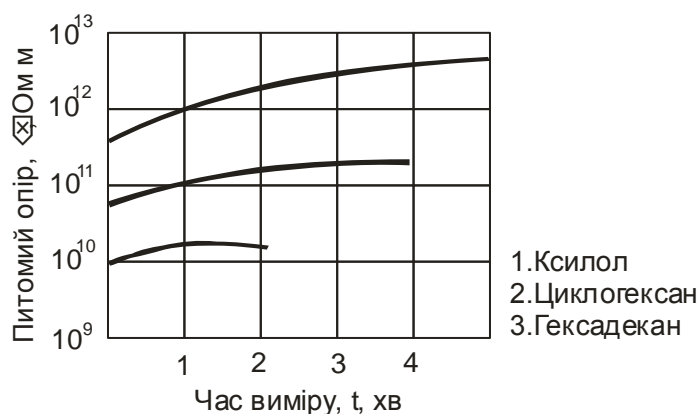


Рис. 2.4 Залежність питомого опору вуглеводнів від часу вимірів.

На рис. 2.3 і рис.2.4 приведенні залежності питомого опору деяких діелектриків від напруги поля і від часу увімкнення, отримані нами при замірюванні ρ_v по методиці встановленій ГОСТ-6581-66. Видно, що напруга поля, при якій виконується вимірювання, суттєво впливає на результат вимірювання, причому тим більше, чим вище величина вимірювального опору. Час вимірювання практично не впливає при вимірюванні питомого опору до 10^{10} Ом. Зміна опору в початковий момент ймовірно пов'язана з процесами поляризації. При більш високих опорах починає проявлятися втрата іонів, і при одному й тому самому часі вимірювання помилка в визначенні ρ різна, при чому похибка збільшується з підвищенням питомого опору. В [48] запропоновано характеризувати провідність значенням струму в початковий момент часу, коли не проявляється втрата іонів, дисоціація молекул і поляризація електродів під дією поля. Однак визначення значення i_0 можливо лише екстраполяцією у вигляді

значного часу перехідних процесів незбіжних при вимірі малих струмів. Величина i_0 визначається не тільки електропровідністю, але і поляризацією в результаті наявності струмів абсорбції в діелектриці. Поляризація електродів вносить значну похибку при вимірі i . Визначення i_0 в перемінному полі, виключає поляризацію електродів і втрат іонів, дає занижене значення для ρ в результаті накладання струму поляризації при $f > 50$ Гц. При менших частотах проявляється залежність поляризації діелектрика від частоти. Можливість визначення електропровідності за діелектричної проникності та часом релаксації із виразу (2.2) [49]:

$$\gamma = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\tau} \quad (2.2)$$

Час релаксації визначається по зниженню напруги на конденсаторі з досліджуваної рідини через визначений проміжок часу.

$$\tau = (t_2 - t_1) \left[\ln \left(1 - \frac{U_1}{U_2} \right) \right]^{-1}, \quad (2.3)$$

де U_1 і U_2 — значення напруги в моменти t_1 і t_2 відповідно.

Цей метод найбільш зручний при визначенні дуже високих питомих опорів. До недоліків даної методики вимірювання слід віднести те, що не враховується струм абсорбції [48]. При вимірюванні питомих опорів рідин з малим часом релаксації значно ускладнюється техніка експеримента і виникає значна похибка в результаті інерційності вимірювальних схем. Найбільш точною характеристикою електропровідності рідин є динаміка зміни струму через діелектрик в однакових умовах [49]. Однак в цьому випадку важко порівнювати отримані експериментальні дані для різних речовин. Це пов'язано з тим, що навіть в однакові проміжки часу втрата іонів і поляризація електродів не однакові для різних речовин. Таке порівняння можливе лише при різних, цілком визначених для кожної речовини, проміжках часу вимірювання, які повині відповідати моменту закінчення процесів поляризації, коли ще не проявляється сильна втрата іонів. Визначення цього моменту представляє значні труднощі. В зв'язку з цим,

більш цілеспрямовано в кожному конкретному випадку проводити оцінку одним з подібних методів, описаних вище.

Способи визначення діелектричної проникності рідин при малих частотах стандартизується ГОСТ-13671-68. Мостовий метод визначення, рекомендуємий в даному методі цілком простий, надійний і володіє високою чутливістю та точністю. Єдиною причиною за якою метод визначається по ГОСТ-13671-68 не задовольняє нас є неможливість визначення в умовах дослідження електризації.

2.3. Вибір методики оброблення авіаційних палив електричними і магнітними полями

Для обробки палив електричним та магнітним полем був використаний пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ (надалі для зручності – просто пристрій). Пристрій (рис. 2.5) складається з проточної камери 1, на зовнішній поверхні якої розміщено обмотку 2, усередині проточної камери 1 нещільно розташовано металеві кульки 3. Проточна камера 1 з'єднана з вхідним 4 і вихідним 9 трубопроводами, при цьому їх відповідні ділянки, розміщені всередині проточної камери 1, мають поздовжні прорізи 7 і 8 відповідно. Всередині вхідного трубопроводу 4 встановлено одну-дві фільтрувальні металеві сітки 5 і на ділянці, що ближча до входу в проточну камеру 1, на внутрішній поверхні трубопроводу 4 наклеєно смугастий електрет 6. Внутрішня поверхня вихідного трубопроводу 9 містить ізоляційне покриття.

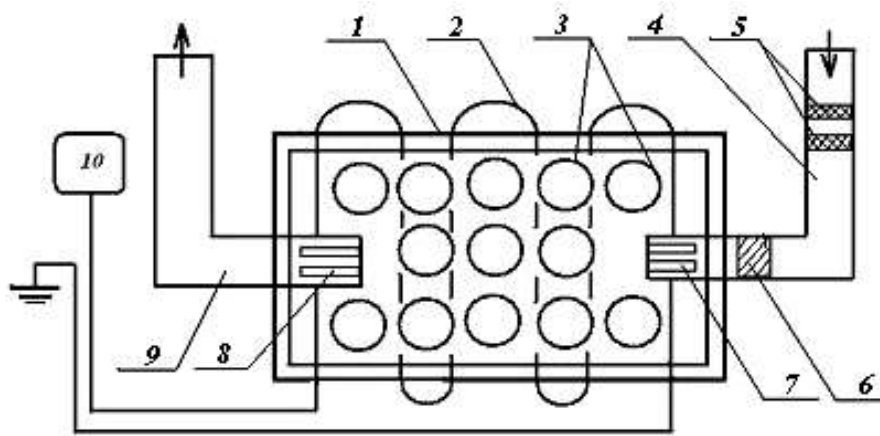


Рис. 2.5. Принципова схема пристрою для підвищення протизносних властивостей паливно-мастильних матеріалів:

- 1 – проточна камера;
- 2 – обмотка;
- 3 – металеві кульки;
- 4 – вхідний патрубок;
- 5 – фільтраційні металеві сіточки;
- 6 – смугастий електрет;
- 7, 8 – повздовжні прорізи;
- 9 – вихідний патрубок;
- 10 – високовольтне джерело живлення

Джерело живлення 10 приєднано до обмотки 2. Проточна камера 1, металеві кульки 2, вхідний 4 і вихідний 9 трубопроводи виконано з матеріалів однакової поляризаційної орієнтації і більшої діелектричної проникності, ніж у ПММ.

Роботу пристрою можна прокоментувати способом обробки ПММ (*пат. № 34918 Україна.*) [128], який втілено в цьому пристрої.

Паливо, чи рідкі ММ під тиском подаємо до проточної камери 1 через вхідний трубопровід 4 (рис. 2.5). При цьому, слабо наелектризовані ПММ рухається по вхідному трубопроводу і, переходячи через фільтрувальні сітки 5, додатково електризується, а після проходження смугастого електрета 6 набуває електростатичного заряду більшого значення. Таким чином сильно

наелектризовані ПММ подаємо до проточної камери 4, підведенням живлення 10 до обмотки 2 створюємо в середині камери 1, заповненої кульками 2, електромагнітне поле. Внаслідок спільної взаємодії електростатичного та електромагнітного полів підвищується спільна напруженість полів і підвищується числове значення електризації ПММ, а також за рахунок цього зменшується значення коефіцієнта поверхневого натягу краплі, що приводить до дрібнішого розпилення палива і його ефективного згорання. Сильно наелектризоване паливо чи ММ через вихідний трубопровід 9 подаємо до камери згорання чи до вузла тертя. При цьому на вихідний трубопровід 9 із середини нанесено ізоляційне покриття для запобігання втраті заряду. За рахунок поздовжніх прорізів 7 і 8 збільшуємо поверхню поділу фаз «стінка трубопроводу – рідина», а за рахунок цього адсорбується більша кількість іонів одного знака, які беруть участь в електролітичному механізмі виникнення електростатичних зарядів. Поздовжні прорізи 7 і 8 також допомагають зменшити гідравлічний опір, що сприяє швидшому протіканню ПММ з більшою швидкістю.

Саме завдяки поєднанню зовнішнього електромагнітного поля і трибоелектризації вдалося отримати нове конструктивне рішення. Тоді, рухаючись по трубопроводу, ПММ електризуються, тобто отримують заряд і, попадаючи в проточну камеру, заповнену кульками, збільшують його під дією електромагнітного поля, отриманого від живлення обмотки. Зі збільшенням поверхні поділу фаз «стінка трубопроводу – рідина» адсорбується більша кількість іонів одного знака, які беруть участь в електролітичному механізмі виникнення електростатичних зарядів. Тому поздовжні прорізи на краях вхідного і вихідного трубопроводів не лише зменшують гідравлічний опір, що сприяє перетіканню палива з більшою швидкістю, а й сприяють інтенсивнішій трибоелектризації.

Розроблений пристрій має такі функціональні можливості: дозволяє підвищувати протизносні властивості рідких вуглеводневих МС; та понижувати поверхневий натяг крапель палив та рідких ММ; сприяє створенню тонкодисперсної паливно-повітряної суміші, розкриттю факела в камері згорання

двигуна; за рахунок сприяння повному згоранню паливно-повітряної суміші зменшує концентрацію CO та CH у відпрацьованих газах двигуна, що частково дозволяє зменшити витрати палива.

Запропонований пристрій за рахунок його широкого функціонального призначення доцільно застосовувати на енергетичних установках різних типів, але переважно в двигунах внутрішнього згорання для підготовки палива та підвищення протизносних властивостей МС для вузлів тертя.

Робоче креслення пристрою для підвищення протизносних властивостей ПММ показано на рис.2.6 та його фотографію в робочому стані на рис. 2.7.

