



МЕХАНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.336165

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ВСТАНОВЛЕННЯ РЕЄСТРАТОРА ДЕФОРМАЦІЙ ДІЛЯНКИ МАГІСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДУ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ЙОГО НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ (стор. 6–11)

Слабий О. О., Шлапак А. С., Гридчук Я. С., Дейнега Р. О., Попович В. Я.

Об'єкт дослідження – реєстратор деформацій для моніторингу напружено-деформованого стану магістральних трубопроводів. Робота присвячена перевірці гіпотези щодо доцільності установки реєстратора деформацій магістральних трубопроводів на трубопровід, попередньо навантажений максимально допустимим робочим тиском для забезпечення роботоздатності реєстратора при довільних режимах роботи трубопроводу. Конструктивно досліджуваний реєстратор деформацій складається із двох хомутів, між якими в діаметрально протилежних місцях змонтовано чотири помножувачі поздовжніх деформацій, шляхом порівняння відносних деформацій яких можна визначити характер просторового викривлення осі трубопроводу. Для проведення досліджень створено тривимірну модель ділянки трубопроводу діаметром 270 мм і товщиною стінки 5 мм з встановленим реєстратором деформацій, база вимірювань якого складає 300 мм. На основі створеної тривимірної моделі розроблено багатокрокову скінчено-елементну модель, яка дає можливість обчислювати напружено-деформований стан, а також контактну взаємодію ділянки трубопроводу довжиною 4,6 м, один кінець якого є податливим в осьовому напрямку із встановленим реєстратором напружень. Проведено серію чисельних експериментів по дослідженню напружено деформованого стану досліджуваного об'єкту за різних зусиль натягу установчих болтів хомутів. Шляхом аналізу результатів підтверджено висунуту гіпотезу, а також встановлено допустимий діапазон натягу установчих болтів хомутів. Так, зусилля натягу установчих болтів повинні бути не менше 15 кН для забезпечення надійного кріплення хомутів на неробочому трубопроводі та не перевищувати 30 кН за умовою міцності трубопроводу. За результатами аналізу зроблено рекомендації щодо доцільності розробки замка хомута нової конструкції. Окрім цього, висунута гіпотеза про можливість зменшення затребуваного зусилля натягу установчих болтів при зміні матеріалу виготовлення реєстратора деформацій.

Ключові слова: магістральний нафтогазопровід, напружено-деформований стан, експрес-аналіз, реєстратор деформацій.

ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.336199

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕКСТРУДЕРА З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ (стор. 12–17)

Казак І. О., Сідоров Д. Е.

Об'єктом дослідження є екструдер для виготовлення полімерних виробів. У статті розглядається проблема підвищення якості полімерних виробів на основі удосконалення конструкції екструдера. В роботі встановлені особливості конструкцій екструдера, його переваги та недоліки. Спроектована обрана конструкція екструдера з виконанням трисекційного червяка в зоні стиснення з різними висотами бар'єрних зазорів у кожній секції. Співвідношення довжини окремих секцій до загальної довжини зони стиснення повинно бути в діапазоні 0,1–0,5. При цьому висота бар'єрного зазору в першій секції має перевищувати висоту зазорів у наступних секціях в 1,1 рази між сусідніми витками червяка. У першій секції з більшим зазором відбувається інтенсивне розсіювання механічної енергії приводу, що призводить до плавлення полімеру та вивільнення тепла. При цьому значна частина нерозплавленого матеріалу затримується перед входом у наступні секції з меншим зазором. Таким чином, у червяку не виникає різке підвищення тиску у зоні стиснення та локальний перегрів матеріалу по його довжині у секції стиснення. У наступних секціях відбувається подальше розділення розплаву та твердих часток полімеру, а висота зазору зменшується поступово, забезпечуючи контрольований розподіл теплових потоків в матеріалі. Запропонована конструкція червяка у зоні стиснення з закритим бар'єрним зазором $h = 0,001$ м та відкритими бар'єрними зазорами h при 0,0105 м і 0,0075 м ілюструється на прикладі екструдера ($D = 0,63$ м; $\varphi = 17,1^\circ$) при переробці вторинного поліетилену високого тиску. Застосування відкритих бар'єрних зазорів між червяком і корпусом екструдера знижує дисипацію тепла на його робочих поверхнях майже у тричі ніж з закритими бар'єрними зазорами, як демонструється на отриманій залежності функції дисипації від частоти обертання червяка. Це зменшує ризик деградації матеріалу, термічні умови перебування полімеру пом'якшуються, збільшується гомогенність розплаву та сприяє підвищенню якості готових полімерних виробів, зокрема полімерних труб, півки та ін.

