

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий Інститут екологічної безпеки

КАФЕДРА ХІМІЇ І ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

ТЕМАТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ЛЕКЦІЙ

**з дисципліни «Новітні інноваційні технології раціонального
використання паливно-мастильних матеріалів»**

Освітньо-наукова програма «Хімічні технології та інженерія»

Галузь знань: 16 «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»

Курс – 1 Семестр – 2

Лекції – 10 (очна)/ 6 (заочна)

Укладач: д.п.н., к.х.н., професор

Кофанова О. В.

(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б. викладача)

Конспект лекцій розглянутий та схвалений
на засіданні кафедри хімії і хімічної
технології

(повна назва кафедри)

Протокол № 17 від " 09 " 11 2021 р.

Завідувач кафедри А. Д. Кустовська

Модуль № 1 "Новітні інноваційні технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів".

Лекція 1.1. Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України, традиційні процеси отримання моторних палив, товарних ПММ.

План

1. Вступ до курсу.

2. Історичний екскурс у становлення науки щодо раціонального використання паливно-мастильних матеріалів. Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України, традиційні процеси отримання моторних палив і товарних ПММ.

3. Основні терміни і поняття. Класифікація та характеристика властивостей нафтопродуктів. Сировина, основні технологічні процеси отримання товарних ПММ.

Рекомендовані літературні джерела: [1, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 15, 21], статті у періодичних виданнях, патентні джерела, Інтернет-сайти.

Короткі відомості

Вступ, методологічні основи раціонального використання паливно-мастильних матеріалів. Тематика лекцій відповідає робочій програмі навчальної дисципліни, розробленої на основі освітньо-наукової програми "Хімічні технології та інженерія", навчальних планів НДФ-3-161/21, НДФ-3-161/21 та робочих навчальних планів РДФ-3-161/21, РДФ-3-161/21 підготовки здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 "Хімічні технології та інженерія".

Основною метою вивчення навчальної дисципліни "Новітні інноваційні технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів" є:

– вивчення фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних властивостей газу і основних видів ПММ, а також сутності сучасних технологічних процесів, пов'язаних з підготовкою газу до транспортування після видобутку; транспортування і подальшого його використання як моторного палива (МП) і у комунально-побутовому господарстві;

– формування теоретичних знань щодо поводження з відпрацьованими ПММ з традиційної та відновлюваної сировини, а також технологіями їх регенерації та перероблення;

– отримання здобувачами професійних навичок щодо контролю якості, визначення фізико-хімічних, експлуатаційних і екологічних показників природного та технічних газів, ПММ у тісному взаємозв'язку із технологічними процесами, що відбуваються під час їх використання.

Очікувані результати навчання. Навчальна дисципліна "Новітні інноваційні технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів" дає можливість досягти таких програмних результатів:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій та інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та / або здійснення інновацій;

- формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та / або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані;

- планувати і виконувати експериментальні та / або теоретичні дослідження з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми, застосовувати сучасні методи наукометрії та лідерство під час реалізації наукових проектів;

- глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері хімічних технологій та інженерії та у викладацькій практиці;

- мати наукове цілісне уявлення про хімотологічні засади забезпечення експлуатаційної якості моторних палив, паливно-мастильних матеріалів з нафтової та альтернативної сировини.

Навчальна дисципліна "Новітні інноваційні технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів" дає можливість здобути такі компетентності:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та / або дослідницько-інноваційної діяльності з хімічної технології палива та паливно-мастильних матеріалів, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та / або професійної практики;

- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

- здатність розробляти проекти та управляти ними;

- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічних технологіях та інженерії та дотичних до них міждисциплінарних напрямках з хімічної технології палива та паливно-мастильних матеріалів та суміжних галузей;

- здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру відповідно до сучасного наукового дискурсу в сфері хімічних технологій та інженерії, моделювати відповідні об'єкти досліджень, математично обробляти дані, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень;

- здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні наукові

проекти в хімічних технологіях та інженерії та дотичні до них міждисциплінарні проекти, застосовувати сучасні методи наукометрії та лідерство під час їх реалізації;

- здатність до формування наукового цілісного уявлення про механізми зміни якості нафтопродуктів та альтернативних палив протягом їх «життєвого циклу»;

- здатність до аналітичного мислення та практичних навичок систематизації інформації з метою обробки великих масивів даних, здійснення оцінювання та прогнозування шляхів розроблення нових ресурсощадних, екологічно чистих та удосконалення наявних технологій виготовлення, зберігання, відновлення якості палив, масел, мастил і спеціальних рідин.