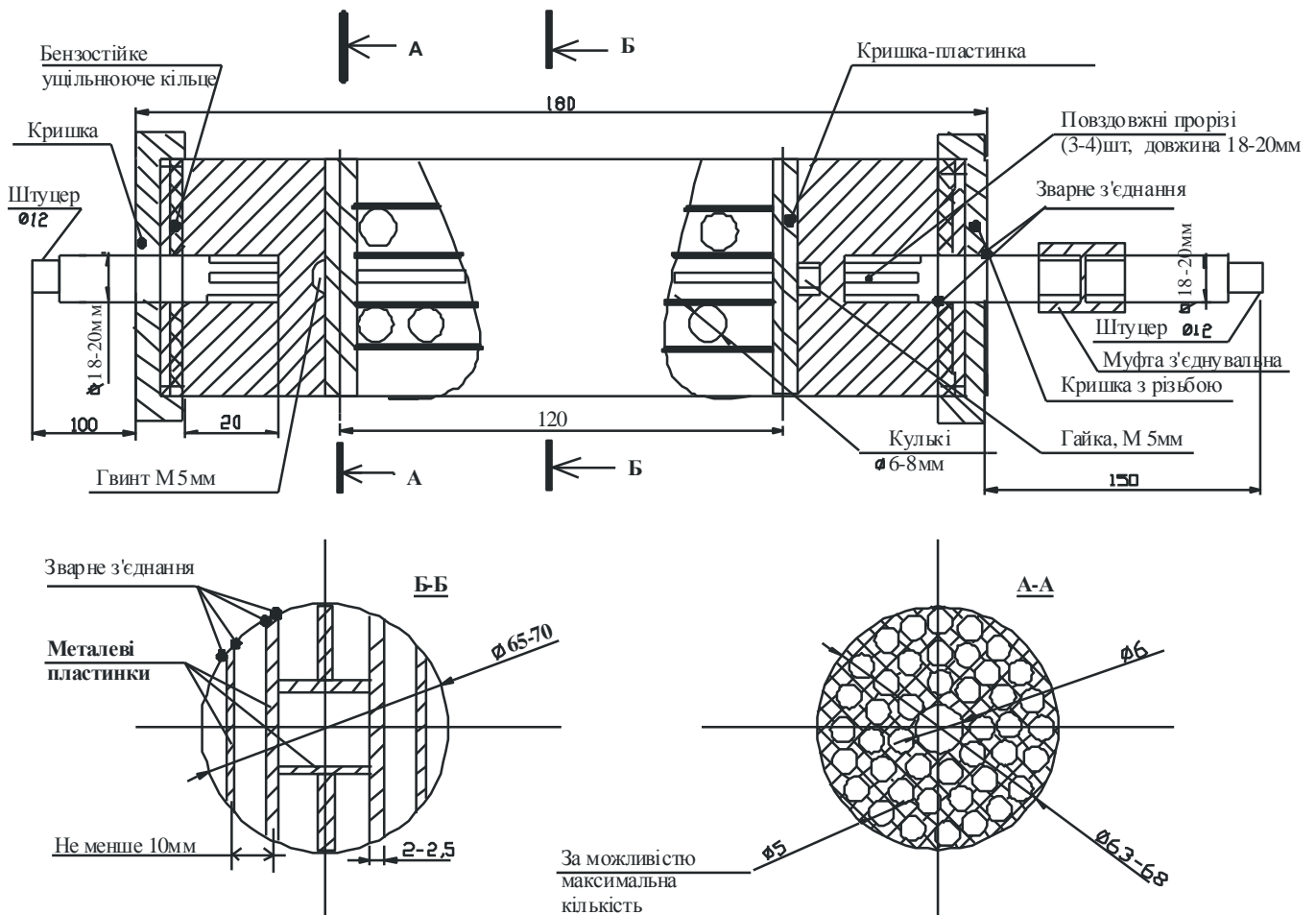


Рис. 2.6. Робоче креслення пристрою для підвищення протизносних властивостей ПММ



Рис. 2.7. Пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ
(фотографія)

2.4. Висновки до розділу

Усі відомі прилади для дослідження електризації рідин можна розділити на три основні групи згідно з принципом дії: з утворенням заряду під час протікання в капілярі; прокачування через фільтр; обертання диска в рідині.

Для обробки палив електричним та магнітним полем був використаний пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ. Розроблений пристрій має такі функціональні можливості: дозволяє підвищувати протизносні властивості рідких вуглеводневих МС; та понижувати поверхневий натяг крапель палив та рідких ММ; сприяє створенню тонкодисперсної паливно-повітряної суміші, розкриттю факела в камері згорання двигуна; за рахунок сприяння повному згоранню паливно-повітряної суміші зменшує концентрацію СО та СН у відпрацьованих газах двигуна, що частково дозволяє зменшити витрати палива.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ЕЛЕКТРИЗАЦІЮ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВ.

3.1. Дослідження електризації авіа палива JET A-1 під час течії у трубах та крізь фільтри.

Для оцінювання застосування результатів поданих у попередньому підрозділі експериментів до реальних умов електризації ПММ у повнорозмірних приладах, нами проведено стендові дослідження.

Для проведення натурного експерименту з використанням пристрою для обробки ПММ було розроблено відповідний стенд, який імітує паливну, або мастильну систему автомобіля (літака). Принципову схему стенду зображено на рис. 3.1.

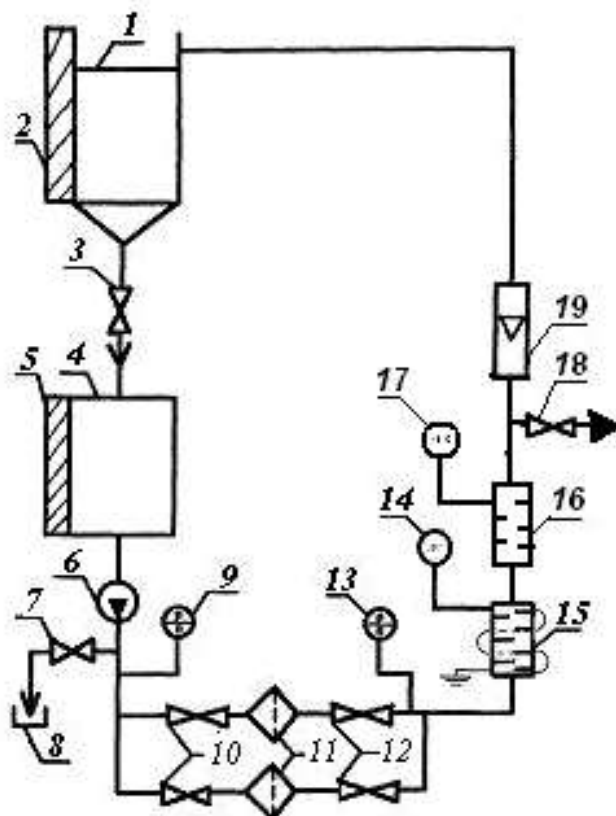


Рис. 3.1. Принципова схема стенда досліджень:

- 1, 4* – баки;
- 2, 5* – вимірювальне скло;
- 3, 7, 10, 12* – крани;
- 6* – насос перекачування рідини;
- 9, 13* – манометри тиску;
- 11* – фільтри (відрізняються фільтроматеріалом);
- 14* – джерело струму;
- 15* – пристрій для підвищення протизносних властивостей ММ;
- 16* – промисловий датчик електризації;
- 17* – електрометричний підсилювач «У1-6»;
- 18* – кран для відбору проб;
- 19* – ротаметр

Досліджувана рідина (дизельне паливо, авіапаливо JET A-1, олива «МС-20») із бака *4* по трубопроводу за допомогою відцентрового насоса *6* спрямовується до фільтрів *11* (один з фільтрів має металеву фільтрувальну сітку, інший – стандартний фільтрувальний папір) і відповідно до теорії електризації у фільтрах досліджувана рідина отримує максимальний рівень природної електризації. Далі по ходу трубопроводу досліджувана рідина потрапляє до пристрою для підвищення протизносних властивостей ММ *15*, в якому додатково оброблюється накладеними електромагнітним та електростатичним полями. Далі рідина потрапляє до бака *1*, з якого можна брати проби ММ для оцінювання їх протизносних характеристик, або їх можна брати, відкриваючи кран *18*. Для обліку рідини в стенд встановлено ротаметр *19*. За допомогою манометрів *9, 13* встановлюється необхідний тиск у системі. Показники манометрів також свідчать про працездатність фільтрів, або порушення їх роботи. Перекриванням кранів *10, 12* можна замінювати фільтроматеріали, оскільки корпуси фільтрів легкорозбірні. Для досягнення найбільшого ефекту рекомендовано відкрити кран *3* та деякий час пропускати рідину по колу для зменшення випадку релаксації заряду. Отже, у випадку оброблення ПММ накладеними електростатичним та електромагнітним

полями елементи 16, 17 стенда не задіяні. Але для дослідження електризації вуглеводневих середовищ пристрій 15 використовується як джерело природної електризації. Електрометричний підсилювач 17 (типу «У1-6») не тільки підсилює електричний сигнал, отриманий з датчика електризації 16, а й має вбудований мікро- амперметр та вольтметр широкого діапазону вимірювань.

Величина заряду в баці реєструвалася електростатичним вольтметром. Електропровідність вимірювали електрометричним підсилювачем «У1-6» з регульованим джерелом струму. Діелектричну проникність визначали містком змінного струму 19 (Р-570). Визначення питомого опору і діелектричної проникності проводили дискретно шляхом відбору проб.

В такій паливній системі наявні декілька механізмів утворення електричного заряду: під час протікання в трубопроводі, фільтрації та за рахунок розбризкування палива в баці. У зв'язку з цим схема вимірювання передбачає контроль утворюваного заряду на трьох ділянках стенда: у трубопроводі, на фільтрі і в баці. Густина заряду, що утворюється в трубопроводі, пов'язана зі струмом відтоку зі стінок труби відношенням:

$$q_m = I_m / V_m, \quad (3.1)$$

де q_m – об'ємна густина заряду, Кл/м³;

I_m – струм відтоку зі стінок труби, μ А;

V_m – об'ємна витрата палива, м³/с.

Вимірюючи V_m і I_m , можна визначити середнє значення q_m . Конструктивно датчик 16 (рис. 4.10) виготовлений у вигляді відрізка труби діаметром, що дорівнює діаметру трубопроводів, і ізольованого від нього втулками з фторопласта. Для усунення перешкод датчик поміщено в екран. Аналогічно описаному вище, густина заряду, що утворюється у фільтрі, характеризується значенням струму відтоку з фільтра і об'ємною витратою палива крізь фільтр згідно зі співвідношенням (3.2):

$$q_{\phi} = I_{\phi}(1 - e^{-t/\tau}) / V_{\phi}, \quad (3.2)$$

де I_{ϕ} – струм відтоку з фільтра, μ А;

V_{ϕ} – об'ємна витрата палива (в розглядуваному випадку дорівнює витраті через трубопровід), $\text{м}^3/\text{с}$;

q_{ϕ} – об'ємна густина заряду, що утворився в фільтрі, $\text{Кл}/\text{м}^3$;

t – час перебування ПММ у фільтрі, с.

У рівнянні 3.2 член $e^{-t/\tau}$ враховує релаксацію заряду в фільтрі за результатом оцінювання часу t і τ , що дорівнюють близько 0,08 с та 1,5 с відповідно. А це означає, що член $e^{-t/\tau}$ рівняння (3.2) можна брати за нуль. Дослідна перевірка, що полягала в реєстрації струму потоку в трубі після фільтра, показала правильність наведеного оцінювання. Струм відтоку з трубопроводу за наявності релаксації у фільтрі (фільтр заземлений) і за її відсутності (фільтр електрично ізолюваний від системи) був однаковий. Відповідно заземлення фільтра не чинить суттєвого впливу на утворення і розподілення заряду в системі. Це послужило основою для використання фільтра як датчика, ізолювавши його електрично від конструкції стенда фторопластовими ізоляторами.

Заряд, набутий паливом у фільтрі і трубопроводі, транспортується з ним у бак. На шляху відбувається його розсіювання в трубопроводі. Тому величина заряду, що потрапив до бака, менша від утвореного у фільтрі і трубопроводі. Однак заряд може утворитися в самому баці внаслідок розбризкування, перемішування, барботування, осадження і т. ін. Для оцінювання заряду в баці був введений всередину бака електрод, ізолюваний від стінки бака. Різниця потенціалів на обкладках такого конденсатора пов'язана із зарядом в баці співвідношенням:

$$Q_{\phi} = C_0 U k(h), \quad (3.3)$$

де Q_{ϕ} – сумарний заряд в баці, Кл;

C_0 – вимірювальна ємність: електрод – бак палива, Фа;

U – різниця потенціалів: вимірювальний електрод – бак, В;

$k(h)$ – коефіцієнт, який враховує вимірювану ємність системи залежно від рівня палива.

Експериментальне визначення коефіцієнта $k(h)$ з вимірювань ємності у функції висоти рівня палива показали, що його значення змінилося від 1 (коли бак порожній) до 0,99 (коли бак заповнений). Для визначення часу релаксації і контролю повторюваності результатів вимірювали питомий опір і діелектричну проникність.