Ключові слова: екструдер, екструзія, червяк, витки, трисекційна зона стиснення, бар'єрний зазор, зменшення деградації полімеру, рівномірність розплаву, підвищення якості.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.333833

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ КВАДРОТОРА (стор. 18–23)

Островерхов М. Я., Сацький І. С.

Об'єктом дослідження є система керування положенням безпілотного літального апарата (БПЛА) типу квадатор як нелінійної багатовхідної-багатовихідної (МІМО) системи з сильною взаємозалежністю каналів керування та високою чутливістю до параметричної та структурної невизначеності. Розглянута проблема полягає у відсутності робастних та обчислювально ефективних алгоритмів керування, які можуть забезпечити стабільність в умовах невизначеності та бути реалізованими на вбудованих платформах з обмеженими ресурсами.

У цьому дослідженні представлено аналітичний огляд сучасних методів керування стабілізацією положення квадатора. Проаналізовані методи включають класичні пропорційно-інтегрально-диференціальні (PID) регулятори, лінійні оптимальні, робастні, адаптивні та інтелектуальні системи (нейронні мережі, нечітку логіку). Аналіз зосереджено на структурі, чутливості до невизначеностей, обчислювальній складності та можливості реалізації на контролерах польоту на базі STM32.

У результаті огляду встановлено, що класичні PID-регулятори, хоча й широко використовуються, мають високу чутливість до змін моделі та шуму в сенсорах. Інтелектуальні системи демонструють кращу адаптивність, але перевищують обчислювальні можливості недорогих мікроконтролерів. Найперспективнішим

напрямом визнано методи керування на основі енергетичних функціоналів, які мінімізують локальні функціонали миттєвих значень енергії. Ці методи дозволяють формувати замкнені аналітичні закони керування, уникати диференціювання сигналів та зберігати робастність при мінімальному навантаженні на процесор.

Порівняльна оцінка показує, що запропонований алгоритм має потенціал підвищити якість керування більш ніж на 7% та зменшити вплив параметричних збурень в середньому на 10% порівняно з традиційними системами на основі PID. Результати рекомендовано для систем керування БПЛА, що працюють в умовах обмежених обчислювальних ресурсів, відсутності GPS або за завд, таких як тактичні дрони, платформи FPV та автономні навігаційні системи.

Ключові слова: керування квадатором, параметрична та структурна невизначеність, керування на основі енергетичних функціоналів, нелінійні МІМО-системи.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.334613

РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ СИЛИ ЗАХОПЛЕННЯ НА ОСНОВІ ЕМГ-СИГНАЛІВ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ (стор. 24–28)

Пастушенко А. О.

Об'єктом дослідження є система керування біонічним протезом, яка використовує ЕМГ-сигнали, зчитані за допомогою браслета MYO, а також сенсори зворотного зв'язку для визначення сили захоплення. У контексті розвитку сучасної біоінженерії та нейротехнологій дана система спрямована на забезпечення точного й адаптивного управління протезною рукою з урахуванням намірів користувача.

Проблема, що розглядається у дослідженні, полягає в розпізнаванні сили захоплення біонічною кистю на основі ЕМГ-сигналів та передачі зворотного зв'язку користувачу. Особлива увага приділяється застосуванню глибинної нейронної мережі для класифікації рівнів сили та розробці методики обробки сигналів у реальному часі. Завданням є створення стабільної та зручної у використанні системи управління захопленням.

Суть отриманих результатів полягає у створенні експериментальної системи, яка з високою точністю (95%) класифікує силу стискання об'єктів біонічною рукою. Система базується на нейронній мережі з двошаровим автокодером, навченої на маркованих і немаркованих даних. Для підвищення точності моделі використано часові характеристики ЕМГ-сигналів: MAV, RMS, SD та WL.

Результати пояснюються ефективною обробкою біосигналів і машинним навчанням. Поділ сили на 8 рівнів і використання нечіткого контролера забезпечили стабільне керування захопленням та передачу інформації користувачу через вібраційний зворотний зв'язок. Система успішно протестована в реальному часі.