Навчальна дисципліна "Новітні інноваційні технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів" базується на знаннях з дисципліни "Системносинергетичне моделювання об'єктів досліджень та математичні методи обробки даних за спеціальністю" та є базою для підготовки і захисту дисертаційної роботи.

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного навчального модуля «Новітні інноваційні технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів».

Вимоги до вивчення матеріалу лекції. Здобувач повинен знати:

- основні терміни і поняття;
- етапи становлення нафтогазової промисловості в Україні;
- класифікацію об'єктів техніки, рідких і газоподібних палив, мастильних матеріалів;
- склад і якість газу і ПММ;
- основні фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні властивості газу та ПММ;
- систему забезпечення хімотологічної надійності роботи техніки;
- нормативно-правові, технічні та організаційні засади інженерного забезпечення раціонального використання газу і ПММ.

Після вивчення курсу здобувач повинен вміти:

- використовувати теоретичні знання з хімотології для вирішення практичних завдань інженерного забезпечення раціонального використання газу і ПММ;
- класифікувати палива та мастильні матеріали;
- встановлювати взаємозв'язок між складом, експлуатаційними та екологічними властивостями газу та ПММ;
- аналізувати фізичні та хімічні процеси, що протікають під час використання газу та ПММ;
- визначати найважливіші, фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні показники газу та ПММ;
- обґрунтовувати оптимальні технологічні процеси, експлуатаційні умови для раціонального використання газу та ПММ.

Лекція 1.2. Класифікація та характеристика товарних нафтопродуктів

План

1. Світові тенденції і технології раціонального використання паливно-мастильних матеріалів (ПММ) у агропромисловому комплексі (АПК).

2. Обладнання для зберігання та використання нафтопродуктів, особливості їх виробництва. Становлення нафтогазової промисловості України, розташування нафтопереробних заводів (НПЗ), їх основні потужності та характеристика.

3. Світові тенденції раціонального використання ПММ.

Рекомендовані літературні джерела: [1, 2, 4, 7, 13], статті у періодичних виданнях, патентні джерела, патентні джерела, Інтернет-сайти.

Вступ до лекції 1.2. Рівень автомобілізації населення як столиці, так і України в цілому, зростає з кожним роком. За оцінками експертів Світового банку, автопарк країни є вельми застарілим і за рівнем викидів шкідливих речовин (ШР) в атмосферу не відповідає європейським нормам. Отже, у сучасному світі екологічні проблеми виходять на перший план, однак усвідомлення їх значимості відбувається доволі повільно.

Європейська економічна комісія планує до 2020 р. довести споживання відновлювальної енергії у країнах ЄС до 20 % і при цьому перевести приблизно 23 % автотранспорту на альтернативні джерела енергії. У Міністерстві екології та природних ресурсів України розроблено проєкт Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, що дозволить країні поступово відмовитися від викопного палива і забезпечити розвиток відновлювальних джерел енергії.

Україна належить до країн, що мають дефіцит власних енергоносіїв. Отже, неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів спричинює додаткові фінансові втрати на їх імпорт і призводить до енергетичної залежності країни. Крім того, сьогодні великого значення набуває забезпечення не тільки економічної, а й екологічної безпеки країни.

Лекція 1.3. Раціональне використання газів.

План

1. Раціональне використання газів як моторного палива.

1.1 Основні технологічні процеси, пов'язані із видобутком, зберіганням, транспортуванням, використанням природного, скрапленого та стиснених газів для комунально-побутових потреб та як джерела енергії двигунів транспортних засобів;

1.2 Технології підготовки газів до переробки.