Дослідження проводили за фіксованої температури $t = 20$ °С на паливі JET A-1 з такими електрофізичними характеристиками $\rho = 4 \cdot 10^{11}$ Ом·м, $\epsilon = 2,06$, $\tau = 7$ с, $\xi = 1,3$ сСт. Залежність струму витoku зі стінки датчика від середньої швидкості течії зображено на рис. 3.2 (крива 2) і становить собою степеневу функцію із показником степеня 0,5 – 0,7. Для зручності порівняння всі функції на рис. 4.11 подано у відносних одиницях; як такі вибрано максимальні значення досліджуваних величин. Відхилення від відомої з літературних джерел подібної залежності, яка встановлює показник степеня 1,5 – 2, пояснюється тим, що за обмеженої довжини датчика має місце відношення часу перебування палива в датчику і часу релаксації палива. Час перебування палива в датчику стає меншим від часу формування подвійного шару, тому густина заряду зменшується. За витрати 0,7 м³/год, що перетікає через трубопровід, внутрішній діаметр якого 12 мм паливо, перебуває в датчику завдовжки 320 мм протягом 1 с. Час формування подвійного шару визначається часом релаксації і за питомого опору палива JET A-1 10^{11} Ом та відносної діелектричної проникності $\epsilon=2$ становить 1,6 – 1,7 с. За відомою залежністю, яка враховує відношення t/τ , можна виключити вплив довжини датчика на результати замірів, визначивши $I_{то}$ – струм потоку для нескінченно великої довжини датчика (рис. 3.2. крива 3).

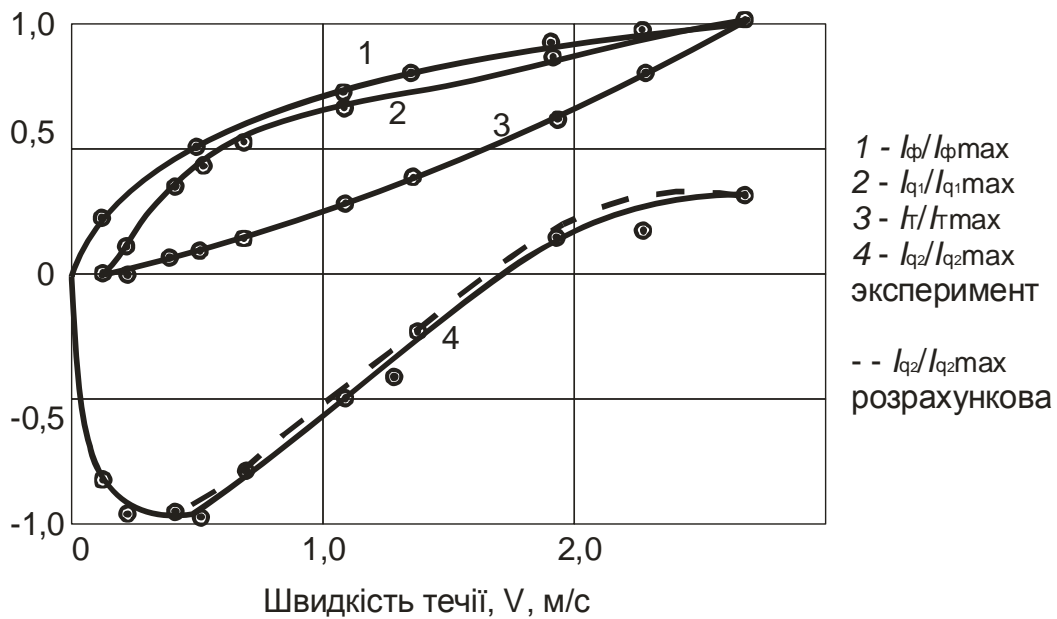


Рис. 3.2. Залежність електризації палива JET A-1 у фільтрі (1) і трубах до фільтра (2) і після фільтра (4) від швидкості течії

Отримана залежність добре узгоджується з відомим літературними даними. Густину утвореного під час течії у трубі заряду знаходимо за залежністю (3.1). Для того, щоб отримані розрахункові результати можна було порівняти з експериментальними, визначали градієнти швидкості на межі в'язкого підпрошарку і турбулентного ядра. В якості такої межі вибиралася нижня межа логарифмічного прошарку.

Визначення градієнта швидкості на межі турбулентного ядра проводили наступним чином. За відомою залежністю $\Delta/Re = f(Re)$ [65] для гладких труб, знаходили співвідношення Δ/Re при досліджуваному режимі течії, який задавався швидкістю потоку в трубі, а потім Δ за відомим R . Значення $\text{grad } v(r)$ визначали диференціюванням $v = f(r)$ за встановленого руху:

$$\text{grad } \mathcal{G}(r) = \frac{4\mathcal{G}_{\text{сеп}}(R - \Delta)}{R^2}. \quad (3.4)$$

Залежність густини заряду, утвореного в трубопроводі від градієнта швидкості на межі турбулентного ядра, показано на рис. 3.3.

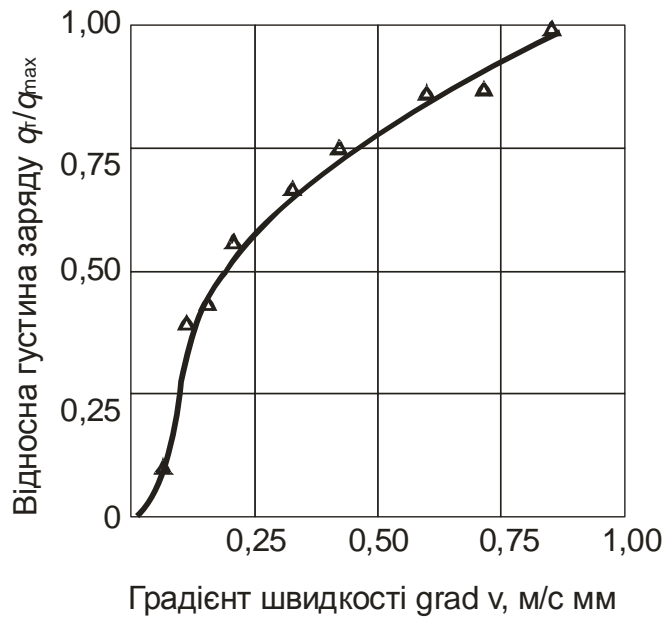


Рис. 3.3. Залежність густини заряду в трубі від градієнта швидкості

Зіставлення експериментальних залежностей $I_m/I_{m\max}$ (рис. 3.2) та $q_m/q_{m\max}$ (рис. 3.3) показує, що за меншої довжини датчика значно меншою мірою струм датчика пропорційний густині заряду, набутого паливом під час протікання в довгому трубопроводі такого самого діаметру. Насправді вже при $l=0,1\tau$ отримаємо:

$$1 - e^{-\frac{l}{\mathcal{G}\tau}} \approx \frac{l}{\mathcal{G}\tau}. \quad (3.5)$$

Рівняння для знаходження струму витoku зарядів у трубі набуває вигляду:

$$I_r = kq. \quad (3.6)$$

Коефіцієнт пропорційності k залежить від геометричних розмірів датчика і властивостей рідини, що характеризуються часом релаксації. Рівняння (3.6) справедливе лише для випадку, коли в трубопровід надходить незаряджене паливо, тобто коли весь заряд утворюється під час протікання у трубопроводі. Якщо в трубопровід надходить попередньо заряджене паливо, наприклад у фільтрі, то струм з датчика визначається сумою двох струмів: струму I_m , що виникає і у попередньому випадку при утворенні зарядів у трубі, і струму

релаксації I_y заряду, який паливо отримало до потрапляння в датчик. Струм відтоку напрямлений зустрічно струму I_T :

$$I_g = I_T - I_y. \quad (3.7)$$

Тому за всіх рівних умов струм датчика в разі потрапляння в нього зарядженого палива буде значно відрізнятися від струму датчика, у який надходить нейтральне паливо. На рис. 3.3 (крива 4) показано зміну струму датчика, встановленого за фільтром залежно від швидкості течії потоку. Порівняння зі струмом датчика перед фільтром (крива 2) показує, що за малих витрат палива переважає струм відтоку, внаслідок чого змінився напрям сумарного струму. У міру збільшення витрати струм відтоку зменшується і в разі великих витрат стає меншим за струм, що забезпечується зарядженням палива у датчику. Сумарний струм отримує той же знак, що й струм з датчика перед фільтром, але абсолютна його величина менша. Аналітичний висновок приводить до співвідношення:

$$I_{g2} = I_T \left(1 - e^{-\frac{l_g}{\rho\tau}}\right) - I_\phi e^{-\frac{l_{g\phi}}{\rho\tau}} \left(1 - e^{-\frac{l_g}{\rho\tau}}\right) \quad (3.8)$$

де $l_{g\phi}$ – відстань від фільтра до датчика, м;

l_g – довжина датчика, м.

Визначений за формулою (3.8) струм I_{g2} із вимірних значень I_T і I_ϕ у функції витрат показано на рис. 3.3 пунктирною лінію. Таким чином, можна констатувати, що в трубі невеликої довжини знайдений за відношенням (3.8) струм дорівнює струму потоку лише у випадку, коли в неї надходить незаряджене паливо. У разі потрапляння у трубу зарядженого палива струм з неї є більш складною функцією струму потоку. При цьому зі збільшенням швидкості течії струм з труби зменшується не дивлячись на збільшення струму потоку. Відповідно і звичайна оцінка ступеня електризації за струмом потоку в останньому випадку неправомірна. Характер процесів, що відбуваються у фільтрі, ймовірно подібний до явищ у трубах. Цей висновок впливає з розгляду залежності густини заряду у фільтрі від витрати палива (рис. 3.4).

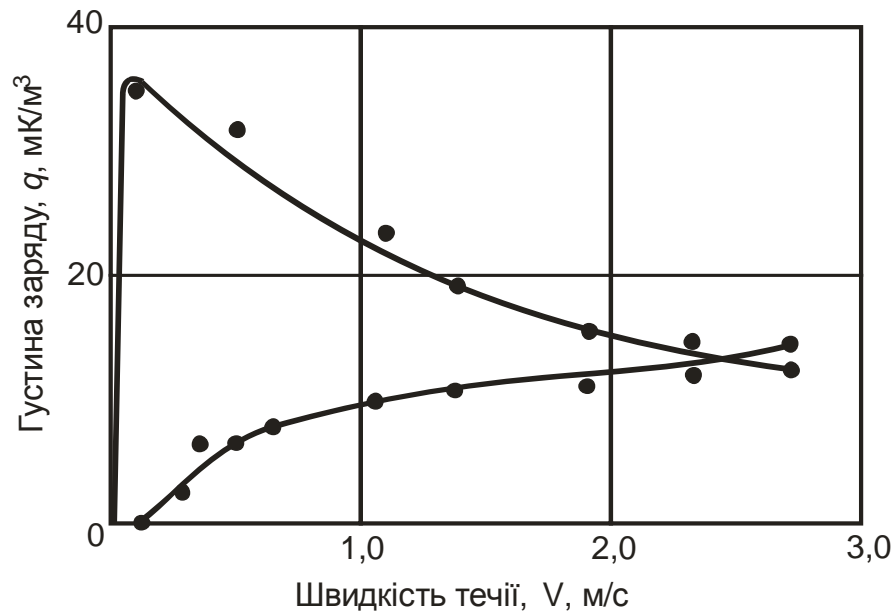


Рис. 3.4. Залежність густини заряду, що виник у трубі й фільтрі, від швидкості плинину течії

Найбільша густина заряду, що утворився у фільтрі, спостерігається за малих витрат. Зі збільшенням витрати q_{ϕ} , густина зменшується і прагне до постійної величини за великих витратах. Це можна пояснити тими ж причинами, що ц у випадку течії в трубі. За малої швидкості течії заряд збільшується пропорційно градієнту швидкості. Коли значення $\vartheta\tau$ стає більшим від товщини фільтроелемента, подвійний шар, який руйнується силами гідродинамічного поля, не встигає відновлюватися, і густина заряду зменшується. У разі нескінченної довжини труби величина густини заряду прагне до постійної величини і не залежить від того, де заряд утворюється – у фільтрі чи в трубі.