Інноваційність полягає в інтеграції браслета MYO, силового датчика й FSR із глибинним навчанням. Це забезпечує точну класифікацію сили та природний зворотний зв'язок, що підвищує керованість і зручність користування.

Застосування системи дає нові можливості у протезуванні: точніше передає наміри користувача, знижує помилки й підвищує комфорт. Результати мають потенціал клінічного впровадження для покращення сучасних протезів.

Ключові слова: електроміографія, протезування, навчання, нейромережа, датчик, вібрація, зворотний, захоплення, контроль, керування.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.334165

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗЧИТУВАННЯ МОРГАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЕРОФЛЮІДУ (стор. 29–33)

Мормітко О. М.

Об'єктом дослідження є система моніторингу рухів очей, яка базується на поєднанні постійного магніту, ферофлюїду та окулярів з вбудованими індуктивними датчиками. У сучасних умовах розвитку носимих технологій та біомедичних пристроїв така система має потенціал для застосування в медицині, зокрема для контролю за рухами очей у реальному часі, що може бути корисним для діагностики та реабілітації.

Проблема, що розглядається у дослідженні, полягає у створенні компактної, комфортної та точної системи для безконтактного моніторингу частоти та характеру моргання. Основна увага приділяється оптимізації конструкції оправи окулярів із вбудованими котушками, а також розробці алгоритмів збору та обробки індукованих сигналів, що дозволяє ефективно виявляти рухи очей без дискомфорту для користувача.

Суть отриманих результатів полягає у розробці носимої системи, яка використовує ферофлюїд, нанесений на накладні вії, і магнітні котушки, вбудовані у 3D-друковану оправу окулярів. Експериментальні випробування продемонстрували здатність системи чітко розрізняти повільне та швидке моргання на основі індукованих сигналів, отриманих за допомогою плати Arduino Uno з частотою зчитування 200 Гц. Виявлено, що амплітуда сигналів при швидкому морганні суттєво вища, що забезпечує надійне відстеження рухів очей у різних режимах.

Результати пояснюються інноваційним поєднанням безконтактного магнітного сенсора з рідкою формою ферофлюїду, що забезпечує гнучкість, комфорт і непомітність системи. Вбудовані в оправу котушки дозволяють підсилити індукційний сигнал, знижуючи вплив шумів і покращуючи якість даних. Використання 3D-моделі оправи, оптимізованої для фіксації котушок, забезпечує надійність конструкції та повторюваність результатів.

Інноваційність підходу полягає у поєднанні передових матеріалів і технологій 3D-друку з традиційними електронними рішеннями для створення компактного та зручного пристрою моніторингу очних рухів. Запропонована система є перспективним інструментом для подальшого застосування у медичних, реабілітаційних та інтерфейсних технологіях, де точний контроль за морганням є критично важливим.

Ключові слова: система, моніторинг, зчитування, моргання, магнітні, властивості, ферофлюїд, датчики, сигнали, контроль.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.337041

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ МОРСЬКИХ ПРИЙМАЧІВ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ (стор. 34–39)

Глинянюк В. В., Коновець В. І., Кузьменко В. В., Пашко Е. А., Руденський Р. В., Шишкін О. В.

Глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) відіграють визначальну роль у морському суднопластві. Диференціальний режим роботи суднових приймачів ГНСС з використанням поправок координат дозволяє значно підвищити точність позиціонування морського судна у порівнянні з автономним режимом. Об'єктом дослідження були приймачі ГНСС морського призначення, що здатні працювати в диференціальному режимі.

Досліджені проблеми достовірного визначення фактичного режиму роботи суднового GNSS-приймача (автономний чи диференціальний). Окреслено ризики, пов'язані з неоднозначністю та ненадійністю стандартних індикаторів диференціального режиму (прапорці posMode = D, Fix Quality = 2).

Це призводить до хибної інтерпретації статусу точності з пов'язаними навігаційними системами, зокрема, Автоматичною ідентифікаційною системою (AIC), і створює загрозу безпеці мореплавства.

Експериментально доведено, що застарілі моделі приймачів можуть помилоково індикувати роботу в диференціальному режимі, спираючись лише на налаштування користувача, а не на фактичне отримання й застосування поправок. Встановлено, що сучасні приймачі вирішують цю проблему, але створюють новий рівень складності, розділяючи поняття «точність» і «цілісність» навігаційного рішення. Вони можуть видавати високоточну позицію, одночасно позначаючи її як ненадійну (прапорець NavStatus = V), у разі виявлення несправного супутника. Виявлено системний конфлікт між вимогами стандартів International Telecommunication Union (ITU) та International Electrotechnical Commission (IEC) щодо критеріїв високої точності для AIC.