2. Інженерні розрахунки енергетичних і екологічних характеристик ПММ, математичне моделювання властивостей палив.

3. Захист довкілля під час спалювання МП і використання інших ПММ.

4. Фізичні та хімічні процеси, що протікають під час використання МП. Технічні вимоги до палив.

5. Оптимальні експлуатаційні умови, технологічні процеси для раціонального використання ПММ; основні засади економії газу і ПММ.

Рекомендовані літературні джерела: [4, 7, 8, 9, 11], статті у періодичних виданнях, патентні джерела, Інтернет-сайти.

Лекція 1.4. Властивості ПММ.

План

1. Характеристика фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних характеристик ПММ:

1.1 Фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні властивості бензинів, присадки до автомобільних бензинів.

1.2 Фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні властивості дизельних палив присадки до ДП.

1.3 Біодизель (БД) та новітні технології його отримання, застосування сумішевих палив. Обґрунтування доцільності їх застосування.

2. Фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні властивості палив для реактивних двигунів, способи покращення їх якості та облік витрат.

3. Контроль показників якості моторних палив. Метод фізико-хімічного регулювання властивостей ПММ.

4. Способи покращення обліку витрат ПММ, сучасні методи оптимізації умов їх спалювання. Технологічні заходи для підвищення екологічної безпеки АЗС та ГЗС.

Рекомендовані літературні джерела: [1, 2, 5, 15, 21], статті у періодичних виданнях, патентні джерела, Інтернет-сайти.

Короткі відомості (див. список використаних літературних джерел)

Еколого-економічні та експлуатаційні властивості МП визначаються їх фракційним складом, а тому безпосередньо залежать від фізико-хімічних характеристик палива. Нафта і нафтопродукти під впливом сил міжмолекулярної взаємодії утворюють дисперсні системи, складовими яких є так звані складні структурні одиниці (ССО), тому при впливі на МП зовнішніми чинниками – присадками або добавками, магнітними чи електричними полями, ультразвуком тощо, можна досягти цілеспрямованого впливу на взаємодію між молекулами, структуру й розмір ССО та фізико-хімічні й експлуатаційні властивості палив. Це дає можливість модифікувати МП, впливаючи на якісні та еколого-економічні показники роботи двигуна (ДВЗ).

Метод цілеспрямованої зміни характеристик ПММ введенням до них, наприклад, присадок або добавок є методом фізико-хімічного регулювання (ФХР). На думку фахівців, за його допомогою можна покращити експлуатаційні та екологічні показники ДВЗ.

На світовому ринку пропонується багатий асортимент добавок, присадок, пакетів присадок, паливних композицій тощо. Зокрема, присадки – складні хімічні сполуки (або їх суміші), що вводяться у паливо в концентрації від часток відсотка до 20...30 % для надання йому нових, поліпшених якостей. Присадки і добавки, поліпшуючи певну властивість (властивості) палива, не повинні погіршувати інші його показники. Існують декілька класифікацій присадок до МП, зокрема, у дизельне паливо (ДП) додають:

- депресорні (антигелеві) присадки – знижують температуру застигання МП і температуру його граничної фільтрованості (додаються у концентрації від 0,01 % мас. до 2,0 % мас.);

- антикорозійні присадки – знижують корозійну агресивність МП (рекомендована концентрація 0,0008...0,005 % мас.);

- присадки, що підвищують цетанове число (0,2...1,5 % мас.);

- протидимні (антидимні) присадки – зменшують димність відпрацьованих газів (ВГ), але майже не впливають на викиди інших ШР (концентрація становить 0,05...0,5 % мас.);

- антинагарні, миючі та диспергуючі (або миюче-диспергуючі) присадки – сповільнюють утворення нагару на деталях двигуна і мають мийну дію. Надають паливам протильодові та антикорозійні властивості, сприяють поліпшенню умов сумішоутворення (концентрація 0,001...0,1 % мас.);

- антиоксиданти – присадки, що підвищують термоокиснювальну стійкість МП, запобігають смоло- й осадотворенню (0,001...0,1 % мас.);

- деактиватори металів – зв'язують у неактивні комплекси Купрум, Ферум та інші метали, які є промоторами окиснювання вуглеводнів (0,001...0,01 % мас.);

- промотори запалювання – поліпшують запалювання ДП (0,05...0,5 % мас.);

- біоцидні присадки – сповільнюють розмноження у паливах мікроорганізмів (0,0001...0,5 % мас.).