Утворення і нагромадження заряду в баці досліджували двома способами: під час заправлення палива у бак і під час циркуляції палива через замкнуту систему. У разі заправлення палива у бак сумарний заряд змінюється лінійно. Лише в початковий момент часу, коли бак порожній, швидкість збільшення була малою. У міру заправлення бака швидкість збільшення заряду зростала і потім залишалася постійною до закінчення процесу заправлення (рис. 3.5).

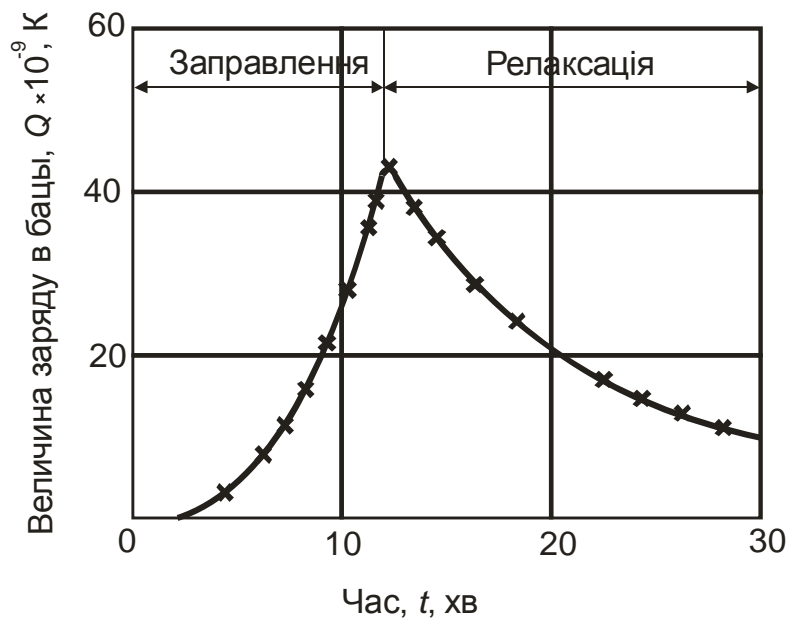


Рис. 3.5. Динаміка накопичення заряду в баці в процесі заправлення

Величина утвореного в баці заряду одночасно визначається двома факторами: величиною нагромадженого заряду, який потрапляє із паливом, і величиною релаксаційного заряду. Величина заряду, що надходить з паливом, залишається постійною протягом усього періоду заправлення бака та визначається швидкістю заправлення і густиною заряду, не релаксованого в трубопроводі до надходження в бак. Релаксація заряду визначається геометрією бака і питомим опором палива і може бути визначена після закінчення процесу заправлення за швидкістю зміни заряду. Релаксацію зазвичай оцінюють за постійною часу релаксації

$$\tau = RC, \quad (3.9)$$

де R – опір об'єму рідини між електродами, Ом;

C – ємність електродів, Фа.

Визначення часу релаксації з експерименту для вказаної конфігурації і об'єму бака при заповненому паливом JET A-1 показало, що він має значення 3 – 4 хв. Інтенсивність утворення і нагромадження заряду під час заправлення можна оцінювати за швидкістю нагромадження заряду на лінійній ділянці залежності $Q = f(t)$, величини заряду в баці за часом, тобто за тангенсом кута нахилу (рис. 3.5)

цієї прямолінійної ділянки. Залежність швидкості нагромадження заряду від швидкості заправлення палива показано на рис. 3.6. Швидкість нагромадження заряду в баці збільшується пропорційно квадрату швидкості заправлення. Це пов'язано зі зменшенням релаксації заряду в баці.

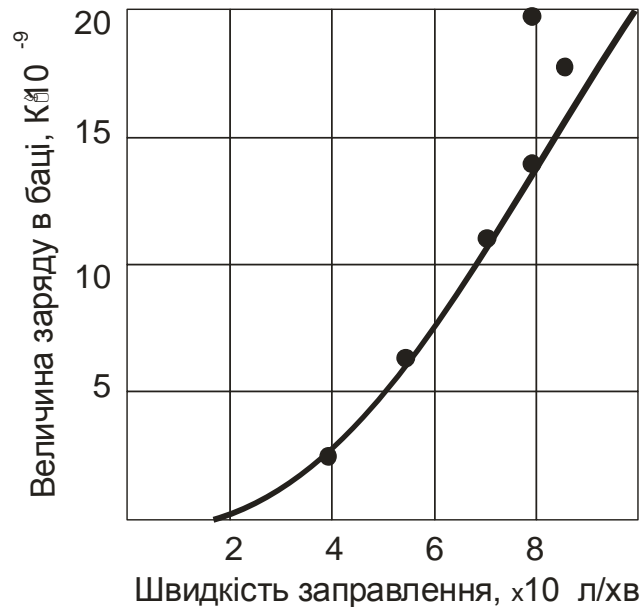


Рис. 3.6. Вплив швидкості заправлення на величину надлишкового заряду в баці

3.2. Дослідження впливу електричних і магнітних полів на електризацію авіа палива JET A-1

Вплив електричного поля. Як відомо, обробку ПММ електричним полем призначено для очищення палив від емульсійної води і механічних домішок [50]. Обробку електричним полем проводили в осередку датчика електризації. Для створення рівномірного поля використовували два коаксіальні циліндри сполучені з півсферами на одному кінці й охоронними електродами на другому. Джерелом електричного поля послужило високовольтне джерело живлення ВС-23, технічні характеристики якого також наведено вище. Напруженість поля змінювали шляхом зміни різниці потенціалів між електродами й оцінювали її середнім значенням [51]. Установлено, що змінне електричне поле не справляє істотного впливу на ступінь електризації палив, постійне – істотно змінює її.

Ступінь впливу постійного поля залежить від його конфігурації, величини напруженості й часу впливу. Залежність густини заряду від часу впливу за постійної напруженості поля для декількох різних її значень показано на рис. 3.7.

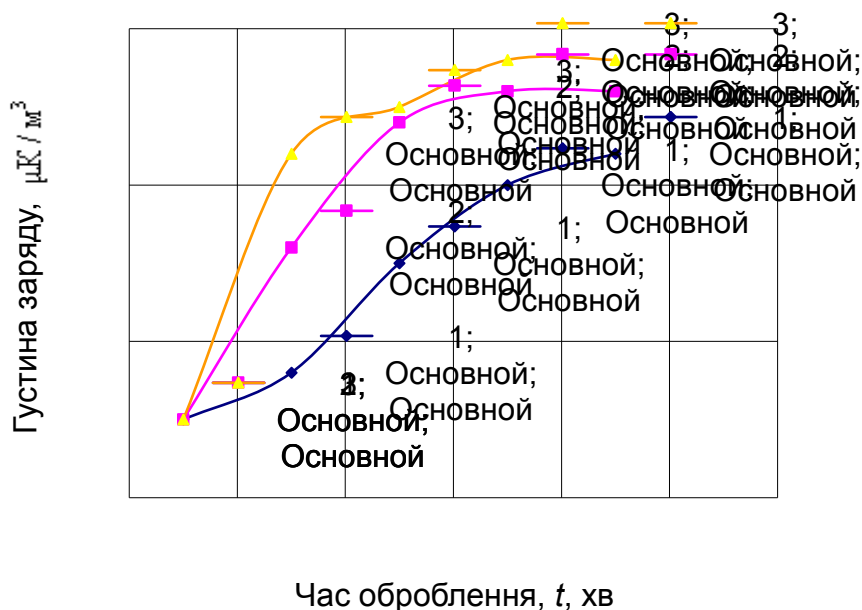


Рис. 3.7. Залежність ступеня електризації палива JET A-1 від часу оброблення електричним полем:

$$1 - E = 1 \cdot 10^5 \text{ В/м};$$

$$2 - E = 1,5 \cdot 10^5 \text{ В/м};$$

$$3 - E = 8 \cdot 10^5 \text{ В/м}$$

З наведених кривих видно, що при $t \rightarrow \infty$ залежність $q=f(t)$ прагне до насичення. Насичення досягається через час $t_{\text{нас}}$, характерний для величини E . Зі збільшенням напруженості $t_{\text{нас}}$ зменшується. Залежно від типу палива інтервал часу насичення становить $5 \dots 30$ хв. Менші значення характерні для гідроочищених палив, більші – для прямогонних. Максимальна величина електризації не залежить від напруженості поля й часу обробки. Час насичення є функцією напруженості поля. Оцінка впливу обробки на електропровідність (рис. 3.8) приводить до подібної залежності для питомого опору. Відносна зміна густини заряду дорівнює відносній зміні питомого опору.

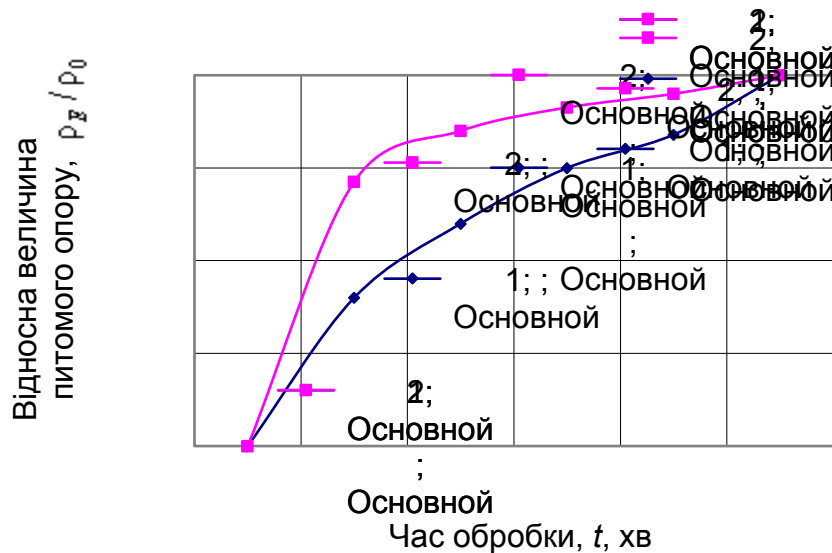


Рис. 3.8. Вплив часу обробки електричним полем на електропровідність

палива JET A-1:

$$1 - E = 1 \cdot 10^5 \text{ В/м};$$

$$2 - E = 2 \cdot 10^5 \text{ В/м}$$

Таким чином, причиною збільшення електризації палив після впливу електричного поля є зменшення втрат, унаслідок зміни електропровідності палива.

Характер отриманих залежностей показує, що збільшення напруженості рівноцінне збільшенню часу обробки. Величина q при цьому не змінюється. В однорідному полі всі процеси відбуваються повільніше, ніж у неоднорідному за однакової напруженості поля. У змінному полі на кожну частку діє змінна за величиною сила. Поділ речовин у цьому разі визначається співвідношенням періоду зміни поля й часу, за яке частинка досягає електрода. У розглядуваному випадку період зміни поля менший від часу руху частинки від електрода до електрода і ефект поля набагато нижчий. Зменшення кількості частинок у рідині, що несе в собі певний заряд за незмінної рухливості, зумовлює зменшення втрат, а отже, підвищення густини заряду в рідині при електризації. У парці передбачається, що за дії електричного поля змінюється вміст диспергованого повітря й газів, а також упорядкованих квазікристалічних ґрат. У разі впливу

сильних полів можлива іонізація домішок, властива рідині й емісія електронів з електрода. Рухливість носіїв заряду не залежить від напруженості й характеру поля. У такий спосіб застосування електрофільтрів сприяє збільшенню електризації палив. Причиною зміни ρ , q , ϵ палив після впливу електричного поля є зменшення вмісту високополярних домішок, які є джерелом вільних носіїв заряду. Явище поділу речовин з різними діелектричними проникностями натеper уже встановленим фактом. Характер впливу поля пов'язаний із природою й розміром молекул, які видаляються з рідини й осідають на стінках комірки. Заряд молекул тим вищий, чим вищий її електричний момент відносно середовища і більші її розміри відносно величини молекул розчинника. Отже, більша сила з боку електричного поля буде діяти на більші молекули й швидкість їх видалення також буде більшою, оскільки сили електричного поля зростають швидше, ніж сила опору руху зі збільшенням розміру частинок. Зі збільшенням часу перебування палива в полі кількість частинок у ньому зменшується експоненціально. Так само змінюється й густина заряду в паливі. За вищих напруженостей поля швидкість частинок збільшується, дрібніші частинки сильно віддаляються, час насичення зменшується.

Вплив магнітного поля. Відомо, що магнітна обробка органічних сполук приводить до зміни деяких їх фізико-хімічних характеристик [52]. Обробку магнітним полем авіаційних палив запропоновано для підвищення деяких їх протизносних властивостей. Як лабораторний пристрій для магнітної обробки палив був використаний розроблений нами пристрій для обробки ПММ. У цьому випадку внутрішній пенал з кульками було знято за допомогою різьбового з'єднання (див. рис. 3.6) і наш пристрій становив собою одноконтурний апарат з котушками підмагнічування (природна трибоелектризація в пристрої не виникала, або була незначною). Електромагніт живився від згадуваного раніше випрямляча ВС-23. Дослідження проводили на авіапаливі JET A-1 за постійної температури 20 °С. Застосовували статичний і динамічний режими обробки. У статичному режимі впливу поля піддавали нерухомий зразок палива. У динамічному режимі паливо прокачувалось через діелектричний трубопровід і оброблювали за допомогою

пристрою. Швидкість прокачування через магнітний апарат становила 0,5 м/с. При цьому зразок палива перебував у полі впливу 0,3 с. Установлено, що обробка палива магнітним полем у статичному стані істотного впливу на електрофізичні властивості палив не чинить [54]. Зафіксовані зміни лежать у межах похибки вимірювальних приладів. Динамічний режим обробки змінює електризацію, питомий опір і діелектричну проникність. На рис. 3.9 наведено залежність густини заряду q , що утворився в обробленому паливі при дослідженні в осередку, від напруженості магнітного поля. З рисунка видно, що зі збільшенням напруженості поля густина заряду в намагніченому паливі монотонно падає. Найбільшу її зміну виявлено при обробці в полях із напруженістю до 320...480 кА/м. Подальше збільшення напруженості поля при обробці істотно не змінює заряд. Питомий опір також знижується зі збільшенням напруженості поля до 320 кА/м. У разі подальшого підвищення H відзначено деяке збільшення ρ (табл. 3.1), діелектрична проникність змінювалася екстремально. Причому зменшення ε починається вже при $H = 320$ кА/м.

Таблиця 3.1

Залежність питомого опору й діелектричної проникності авіапалива JET A-1 від зміни напруженості магнітного поля

Напруженість, H , кА/м	0	160	240	320	400	480	640	880
Питомий опір, ρ , Ом·м·10 ¹¹	2,5	1,85	1,5	0,56	0,6	0,77	0,77	0,8
Діелектрична проникність, ε	2,069	2,070	2,070	2,070	2,0699	2,0697	2,0696	2,0696

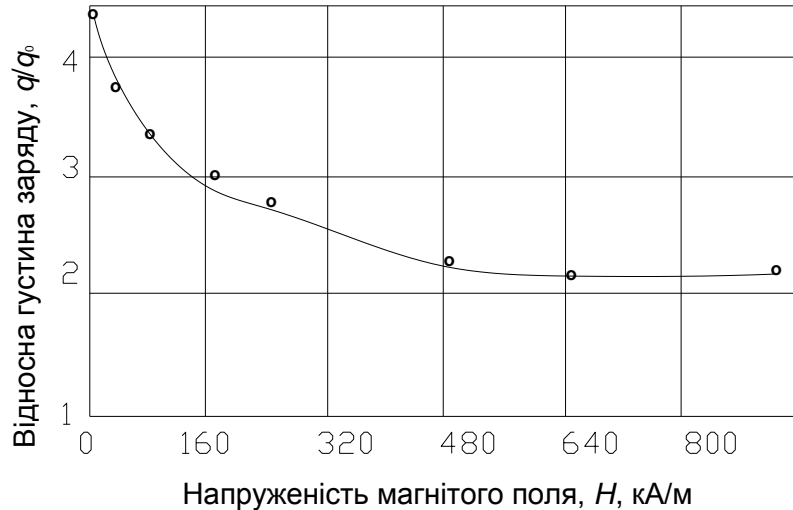


Рис. 3.9. Вплив обробки магнітним полем на електризацію авіапалива JET

A-1

Електризація зменшується за рахунок того, що магнітне поле змінює втрати зарядів, завдяки утворенню нових носіїв заряду й упорядкування квазікристалічної структури рідини. Кількість носіїв заряду збільшується за рахунок руйнування сольватних оболонок, про що свідчить деяке збільшення ϵ при $H = 320$ кА/м.

3.3. Висновки до розділу

Розроблено відповідний стенд, який імітує паливну, або мастильну систему автомобіля (літака). В такій паливній системі наявні декілька механізмів утворення електричного заряду: під час протікання в трубопроводі, фільтрації та за рахунок розбризкування палива в баці.

Досліджено утворення і нагромадження заряду в баці двома способами: під час заправлення палива у бак і під час циркуляції палива через замкнуту систему. Визначено, що у разі заправлення палива у бак сумарний заряд змінюється лінійно. Лише в початковий момент часу, коли бак порожній, швидкість

збільшення була малою. У міру заправлення бака швидкість збільшення заряду зростала і потім залишалася постійною до закінчення процесу заправлення.

Досліджено, що більша сила з боку електричного поля буде діяти на більші молекули й швидкість їх видалення також буде більшою, оскільки сили електричного поля зростають швидше, ніж сила опору руху зі збільшенням розміру частинок. Зі збільшенням часу перебування палива в полі кількість частинок у ньому зменшується експоненціально. Так само змінюється й густина заряду в паливі. За вищих напруженостей поля швидкість частинок збільшується, дрібніші частинки сильно віддаляються, час насичення зменшується.

Електризація зменшується за рахунок того, що магнітне поле змінює втрати зарядів, завдяки утворенню нових носіїв заряду й упорядкування квазікристалічної структури рідини. Кількість носіїв заряду збільшується за рахунок руйнування сольватних оболонок, про що свідчить деяке збільшення ϵ при $H = 320 \text{кА/м}$.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Рівень технічного оснащення підприємств, який зростає, ускладнення виробничих процесів супроводжуються підвищенням енергоємності виробництв, високою концентрацією потужностей і матеріалів. За таких умов недодержання вимог пожежної безпеки призводить до значних економічних збитків та людських жертв.

В більшості випадків будь-яка діяльність людини може нести за собою потенційну небезпеку, і може призводити до травм, погіршення самопочуття, захворювань та інших негативних наслідків. Особливо це стосується роботи в хімічній лабораторії, де існує досить значна кількість небезпечних факторів.

Завданням цього розділу дипломної роботи є аналіз умов праці в робочому кабінеті, а також розробка заходів, спрямованих на створення умов праці, що відповідають вимогам норм і стандартів з техніки безпеки та охороні праці.

4.1. Аналіз умов праці

4.1.1. Організація робочого місця

Розміри хімічної лабораторії:

$L = 7,0$ м – довжина приміщення;

$B = 7,0$ м – ширина приміщення, висота $h = 3,15$ м.

$S = 49$ м² – площа приміщення, загальна площа столів, шаф, приладів

$S_{\text{п}} = 29$ м², а корисна площа $S = S' - S_{\text{п}} = 20$ м².

Об'єм приміщення становить $V = Sh = 60$ м³.

В даній лабораторії знаходиться 2 робочих місця, а отже на кожного працівника: площа – 24,5 м²; висота – 3,15 м.

Об'єм виробничого приміщення на одного працівника має становити не менше як 15 м³, а площа — 4,6 м². Отже, розраховані показники повністю задовольняють нормативну документацію.

4.1.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Шкідливі та небезпечні чинники:

- наявність шкідливих речовин;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- несприятливі параметри мікроклімату;
- можливість ураження електричним струмом;
- можливість виникнення пожежі та вибуху.

4.1.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників

4.1.3.1. Мікроклімат приміщень

Мікрокліматичні умови на робочому місці, у виробничих приміщеннях – найважливіший санітарно-гігієнічний фактор, від якого залежить стан здоров'я та працездатність людини. Мікрокліматичні умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Відповідно до ДСТУ Б EN 15251:2011 і ДСН 3.3.6.042-99, робота, яка здійснюється в розглянутому приміщенні, відноситься до категорії Іб, до якої належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням.

Для даного виду робіт в холодний період року та в теплий період року температура повітря складає 22 °С, відносна вологість 60 %, швидкість руху повітря 0,1 м/с. Згідно норм фактичні параметри мікроклімату є оптимальними для даного робочого приміщення.

4.1.3.2. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.

Шкідливою називається речовина, яка в контакті з організмом людини, при порушенні вимог безпеки, спричиняє виробничу травму, професійне захворювання або відхилення в стані здоров'я, які можуть бути виявлені як у процесі роботи, так і у віддалені строки життя теперішніх та наступних поколінь.

Основними шляхами проникнення токсичних речовин в організм людини є дихальні шляхи, шкіра, органи травлення. Найважливішими з них вважаються дихальні шляхи. Тому в лабораторіях передбачено використання засобів

індивідуального захисту органів дихання та наявність вентиляційних пристроїв.

За ступенем небезпеки шкідливі та отруйні речовини за дією на організм людини поділяються на чотири класи: I – надзвичайно небезпечні; II – високонебезпечні; III – помірно небезпечні; IV – мало небезпечні.

Авіаційне паливо є мало небезпечним продуктом і за ступенем впливу на організм людини відноситься до 4-го класу небезпеки. Пари аліфатичних граничних вуглеводнів при вдиханні надають наркотичну дію на організм людини. При попаданні на слизові оболонки і шкіру людини паливо викликає їх поразки і виникнення шкірних захворювань. Тривалий контакт з паливом може привести до зміни функцій центральної нервової системи і збільшити ризик захворюваності органів дихання у людини.

4.1.3.3. Природне та штучне освітлення

У приміщенні лабораторії використовується штучне та природне освітлення.

Для робіт середньої точності з об'єктами розрізнення 0,5-1,0 мм КПО при верхньому чи комбінованому освітленні 4,0% при природному – 1,5.

Штучне освітлення передбачається в усіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень у нічний період часу. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і також враховувати економічні показники.

4.1.3.4. Електробезпека

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Основним способом для створення електричної безпеки в лабораторії є застосування електричного устаткування з заземленням. Для заземлення устаткування передбачається трубчасте заземлення, яке розміщене по контуру споруди, де знаходиться лабораторія.

Для штучного заземлення застосовуються вертикальні електроди. В якості вертикальних електродів застосовуються сталеві труби довжиною 3 м, діаметром 0,03 м.

4.2. Розробка заходів з охорони праці.

4.2.1. Нормалізація повітря робочої зони.

Заходи та засоби попередження забруднення повітря робочої зони:

- вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна їх менш шкідливими;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції та інших засобів;
- нормальне функціонування систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очищення викидів;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

Вентиляція – видалення повітря з приміщення і заміна його свіжим, в необхідних випадках, обробленим повітрям. Вона створює умови для повітряного середовища, сприятливі для здоров'я людини і її самопочуття, що відповідають вимогам технологічного процесу .

За способом організації повітрообміну вентиляція може бути: місцевою; загальнообмінною.

За принципом дії вентиляційне устаткування поділяється на: витяжне (загальне і місцеве) та припливне воно буває місцеве (повітряні душові ванни, оазиси, завіси) і загальне.

4.3. Пожежна безпека

Всі лабораторії повинні відповідати вимогам пожежної безпеки по (ДСТУ 3789-98) та мати засоби пожежогасіння по (ДСТУ 4041-2001).