Проте найбільш ефективним є додавання до МП присадок широкого спектру дії. Це так звані пакети присадок або композиційні паливні суміші, які, як правило, додають до палива у концентраціях від 0,01 до 0,5 % мас. Також ефективним є додавання до МП водного або спиртового розчину хімічно активних речовин – активаторів.

М. М. Патрахальцевим досліджено практичні аспекти застосування методу ФХР властивостей паливних сумішей, а також вплив модифікації МП на експлуатаційні, економічні та екологічні характеристики дизеля. Доведена можливість зниження димності ВГ при застосуванні МП з добавками скрапленого нафтового газу (СНГ), диметилефіру (ДМЕ), деяких спиртів і рослинних олій (у кількісному співвідношенні до 20 %).

Автор вважає, що застосування таких МП для постійного живлення двигуна, скоріше за все, є економічно не вигідним, але періодичне застосування добавок СНГ, ДМЕ

або спирту до ДП, особливо на режимах підвищеного навантаження, сприятиме зниженню димності двигуна. Запропоновано також застосовувати в дизелях висококонцентровані водно-паливні емульсії, виготовлені на основі дистильованих палив. Це дає змогу при використанні емульсії, що містить ~ 40 % води, на номінальному режимі роботи двигуна досягти зниження димності ВГ у 2,0...2,5 рази; викидів NO_x – у 2 рази; зниження витрат палива g_e – на 20–25 % і суттєво скоротити викиди CO. Однак при цьому спостерігається погіршення деяких експлуатаційних характеристик двигуна.

Присадки, призначені для зниження витрат палива, оптимізують процес його згоряння або знижують механічні втрати при роботі ДВЗ. Перспективним напрямом є створення поліфункціональних паливних композицій, які ефективно діють особливо на двигунах з великим пробігом. Ще одним способом впливу на властивості палив є добавка водню, що поліпшує розпилювання і покращує сумішоутворення.

Принципова зміна властивостей МП спостерігається при переобладнанні дизеля для роботи на біопаливах, а також при використанні важких залишкових фракцій палива, до яких на певних режимах роботи двигуна додають низькооктанові бензини. Додавання до палив спиртових розчинів не тільки покращує умови розпилення ППС, а й завдяки зміні фізико-хімічних властивостей МП сприяє зниженню вмісту ШР у ВГ автомобілів. Проте спирти порівняно з ДП мають нижчу температуру самозаймання, тому здатні підвищувати ризик утворення заторів у паливопроводах. Додавання повітря до МП сприяє інтенсифікації першої фази вибухового горіння, в той час як додавання природного газу сильніше впливає на зростання швидкості дифузійного згоряння.

Отже, властивості та якість МП великою мірою визначає токсичність ВГ та економічні показники ДВЗ.

Фракційний склад – один з найважливіших показників якості МП. Зокрема, В. Я. Чабанним встановлено, що при збільшенні вмісту важких фракцій у ДП зростає димність ВГ, знижується економічність двигуна, підвищуються витрати палива і погіршуються умови пуску двигуна, підвищується знос деталей, збільшується нагароутворення і закоксування форсунок. Але і при надмірному полегшенні фракційного складу ДП можливе погіршення пускових властивостей через зниження цетанового числа (ЦЧ), зменшення в'язкості і збільшення жорсткості роботи двигуна.

У табл. 1 подано приклад оптимального фракційного складу стандартного літнього ДП.