Згідно з класифікацією приміщень і споруд по пожежо-, вибухонебезпеці приміщення лабораторії відносять до пожежонебезпечної категорії В.



Рис. 4.1. Схема евакуації

У приміщенні дослідницької лабораторії знаходяться: вогнегасник ОУ-5 (ДСТУ 3675-98) – 1шт.

У робочому приміщенні виконуються усі вимоги по пожежонебезпеці відповідно до вимог НАПБ.А.01.001 95 “Правила пожежної безпеки в Україні”.

4.4. Розрахункова частина

Перевірка ефективності евакуації людей з виробничого або офісного приміщення у випадку можливих пожеж

При виникненні пожежі вже на початковій стадії виділяється тепло, токсичні гази, виникає можливість обвалення конструкцій. Тому слід враховувати необхідність евакуації людей у визначені терміни. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будинок загалом. Безпека евакуації досягається тоді, коли тривалість евакуації людей в окремих приміщеннях і будинку загалом не перевищує критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людей

Своєчасна евакуація людей із будівель і приміщень при виникненні пожежі є першочерговим завданням і його успішне здійснення має бути забезпечене під час проектування і реконструкції будівель та споруд . Однією з основних вимог пожежної безпеки є побудова в будівлях необхідної кількості виходів, виїздів для евакуації людей і матеріальних цінностей . Тому при проектуванні будинків слід враховувати можливу необхідність евакуації людей.

Безпека евакуації досягається тоді, коли тривалість евакуації людей з окремих приміщень і будинку в цілому менша критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людини.

У приміщенні лабораторії знаходяться пробовідбірники газів під тиском, тож у приміщенні можливі вибухи і вибухове дефлаграційне горіння, у всьому об'ємі, оскільки межі приміщення не дають можливості розширюватися продуктам горіння.

Згідно наданих вихідних даних, площа приміщень в яких перебувають люди, коридору та сходової клітки складає 449,3 м².

Висота приміщень дорівнює 4,5 м.

Загальний об'єм приміщень становить 2021,85 м³.

Вільний об'єм відповідно вимог становить 80% від загального об'єму приміщення, та дорівнює 1617,48 м³.

За даними, що наведені нижче представлені показники пожежної небезпеки:

- найнижча теплота згорання: 13,8 МДж/кг;
- лінійна швидкість полум'я: 0,0045 м/с;
- питома швидкість вигорання: 0,0145 кг/(м²*с);
- витрата кисню (O₂): -1,437 кг/кг;

Вихід газу:

- двооксид вуглецю (CO₂): 1,285 кг/кг;
- оксид вуглецю (CO) або чадний газ: 0,002 кг/кг;
- хлористий водень (HCl): 0,006 кг/кг;
- димоутворювальна здатність: 82 Нп * м²/кг.

Відповідно показник ступеня, враховуючий зміну маси матеріалу що згорає, від часу дорівнює n= 3.

Визначення розмірного параметру А, що враховує питому масову швидкість вигорання горючого матеріалу для випадку кругової форми горіння проводиться за формулою:

$$A = 0,0145 \cdot 0,00452 = 3,0830625 \cdot E - 7$$

Розмірний комплекс В, що залежить від теплоти згорання пожежного навантаження та вільного об'єму приміщення визначаємо як:

$$B = \frac{353 \cdot 0,001 \cdot 1617,48}{(1 - 0,6) \cdot 13,8 \cdot 0,95} = 108,881$$

Безрозмірний параметр Z, що враховує нерівномірність розповсюдження небезпечних чинників пожежі по висоті приміщення знаходимо як:

$$Z = \left(\frac{1,7}{4,5}\right) \cdot \text{Exp}\left(\frac{1,4 \cdot 1,7}{4,5}\right) = 0,64$$

Час досягнення критичної для людини втрати видимості за формулою:

$$t_{кр}^D = \frac{108,881}{3,0830625E - 7} \cdot \ln\left(1 - \left(1617,48 \cdot \frac{\ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 108,881 \cdot 82 \cdot 0,64} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{3}\right)\right) \\ = 241,19 \text{ с.}$$

Необхідний час евакуації людей (t_{необх}) визначають з урахуванням коефіцієнту безпеки за формулою:

$$t_{\text{необх}} = \left(\frac{t_{\text{кр}}^D}{60} \right) \cdot 0,8 = 3,22 \text{ хв}$$

4.5. Висновки до розділу.

Було встановлено, що в даній лабораторії природне освітлення є достатнім і необхідності у штучному освітленні немає.

Також було проведено аналіз умов праці в приміщенні робочої зони та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників. Для покращення умов праці при роботі із хімічними реактивами, а також для запобігання негативного впливу речовин при проведенні з ними досліджень запропоновано уникати вдихання їх парів і тривалого контакту зі шкірою, проводити досліді в лабораторному халаті. Також рекомендовано виконувати досліді під витяжною шафою, а також забезпечити загальну вентиляцію. При недостатньому освітленні робочої зони використовувати штучне освітлення.

Визначено необхідний час евакуації людей, які знаходяться у приміщеннях за умови горіння вогнища пожежі кругової форми, що збільшується у часі.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У 1995 році Всесвітня Організація Охорони Здоров'я (ВООЗ) офіційно запровадила термін “глобальне електромагнітне забруднення довкілля”. ВООЗ включила проблему електромагнітного забруднення навколишнього середовища в перелік пріоритетних проблем людства. Слід звернути увагу, що рівень цього забруднення кожні десять років зростає в 10–15 разів.

Вчений М.Фарадей відкрив явище електромагнітної індукції, що в подальшому призвело до створення електротехніки та відкриття електромагнітних хвиль, існування яких передбачив Д. Максвелл, а використання їх А. С. Поповим для радіозв'язку призвело до створення радіотехніки і радіоелектроніки. Такі важливі відкриття фізики як допомагають людині, так і шкодять її здоров'ю.

Електромагнітні поля негативно впливають на організм людини, яка працює з джерелом випромінювання, а також на населення, яке проживає поблизу джерел випромінювання та широко використовує в побуті електротехніку. [54]

Лінії електропередач надвисокої напруги є джерелами потужних електромагнітних полів, які існують навколо фазних проводів лінії. Ці електромагнітні поля чинять значний негативний вплив на екосистеми, що знаходяться поблизу трас ліній електропередач надвисокої напруги.

Розрізняють два типи впливу електромагнітних полів на біологічні організми – тепловий та інформаційний. Інформаційний проявляється в електромагнітних полях надвисокої частоти (300 МГц і більше) і на сьогодні вивчений недостатньо.

Для полів промислової частоти 50 Гц ліній надвисокої напруги основним є тепловий вплив від електричних струмів, індукованих в тілі біологічного організму.

Розрізняють наступні види впливу:

- безпосередній вплив, який проявляється при перебуванні людини в електричному полі. Ефект впливу підсилюється зі збільшенням напруженості поля і часу експозиції;

- вплив електричних зарядів (імпульсного струму), що виникають внаслідок дотику людини до ізольованих від землі конструкцій або при дотику людини, яка ізольована від землі, до рослин і різного роду заземлених конструкцій;

- вплив струму витоку.

Багаторічні дослідження в галузі впливу електромагнітних полів ліній, зокрема полів електропередач, на біологічні організми і передусім на людину виявили, що найчутливішими системами організму людини є нервова, імунна, ендокринна і статева [55].

Під впливом електромагнітних полів виникають істотні аномальні відхилення при передачі нервових імпульсів, що впливає на зміну вищої нервової діяльності, в тому числі й пам'яті у людей. Особливо високу чутливість до електромагнітних полів виявляє нервова система ембріона.

Вкрай негативний вплив електромагнітні поля чинять на серцево-судинну та імунну системи людини і тварин. Процеси імуногенезу зазвичай пригнічуються, що призводить до ускладнення інфекційних процесів в організмі.

5.1. Небезпека електромагнітного поля.

Електромагнітне поле (ЕМП) – особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими частинками. Воно складається з двох окремих полів – електричного та магнітного. Силкові лінії цих полів взаємно перпендикулярні. Через електромагнітне поле передаються всі види електромагнітного випромінювання – від низькочастотного (радіохвилі) до високочастотного (рентгенівське та гамма-випромінювання).

Електромагнітне поле у просторі поширюється у вигляді електромагнітної хвилі, яка переносить енергію, замкнену в електричному та магнітному полях. Електричні та магнітні поля змінюються одночасно одне з одним. При цьому співвідношення між їх миттєвими значеннями завжди залишаються сталими.

Лише на близьких від джерела відстанях, у так званій зоні несформованого поля, ця закономірність порушується.

Основними фізичними параметрами електромагнітного поля є швидкість поширення електромагнітної хвилі, довжина хвилі та частота коливань, які зв'язані між собою співвідношенням. Спектр електромагнітних коливань радіочастот за частотою коливань та довжиною хвилі умовно поділяють на діапазони. За частотою коливань електромагнітні хвилі мають діапазони низьких (НЧ), середніх (СЧ), високих (ВЧ), дуже високих (ДВЧ), ультрависоких (УВЧ), надвисоких (НВЧ) та надзвичайно високих частот (НЗВЧ). За довжиною розрізняють кілометрові, гектометрові, декаметрові, метрові, дециметрові та інші діапазони хвиль [55].

Електромагнітна енергія використовується у радіо-, радіорелейному і космічному зв'язках, телебаченні, радіолокації, радіонавігації. Вона застосовується у металургії та металообробних галузях промисловості для індукційного плавлення, зварювання, напилення металів, у деревообробній, текстильній, легкій та харчовій промисловості, у радіоспектроскопії, сучасній обчислювальній техніці, медицині (терапевтичні і діагностичні установки) тощо.

Джерелами електромагнітного випромінювання у виробничому приміщенні можуть бути неекрановані робочі елементи високочастотних установок (індуктори, конденсатори, ВЧ-трансформатори, фідерні лінії, батареї конденсаторів, котушки коливальних контурів тощо). Під час експлуатації ВЧ-, ДВЧ-, УВЧ-передавачів на радіо- та телецентрах джерелами електромагнітного випромінювання є високочастотні генератори, антенні комутатори, пристрої складання потужностей електромагнітного поля, комунікації (від генератора до антенного пристрою), антени.

Ступінь опромінення працівників залежить від кількості передатчиків (у деяких зонах, радіо- та телецентрах їх може бути до 20), їх потужності, екранування, розміщення окремих їх блоків усередині та поза приміщенням.

Для всіх видів зв'язку джерелом електромагнітного випромінювання є передавальні станції. Дії енергії зверхвисокочастотного діапазону працівники

зазнають при регулюванні, настроюванні та випробовуванні радіопередавальних та радіолокаційних станцій [54].

Джерела енергії ЕМП радіочастотного діапазону поділяються на технологічні (основні) та додаткові. До технологічних належать плавильні або гартувальні контури, пластини конденсаторів, фідерні лінії. У радіотехнічних пристроях це генератори та ЗВЧ-блоки, антенні системи, елементи хвилеводних трактів. До додаткових джерел належать виносні трансформатори, батареї конденсаторів змінного струму. У радіотехнічних пристроях додатковими джерелами є неякісно екрановані ВЧ-елементи передатчиків і пристроїв складання потужностей та роздільних фільтрів, неекрановані лінії передачі електромагнітної енергії на антени.

Напруга електричного поля вимірюється у вольтах на метр – В/м, а магнітного поля – в амперах на метр – А/м. Інтенсивність електромагнітного поля з різними хвилями, що діють на працівника, оцінюється за величиною щільності потоку енергії, яка падає на одиницю поверхні, і виражається у ватах на квадратний метр (Вт/м²) або в довільних одиницях: міліватах, мікроватах на квадратний сантиметр (мВт/см², мкВт/см²) [55].

5.2. Вплив електромагнітного поля на людину

Електромагнітні поля особливо негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання. В діапазоні промислових частот більше негативний вплив на біологічний об'єкт має електрична складова поля.

Найчутливішими до ЕМП є нейродинамічні процеси, які прямо чи побічно перемикають хронобіологічні процеси організму на патологічний або стресовий режим функціонування [56].