Таблиця 1 – Оптимальний фракційний склад стандартного літнього ДП (за В. Я. Чабанним)

Відгін, %(об.)	Початок кипіння фракції	10	50	90	96
Температура, °С	180–200	210–230	270–280	330–345	до 360 (370)

Пускові характеристики двигуна визначає також випаровуваність палива – температура википання 50 % ($t_{50\%}$) фракцій палива. Випаровуваність повинна бути такою, щоб під час samozаймання утворилась паливно-повітряна суміш (ППС), що задовольняє межі займання. При цьому навіть ЦЧ_{ДП} впливає на пуск двигуна менше, ніж його фракційний склад.

Наприклад, обважнювання фракційного складу великою мірою погіршує пускові властивості двигуна. Температура википання 96 % усіх фракцій палива ($t_{96\%}$) впливає, в основному, на потужність і економічні показники двигуна.

Хімічний і фракційний склад ДП визначають не тільки умови і повноту згорання МП, а й обсяги і токсичність ВГ. Зокрема, ароматичні вуглеводні збільшують період затримки samozаймання МП, спричинюючи жорстку роботу двигуна. Збільшення вмісту нормальних парафінів у ДП через їх схильність до окиснення скорочує період затримки samozаймання і сприяє більш м'якій роботі двигуна.

Надійність подачі МП залежить від його прокачувальної здатності – здатності проходити через систему живлення (зокрема, фільтри грубої і тонкої очистки). При погіршенні їх роботи порушується циклова подача палива через зниження тиску впорскування. Отже, на характер проходження ДП через систему живлення головним чином впливають в'язкість, низькотемпературні властивості, забруднення водою і механічними домішками.

В'язкість і низькотемпературні властивості ДП пов'язані між собою і чинять вплив на прокачувальну здатність при низьких температурах, що спричинюється забиванням фільтрів кристаликами парафіну. Цей стан ДП визначають ще однією характеристикою – температурою помутніння.

Температура помутніння – температурна характеристика МП, що свідчить про наявність у ньому парафінових сполук, які здатні випадати в осад. У цьому контексті термін "парафінові сполуки" означає суміш алканів переважно нормальної будови з числом атомів Карбону C_{9-40} .

В осад також можуть випадати ізопарафінові, нафтеніві та нафтенно-ароматичні вуглеводні. Отже, температура помутніння МП це та температура, при охолодженні до якої втрачається прозорість палива через виділення мікрокристаликів парафіну, церезину й льоду, тому вона сильно залежить від умісту у паливі води.

Низькотемпературні властивості ДП характеризують температурами кристалізації і застигання. Застигання МП відбувається при зниженні температури навколишнього середовища на 5...15 °С після його помутніння. Тому для надійної роботи системи живлення двигуна найнижча температура середовища повинна бути на 10...15 °С вищою за температуру застигання палива.

Проте температури помутніння й застигання не завжди відображають поведінку МП при його використанні у зимових умовах. Більш адекватно прокачувальну здатність ДП характеризує гранична температура фільтрованості, за якої паливо після охолодження

ще здатне проходити через фільтри з установленою швидкістю. На НПЗ низькотемпературні властивості МП покращують видаленням твердих вуглеводнів депарафінізацією або додаванням депресорних присадок.

При збільшенні в'язкості ДП зростають розміри крапель у факелі, а тому погіршується його розпилення і випаровування, знижується економічність двигуна і підвищується димність ВГ. Паливо з малою в'язкістю також негативно позначається на процесах сумішоутворення, оскільки при розпиленні утворюються дрібні краплини, які формують короткий факел. Через це для приготування ППС використовується не весь об'єм камери згоряння (КЗ) двигуна і не все повітря бере участь у сумішоутворенні, що призводить до надлишкових витрат палива, його неповного згоряння і підвищення концентрації ШР у ВГ автомобіля.

Із підвищенням густини ДП збільшується довжина факела, знижується економічність двигуна і зростає димність ВГ. Важливою характеристикою здатності МП до розпилювання є його поверхневий натяг ($\sigma_{\text{ДП}}$), оскільки розмір крапель є пропорційним $\sigma_{\text{ДП}}$. Зокрема, для пального швидкохідних дизелів $\sigma_{\text{ДП}}$ знаходиться у діапазоні від 0,027 Н/м до 0,030 Н/м, а тихохідних – понад 0,030 Н/м.

Зольність палива характеризує мінеральний залишок після його спалювання у повітрі за температури (800...850) °С. Із підвищенням зольності палива зростає швидкість зносу компонентів системи живлення і циліндро-поршневої групи. Корозійні властивості ДП визначаються присутністю в ньому водорозчинних кислот і лугів, а також води і сполук Сульфуру (будуть детально розглянуті далі).

Рослинні олії (РО), жировмісні речовини, продукти їх переробки за реакцією переестерифікації також можуть використовуватися для живлення дизельних двигунів. Їх температура самозаймання знаходиться у межах $t_{\text{сз}}$ від 280 °С до 320 °С і ненабагато перевищує $t_{\text{сз}}$ ДП (230...300) °С. ЦЧ олій коливається в межах (33...50) од.

РО є гліцериновими естерами ненасичених жирних кислот (ЖК) і добуваються, як правило, в процесі гідравлічного видавлювання з рослин або екстракцією органічними розчинниками. РО на 95...97 % складаються з триацилгліцеридів – естерів гліцеролу $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ і вищих ЖК, а також містять моно- і диацилгліцериди. Ацилгліцериди зазвичай містять залишки різних ЖК, зв'язаних з молекулою гліцеролу ефірними зв'язками. За хімічною структурою вони відрізняються кількістю атомів Карбону і рівнем насиченості ЖК.

Через наявність у складі РО (8...12) % Оксигену їх теплота згоряння дещо менша. Так, нижча теплота згоряння РО становить від 36 МДж/кг до 39 МДж/кг проти (42...43) МДж/кг у ДП. Усі РО сумісні між собою і з нафтопродуктами (зокрема, бензином, ДП тощо). Однак найбільшого поширення як біодизельне паливо (БДП) набули метилові естери РО. Вплив фізико-хімічних показників БДП визначається, зокрема, стандартами EN 14214:2008+A1:2009 та ДСТУ 8695:2016. Законодавча база виробництва біопалив в Україні відображена у нормативних актах.

Лекція 1.5. Теоретичні основи раціонального використання ПММ.

План

1. Загальна класифікація та властивості оливо, мастил, моторних палив. Життєвий цикл ПММ.
2. Взаємозв'язок між складом, експлуатаційними та екологічними властивостями ПММ.
3. Фізичні та хімічні процеси, що протікають під час використання ПММ.
4. Показники якості оливо (мастил), способи їх регенерації та повторного використання. Технічні вимоги мастильних матеріалів.
5. Антикорозійна та захисна функція оливо, електрохімічна корозія металів.
6. Способи покращення екологічних показників оливо і мастил.
7. Вимоги техніки безпеки та захисту навколишнього природного середовища під час використання газоподібних та рідких видів ПММ.

Рекомендовані літературні джерела: [1, 5, 6, 10, 12, 13, 19, 22, 23], статті у періодичних виданнях, патентні джерела, Інтернет-сайти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова література

1. Матвєєва О. Л., Трофімов І. Л., Вовк Ю. О. Технології транспортування, зберігання, заправки та обліку альтернативних моторних палив: Практикум. К.: Вид-во «НАУ-друк», 2021. 64 с.
2. Хімічна модифікація палив і мастил: лабораторний практикум /уклад.: О. В. Полякова, О. С. Тітова, А. Д. Кустовська, О. Л. Матвєєва. К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2021. 64 с.
3. Бойченко С. В., Любінін Й. А., Спїркін В. Г. Вступ до хїммотології палив та оливо: навч. посїбник у 2-х ч. Одеса: Астропрїнт, 2010. ч. 2. 276 с.
4. Бойченко С. В., Тітова О. С., Кучма Н. М., Черняк Л. М. Газ і ПММ: навчально-метод. посїбник. К. : НАУ, 2006. 109 с.
5. Кириченко В. І., Кириченко В. В., Рїбун В. С., Складанюк М. Б. Альтернативні палива із технічних оливо: інноваційні методи і технології одержання та використання. *Фїзика і хїмія твердого тїла*. 2020. т. 21. № 3. С. 552-559. URL: <http://lib.pnu.edu.ua:8080/handle/123456789/8634>
6. Ткачук В. А., Солоненчук І. В. Сучасні тенденції розвитку ринку енергоресурсів в Україні. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Економічні науки. 2019. № 6 (141). С. 73-83. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/15771>
7. Андрїїшин М. П., Марчук Я. С., Бойченко С. В. Газ природний, палива та оливи: монографія. Одеса : Астропрїнт, 2010. 232 с.