При дії ЕМП на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму. Такі порушення виникають в результаті дії

електричної складової ЕМП на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи.

У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень в організмі людини та захворювань.

Сумісна дія випромінювань широкого діапазону може викликати окрему радіохвильову хворобу.

Тяжкість її наслідків прямо залежить від напруженості ЕМП, фізичних особливостей різних діапазонів частот, тривалості впливу, умов навколишнього середовища, а також від функціонального стану та стійкості організму до впливу різних чинників, можливостей адаптації. Збільшується ризик виникнення загальних захворювань, захворювань органів дихання, травлення тощо. Це може відбуватися також і за дуже невеликої інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи.

Результатом дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні 30 кГц – 300 МГц є: загальна слабкість, підвищена втома, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції.

Виникає ряд симптомів, які свідчать про порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, підшлункової залози. Погіршуються харчові та статеві рефлекси, діяльність серцево-судинної системи, фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, змінюється склад крові, зафіксовані зміни на рівні клітин. Систематична дія ЕМП високої та надвисокої частоти на організм людини викликає підвищення кров'яного тиску, трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів). ЕМП викликають зміну поляризації молекул та атомів, які є складовою частиною клітин, в результаті чого виникає небезпечний нагрів.

Надмірне тепло наносить шкоду як окремим органам, так і всьому організму людини [57].

Професійні захворювання виникають у працівників при тривалому та інтенсивному опроміненні.

При інтенсивності випромінювань близько 20 мкВт/см² реєструється зменшення частоти пульсу, знижується артеріальний тиск, тобто явна реакція на опромінення. Така реакція сильніша й може навіть виражатися у підвищенні температури шкіри в осіб, які раніше потрапляли під дію опромінення.

При інтенсивності 6 мВт/см² з'являються зміни у статевих залозах, у складі крові, відбувається помутніння кришталика ока. В подальшому – зміни у здатності крові зсідатися, в умовно-рефлекторній діяльності, вплив на клітини печінки, зміни у корі головного мозку. Потім – підвищення кров'яного тиску, розрив капілярів та крововиливи у легені та печінку.

Випромінювання інтенсивністю до 100 мВт/см² викликають стійкі гіпотонію та зміни серцево-судинної системи, двосторонню катаракту. Подальше опромінення помітно впливає на тканини організму, викликає больові відчуття.

Якщо інтенсивність перевищує 1 Вт/см², це спричинює дуже швидко втрату зору, як один із серйозних ефектів дії НВЧ на організм людини. На більш низьких частотах такі ефекти не відбуваються, і тому їх треба вважати специфічними для НВЧ діапазону. Ступінь пошкодження залежить, в основному, від інтенсивності та тривалості опромінення [54].

Інтенсивне НВЧ опромінення відразу викликає сльозотечу, подразнення, звуження зіниці ока. Після нетривалого (до 2-х діб) прихованого періоду спостерігається погіршення зору, яке посилюється під час повторного опромінення і свідчить про кумулятивний характер пошкоджень.

У людини наявні механізми відбудови пошкоджених клітин, які вимагають тривалого часу (10-20 діб). Зі зростанням часу та інтенсивності впливу електромагнітних випромінювань, пошкодження набувають незворотного характеру.

У разі прямого впливу на око випромінювання відбувається пошкодження рогівки. серед усіх тканин ока найбільшу чутливість в діапазоні 1-10 ГГц має кришталик. Сильні пошкодження кришталика зумовлені тепловим впливом НВЧ (при щільності потоку енергії понад 100 мВт/см²). За малої інтенсивності помутніння спостерігаються тільки у задній ділянці, за великої – по всьому об'єму кришталика. Для попередження професійних захворювань, які виникають у результаті тривалої дії електромагнітних випромінювань, встановлені гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань, які необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція діючих об'єктів, то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію.

Зміни в ендокринній системі людини під впливом електромагнітних полів характеризуються збільшенням вмісту адреналіну в крові, активацією процесів згортання крові.

Порушення статевої функції зазвичай пов'язують зі зміною її регуляції з боку нервової та нейроендокринної систем. Дослідження показали, що чутливішими до впливу електромагнітних полів є яєчники, ніж сім'яники.

Особливо небезпечний вплив електромагнітних полів на жіночий організм під час вагітності. З'ясовано, що чутливість ембріона до електромагнітних полів значно вища, ніж чутливість материнського організму. Це може призвести до внутрішньоутробного пошкодження плоду під впливом електромагнітних полів на будь-якому етапі його розвитку. Дослідження показали, що дія електромагнітних полів на вагітних жінок може викликати передчасні пологи, вплинути на розвиток плода, збільшити ризик розвитку вроджених вад.

Доведено, що має місце накопичення біологічного ефекту електромагнітних полів в умовах тривалого багаторічного впливу. Це здатне викликати віддалені в часі негативні наслідки, включаючи розвиток дегенеративних процесів центральної нервової системи, ракових захворювань крові (лейкоз), пухлин мозку, гормональних захворювань. Електромагнітні поля особливо небезпечні для дітей, вагітних жінок, людей із захворюваннями центральної нервової, гормональної,

серцево-судинної систем, алергиків, а також людей з послабленим імунітетом [58].

Відомо, що люди, які працюють під впливом електромагнітних полів, часто скаржаться на дратівливість і нетерплячість. Тривалий вплив полів призводить до високої стомлюваності, зниження ефективності сну, порушення уваги і пам'яті, появи внутрішньої напруженості та метушливості.

Відзначимо, що наведені результати досліджень стосуються не тільки електромагнітних полів ліній електропередачі надвисокої напруги, але й будь-яких полів у всьому діапазоні частот.

Негативний вплив на екосистеми електромагнітних полів промислової частоти не такий істотний, хоча його обов'язково слід враховувати при спорудженні електропередач надвисокої напруги.

Електричні поля високої напруженості (50 кВ/м) спричиняють вібрацію волосяного покриву людини і тварин, при цьому виникають вкрай неприємні відчуття і передусім сильна сверблячка. За напруженості електричного поля 20–50 кВ/м спостерігається пошкодження тканини листя рослин, що пояснюється тепловим впливом струмів, які виникають від коронування виступаючих частин рослин. Такий вплив призводить до загибелі клітин, які втрачають вологу, засихають і стискаються.

5.3. Вплив електромагнітного поля на тварин

Дослідження дії потужних електричних полів промислової частоти на піддослідних тварин не виявили у них будь-яких помітних генетичних змін. Відмічено високу чутливість голубів до електричних полів малої напруги.

Відомо, що всі риби, особливо електричні, індукують навколо свого тіла вкрай слабкі електричні поля. Однак у безлічі видів риб, які тримаються зграями (косяками), їх електричні поля накладаються одне на одне і значно підсилюються. Електричне поле зграї відіграє важливу роль у погодженому поведженні окремих членів зграї і їх просторовій орієнтації. Тому сильні електричні поля

електропередач надвисокої напруги впливають на поведження риб і можуть справляти вкрай негативний вплив на шляхи їх міграції, особливо в нерестовий період [57].

Найбільш чутливі до впливів електричного поля електропередач надвисокої напруги копитні тварини. Річ у тім, що копита тварин є добрим ізолятором, який відокремлює тіло тварини від землі. Тому наведений у тілі тварини потенціал може досягати 10 кВ, а імпульс струму в разі дотику нею до заземленого предмету (наприклад гілки куща) – 100–200 мкА. Такі струми безпечні для здоров'я, але викликають неприємні відчуття. Ця обставина змушує копитних тварин уникати трас високовольтних ліній. Подібні явища, пов'язані з наведенням високих потенціалів, також спостерігаються в організмі людини, що знаходиться під лінією електропередачі у взутті, яке ізолює її від землі [58].

5.4. Висновок до розділу

Електромагнітні поля негативно впливають на організм людини, яка працює з джерелом випромінювання, а також на населення, яке проживає поблизу джерел випромінювання та широко використовує в побуті електротехніку.

Найчутливішими до ЕМП є нейродинамічні процеси, які прямо чи побічно перемикають хронобіологічні процеси організму на патологічний або стресовий режим функціонування.

Виявлено, що тепловий вплив електромагнітних полів пов'язаний із проходженням в організмі людини (тварини, рослини) струмів, індукованих цими полями. Проте несприятливий вплив магнітного поля виявляється за його напруженості не меншої 150–200 А/м, що має місце на відстані, не більшій за 1–1,5 м від проводу повітряної лінії, а, отже, повинен враховуватися лише під час виконання робіт на лінії під напругою. Ця обставина свідчить, що визначальний вплив на біологічні організми чинить саме електричне поле, індуковане проводами лінії надвисокої напруги.

Вплив електричного поля на організм людини визначається насамперед струмами, які протікають через тіло людини. Дослідження показали, що струми густиною менш ніж $0,1 \text{ мкА/см}^2$ зовсім не впливають на здоров'я і нервову систему людини, оскільки вони набагато менші від імпульсних біострумів синапсів. Такому струму відповідає напруженість електричного поля на висоті 1,8 м від рівня землі (що відповідає зросту звичайної людини), яка дорівнює 15 кВ/м , яку й прийнято як припустиму під повітряними лініями надвисокої напруги.

ВИСНОВКИ

Зрив пароповітряної паливної суміші через надмірне скупчення статичної електрики виникає лише за певних умов. До їх числа відносяться наступні:

1. Накопичення електричного заряду достатньої величини.
2. Наявність над рідким паливом пароповітряної суміші, в якій паливні пари будуть перебувати в межах вибухонебезпечних концентрацій.
3. Електричний розряд повинен бути настільки потужним, щоб викликана ним іскра стала джерелом вибуху пароповітряної паливної суміші.

Для зниження електризації палив для реактивних двигунів, особливо в умовах підвищення швидкості заправки важких багатомісних літаків з великим запасом пального, розроблені спеціальні антистатичні присадки до палив.

Найбільшу небезпеку представляє електризація вуглеводневих рідин, зокрема авіаційних палив. Механізм явища недостатньо вивчений, існуючі теорії не дають повного пояснення наявним експериментальним фактам. Експериментальні дані, отримані різними авторами дуже суперечливі, що пов'язано з відсутністю єдиного критерію оцінки і способу його визначення. Електропровідність рідин неоднозначно визначає їхню схильність до електризації.

Магнітна обробка палива дозволить знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу, знизити витрату палива (5-10%), частково збільшить ресурс двигунів за рахунок очищення двигуна від нагару

Обробка (активація) палива лініями імпульсів електромагнітного поля викликає поліпшення таких експлуатаційних характеристик палива як прокачуємість, випаровуваність, займистість, горючість, а також поліпшення таких енергетичних характеристик палива як летючість, зниження температури займистості, підвищення стійкості горіння.

Усі відомі прилади для дослідження електризації рідин можна розділити на три основні групи згідно з принципом дії: з утворенням заряду під час протікання в капілярі; прокачування через фільтр; обертання диска в рідині.

Для обробки палив електричним та магнітним полем був використаний пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ. Розроблений пристрій має такі функціональні можливості: дозволяє підвищувати протизносні властивості рідких вуглеводневих МС; та понижувати поверхневий натяг крапель палив та рідких ММ; сприяє створенню тонкодисперсної паливно-повітряної суміші, розкриттю факела в камері згоряння двигуна; за рахунок сприяння повному згоранню паливно-повітряної суміші зменшує концентрацію СО та СН у відпрацьованих газах двигуна, що частково дозволяє зменшити витрати палива.

Розроблено відповідний стенд, який імітує паливну, або мастильну систему автомобіля (літака). В такій паливній системі наявні декілька механізмів утворення електричного заряду: під час протікання в трубопроводі, фільтрації та за рахунок розбризкування палива в баці.

Досліджено утворення і нагромадження заряду в баці двома способами: під час заправлення палива у бак і під час циркуляції палива через замкнуту систему. Визначено, що у разі заправлення палива у бак сумарний заряд змінюється лінійно. Лише в початковий момент часу, коли бак порожній, швидкість збільшення була малою. У міру заправлення бака швидкість збільшення заряду зростала і потім залишалася постійною до закінчення процесу заправлення.

Досліджено, що більша сила з боку електричного поля буде діяти на більші молекули й швидкість їх видалення також буде більшою, оскільки сили електричного поля зростають швидше, ніж сила опору руху зі збільшенням розміру частинок. Зі збільшенням часу перебування палива в полі кількість частинок у ньому зменшується експоненціально. Так само змінюється й густина заряду в паливі. За вищих напруженостей поля швидкість частинок збільшується, дрібніші частинки сильно віддаляються, час насичення зменшується.

Електризація зменшується за рахунок того, що магнітне поле змінює втрати зарядів, завдяки утворенню нових носіїв заряду й упорядкування

квазікристалічної структури рідини. Кількість носіїв заряду збільшується за рахунок руйнування сольватних оболонок, про що свідчить деяке збільшення ϵ при $H = 320 \text{кА/м}$

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

ДЖЕРЕЛ

1. Лёб Л. Статическая электризация / Перевод с англ. В.М. Фридкина. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. 408 с.
2. ДСТУ 7302:2013 Статична електрика. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України 2014, 9 с.
3. Аксенов А. Ф. Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости / А. Ф. Аксенов. – М.: Транспорт, 1965. – 271 с.
4. Napier D.H. Static Electrification in the Process Industries // J. Chem. E. Symposium Series. 1971. No 34. P. 170–174.
5. Аксенов А. Ф. Трение и изнашивание металлов в углеводородных жидкостях / А. Ф. Аксенов. – М.: Машиностроение, 1977. – 151 с.
6. Клинкаенберг А. Образование статического электричества при движении жидкости внутри электрически заземленного оборудования // IV Международный нефтяной конгресс (Рим, июнь 1955). Т. VIII. Оборудование, металлы и защита от коррозии. М.: Гостоптехиздат, 1956. С. 201–212.
7. Аксенов И. Я. Транспорт и охрана окружающей среды / И. Я. Аксенов, В. И. Аксанов. – М.: Транспорт, 1986. – 176 с.
8. Д’Есте Ф. Защита оборудования нефтеперерабатывающих заводов от электрических разрядов // IV Международный нефтяной конгресс (Рим, июнь 1955). Т. VIII. Оборудование, металлы и защита от коррозии. М.: Гостоптехиздат, 1956. С. 213–227.
9. Захарченко В.В., Крячко Н.И., Мажара Е.Ф., Севриков В.В., Гавриленко Н.Д. Электризация жидкостей и ее предотвращение. М.: Химия, 1975. 128 с.
10. Статическое электричество при переработке химических волокон / Под ред. И.П. Генца, перевод с нем. А.В. Морозова и др. М.: Легкая индустрия, 1966. 345 с.

11. Mills J.S., Oldham R.C. Evaluation and prevention of electrostatic hazards associated with oil tanker operations. Part 1: Tank washing and the pumping of refined products // Fire Prev. 1983. No 163. P. 30–34.

12. Медведєва Т. В Альтернативні палива для авіаційної техніки / Т. В. Медведєва, М. С. Бойченко // Новітні досягнення біотехнології: тези МНТК. — 21–22.10.2010. — С. 24–25.

13. Висновок державної екологічної експертизи щодо проекту Закону України про внесення змін до Закону України «Про заборону ввезення і реалізації на території України етилованого бензину та свинцевих добавок до бензину» щодо авіаційного палива (реєстраційний № 11031 від 25.07.2012) / О. Р. Бангура. — К. : Комітет Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування та ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. 2012. — 4 с. — (Нормативний документ Міністерства екології та природних ресурсів України).].

14. Перспективи впровадження альтернативного палива в авіації /К. В. Бондаренко, С. В. Бойченко, В. Г. Семенов // Авиационно-космическая техника и технология. — 2011. — № 9. — С. 76–80

15. Физический словарь / Под ред. П.Н.Беликова. Т. 2: Давление воздуха – Коллекторы. М.: ОНТИ НКТП СССР, 1937. 864 с.

16. Закон України «Про альтернативні види палива» / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Парлам. вид-во, 2012. — С.11

17. Максимов Б.К., Обух А.А., Тихонов А.В. Электростатическая безопасность при заполнении резервуаров нефтепродуктами. М.: Энергоатомиздат, 1989. 152 с.

18. Максимов Б.К., Обух А.А. Статическое электричество в промышленности и защита от него. М.: Энергия, 1978. 80 с.

19. Роджерс Д.Т., Шлексер Ц.Е. Теоретические и экспериментальные исследования электризации топлив // V Международный нефтяной конгресс (Нью-Йорк, май 1959). Т. IV. Транспорт, качество и применение нефтяных продуктов. М.: Гостоптехиздат, 1961. С. 331–347.

20. Pratt Th. H. *Electrostatic Ignitions of Fires and Explosions*. New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000. 196 p.
21. Britton L.G. *Avoiding Static Ignition Hazards in Chemical Operations*. New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 1999. 254 p.
22. Васильева А.П., Кудрявцев В.М., Кузнецов В.А. и др. / Под ред. В.М. Кудрявцева. *Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей: учебник для вузов. 3-е изд., испр. и доп.* М.: Высшая школа. 1983. 703 с.
23. Арабаджи В.И. *Загадки простой воды*. М.: Знание, 1973. 96 с.
24. Иоссель Ю.Я., Щигловский К.Б. *На борту янтарное электричество*. Л.: Судостроение, 1966. 140 с.
25. Устименко В. *Альтернативне паливо в Україні / Віктор Устименко // Перевізник UA. — 2008. — № 15. — С. 28–30.*
26. Hedlund F.H. *Carbon dioxide not suitable for extinguishment of smouldering silo fires: static electricity may cause silo explosion // Biomass & Bioenergy. 2018. Vol. 108. P. 113–119. DOI: 10.1016/j.biombioe. 2017.11.009*
27. Таубкин С.И., Таубкин И.С. *Пожаро- и взрывоопасность пылевидных материалов и технологических процессов их переработки*. М.: Химия, 1976. 264 с.
28. Таубкин И.С. *Исследование влияния электризации сыпучих пластиков в циклонных аппаратах на их пожаровзрывоопасность. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1968. 133 с.*
29. Дерягин Б.В., Кротова Н.А. *Адгезия. Исследования в области прилипания и клеящего действия*. М.: АН СССР, 1949. 256 с.
30. Алейникова И.Н. *Изучение процессов прилипания и электризации частиц диэлектриков при контакте с металлами. Автореф. дис. ... канд. физ.-матем. Наук. Москва, 1967. 13 с.*
31. Анисимова В.И. *Исследование адгезии и электрических явлений при образовании и нарушении адгезионного контакта полимерполупроводник (германий). Автореф. дис. ... канд. физ.-матем. наук. Москва, 1967. 11 с.*

32. Фрумкин А.Н., Андреев В.Н., Богуславский Л.И. и др. Двойной слой и электродная кинетика. М.: Наука, 1981. 376 с.

33. Таубкин И.С. Пожаровзрывобезопасность автомобильных сливно-наливных эстакад и экспертный анализ нормативно-технических документов, ее регламентирующих. М.: РФЦСЭ, 1999. 76 с.

34. Элементарный учебник физики. Т. II. Электричество и магнетизм / Под ред. Г.С. Ландсберга. М.: Наука, 1967. 479 с

35. Акт технических испытаний магнитного активатора топлива (АТМ) в лаборатории судовых энергетических установок и технической эксплуатации (СЕУ и ТЕ). Одесского национального морского университета. 07.09.2010 года; г. Одесса.

36. Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Васильченко Г.Ю., Сапронов А.А. Методы повышения экологической безопасности в процессе магнитной обработки углеводородных топлив для двигателей внутреннего сгорания. Науковий вісник Херсонського державного морського інституту: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ВНЗ «ХДМІ», 2011. – №2(5).- С. 130-139.

37 Super Fuel Max FAQ. <http://www.o-fuel.ru/faq.html>

38. Mike R. Powell. Magnetic Water and Fuel Treatment: Myth, Magic, or Mainstream Science? Volume 22.1, January / February 1998..

39. Richard Kunz, chemist. Magnetic Fuel Treatment. http://www.probonoscience.org/pennysolutions/recipes/automobile/buyer_beware/magnetic_fuel_treatment.htm.

40. Третьяков И.Г. Влияние магнитного поля на физико-химические свойства топлив/ Третьяков И.Г., Баленко В.А.// Электронная обработка материалов. – 1990. - №1. – С. 28-29.

41. Акт технических испытаний магнитного активатора топлива (АТМ) в лаборатории судовых энергетических установок и технической эксплуатации (СЕУ и ТЕ). Одесского национального морского университета. 07.09.2010 года; г.Одесса.

42. Пат.72848 Україна. F02M 27/00, F02M 27/04 (2006.01). Спосіб обробки палива /Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В.; заявники і власники Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В. – № u2012 03103; заявл. 16.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16.

43. Пат.72858 Україна. B01D 36/00, F02M 27/04 (2006.01). Фільтр-активатор палива /Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В.; заявники і власники Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В. – № u2012 03245; заявл. 19.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16.

44. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей : монографія / Е. Е. Александров, И. А. Кравец, Е. П. Лысиков, О. В. Соловьев, А. А. Тропина. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2006. – 544 с

45. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей : монографія / Е. Е. Александров, И. А. Кравец, Е. П. Лысиков, О. В. Соловьев, А. А. Тропина. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2006. – С.-544.

46. Алабин М. А. Запуск авиационных газотурбинных двигателей. / М. А. Алабин, Б. М. Кац, Ю. А. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1968. – 228 с.

47. Андриевский А. П. Влияние электромагнитной обработки топлива на формирование износостойкости пар трения / А. П. Андриевский // ВосточноЕвропейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 2/5 (62). – С. 34-38.

48. Бакулин В. И. Энергоемкие горючие для авиационных ракетных двигателей / В. И. Бакулин, Н. Ф. Дубовкин, Л. С. Яновский, В. А. Сорокин. – М.: Физматлит, 2009. – 400 с.

49. Белоусов В. Н. Топливо и теория горения / В. Н. Белоусов, С. Н. Смородин, О. С. Смирнова. – Санкт-Петербург.: С-ПГТУРП, 2011. – С.84.

50. Дорфман Я. Г. Магнитные свойства и строение вещества / Я. Г.Дорфман. – М.: ЛКИ, 2010. – 378 с.

51. Малиновский А. Э. Влияние переменного электрического поля высокой частоты на скорость горения газа / А. Э. Малиновский, В. С. Россыхин, В. П. Тимковский // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1934 – Т.4, Вып. 2. – С. 182-188.

52. Кубарев С. И. О возможности влияния магнитного поля на скорость жидкофазного окисления углеводородов / С. И. Кубарев, Е. А. Пшеничнов, А. С. Шустов // Всесоюзная конференция «Поляризация ядер и электронов и эффекты магнитного поля в химических реакциях: тезисы докладов. – Новосибирск, 1975.

53. Кубарев С. И. Влияние магнитного поля на скорость фотоокисления некоторых кристаллических ароматических углеводородов / С. И. Кубарев, Е. А. Пшеничнов, А. С. Шустов // ДАН. – М., 1972. – Т. 204. – №2. – С. 376-380.

54. Любчик Г.М. Проблеми екології ТЕС. Методичні рекомендації до вивчення курсу «Основи екології». – К.: КПІ, 1995. – 24 с.

55. Любчик Г.Н., Плоткин Д.М. К методике экологической экспертизы энергетических объектов /Энергетик. – 1995. – № 11. – С. 6–8.

56. Лялик Г.Н. и др. Экологические проблемы развития энергетики. – М.: Энергоиздат, 1995.

57. Мартынов Б.В. Обращение с радиоактивными отходами. – К.: Техніка, 1993. – 107 с.

58. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения /Серия по безопасности. – Вена: МАГАТЕ, 1997. – № 115. – 382 с.