Додаткові рекомендовані джерела

8. Бойченко С. В., Терьохін В.І., Новікова В.Ф., Черняк Л. М., Луганова Т. О. Хімотологія: електронний підручник. 2020. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/42353>
9. Топільницький П. І. Переробка нафтових і природних газів. Львів: Держ. ун-т "Львівська політехніка", 1998. 169 с.
10. Інструкції з контролю якості пально-мастильних матеріалів та спеціальних рідин у державній авіації України. Офіційний вісник України. 2017, № 14, ст. 444.
11. Бойченко С. В., Моца В. Г., Тітова О. С. Газ і мастильні матеріали : навч. посібник. К. : НАУ, 2002. 188 с.
12. Бойченко С. В. Раціональне використання вуглеводневих палив : монографія. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2001. 216 с.
13. Хотунцев Ю. Л. Екологія і екологічна безпека: навч. посібник для студ. вищ. пед. навч. закладів; 2-ге вид., перероб. К. : Видавничий центр "Академія", 2004. 480 с.
14. Транспортна екологія. Методично-інформаційні матеріали до самостійного вивчення дисципліни та виконання індивідуальних завдань [для студ. напряму підготов. 6.070101 Транспортні технології (за видами транспорту)] / [А. В. Павличенко, С. М. Лисицька, О. О. Борисовська, О. В. Деменко]. Дніпропетровськ : Нац. гірничий ун-т, 2012. 39 с.
15. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посіб. Кн. 1. Паливо-мастильні матеріали і технічні рідини / за ред. В. Я. Чабанного; 2-ге вид., перероб. та доп. Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. 353 с.
16. Lorne D., Chabrelie M.-F. New biofuel production technologies : overview of these expanding sectors and the challenges facing them/ *Panorama 2011*. IFP Energies nouvelles. 2011. URL: <http://www.ifpenergiesnouvelles.com>.
17. ДСТУ 4840 : 2007. Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови. URL: <http://www.normativ.com.ua>.
18. ДСТУ 7688 : 2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови. К. : ДП "УкрНДНЦ", 2015. 14 с. (Національний стандарт України).
19. Кофанова О. В., Кофанов О. Є. Валеологічні аспекти заміни вуглеводневого дизельного палива на біодизель. *Зб. наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. Сер.: Технічні науки*. 2015. № 1(89). С. 144–148.
20. Resitoglu I. A. The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems / I. A. Resitoglu, K. Altinisik, A. Keskin *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2014. v. 17, issue 1. P. 15–27. DOI : 10.1007/s10098-014-0793-9.
21. Кофанова О. В., Кофанов О. Є. Застосування методу "фізико-хімічного регулювання" властивостей моторного палива для підвищення екологічності автотранспортних засобів. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 3(37). С. 88–97.
22. Кофанов О. Є. Багатопараметричні моделі прогнозування складу і властивостей модифікованих біокомпонентом паливних систем. *Енергетика : економіка, технології, екологія*. 2017. № 4 (50) С. 176–183. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2017.128483>.
23. Кофанова О. В., Кофанов О. Є. Заходи з поліпшення екологічних характеристик моторного палива. *Науково-технічна інформація*. 2015. № 2 (64). С. 53–58.

Інформаційні ресурси в інтернеті

1. <https://er.nau.edu.ua/>
2. https://energy.ec.europa.eu/index_en
3. https://commission.europa.eu/index_en
4. <https://sae.gov.ua/uk>
5. <http://www.ukrstat.gov.ua/>
6. <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>
7. <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/>