Встановлено, що недостовірна індикація режимів у обладнанні застарілих зразків пов'язана з особливостями роботи його програмної логіки, яка прив'язує прапорець режиму до налаштування, а не до наявності даних. Поведінка сучасних приймачів пояснюється імплементацією у них передових алгоритмів контролю цілісності (RAIM) та логіки нових стандартів (зокрема, IEC 61108-7), які вимагають повідомляти про втрату довіри до даних.

Результати досліджень можуть бути використані розробниками суднового обладнання (AIC, EKNIC) для створення комплексних алгоритмів аналізу даних GNSS, що враховують сукупність індикаторів. Міжнародні організації (ІМО, ІТУ) можуть використати їх для гармонізації стандартів. Судноводії та технічні фахівці можуть використати ці результати для формування правильного розуміння обмежень стандартних індикаторів і необхідності комплексної оцінки статусу GNSS-приймача.

Ключові слова: безпека мореплавства, AIC, точність позиціонування, диференціальний режим, NMEA.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.333613

ВИЯВЛЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ГІДРОРОЗРИВУ НА СКІН-ЕФЕКТ У ПРИВИБІЙНІЙ ЗОНІ ПЛАСТА (стор. 40–49)

Купер І. М., Михайлишин Б. І., Ларцева І. І.

Об'єктом дослідження є кольматация привибійної зони продуктивного пласта, яка призводить до формування позитивного скін-фактора та зниження продуктивності свердловин. Предметом дослідження є вплив гідравлічного розриву пласта на колекторські властивості привибійної зони, а також оцінка ефективності застосування сучасних методів моделювання для прогнозування продуктивності свердловин і оптимізації технологічних параметрів операцій з інтенсифікації видобутку.

В дослідженні вирішувалася проблема зниження продуктивності газових свердловин через погіршення фільтраційно-ємнісних властивостей привибійної зони пласта, що зумовлене кольматациєю, накопиченням рідин, ретроградною конденсацією та іншими фізико-хімічними процесами, які ускладнюють рух флюїдів до вибою свердловини. Робота спрямована на пошук ефективного способу інтенсифікації для збільшення дебіту свердловини та зменшення скін-фактору, а також на уточнення методів прогнозування дебіту з урахуванням колекторських властивостей пласта.

У ході виявлення закономірностей проведено нагнітальний тест та регресивний аналіз, моделювання продуктивності з використанням програмного забезпечення, а також виконано гідравлічний розрив пласта (ГРП) на свердловині ХІ. Після ГРП було зафіксовано істотне зростання абсолютного вільного дебіту – з 1,24 тис. м³/добу до 13,25 тис. м³/добу. Проведене чисельне моделювання до та після ГРП дозволило оптимізувати інженерні рішення, знизити невизначеність при плануванні робіт і досягти високої точності прогнозу дебіту. У ході виявлення закономірностей було визначено залежності між геометрією тріщини, скін-фактором і дебітом, що дозволило кількісно оцінити ефективність впливу ГРП. Розроблено практично орієнтований підхід до реалізації моделювання роботи свердловин.

Отримані результати можуть бути ефективно використані при проектуванні та моделюванні гідравлічного розриву пласта на практиці за умов кольматации привибійної зони пласта, наявності позитивного скін-фактора, низької проникності пласта. Це в свою чергу дозволить суттєво збільшити дебіти свердловин та ефективність експлуатації родовищ зі складними фільтраційними умовами.

Ключові слова: привибійна зона, проникність пласта, кольматация, скін, дебіт газу, інтенсифікація, гідравлічний розрив пласта.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.333869

ОЦІНКА ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКЛАДАЛЬНИХ МАСИВАХ НА МОДЕЛЯХ З ПОДРІБНЕНОЇ ПОРОДИ (стор. 50–57)

Ткачук О. М., Чепіга Д. А., Бачурін А. Л., Подкопаєв С. В., Бачуріна Я. П., Подкопаєв Є. С., Рудинець М. В., Вісін О. О.

Об'єктом дослідження були деформаційні процеси у закладальних масивах з подрібненої породи, які застосовуються для управління покрівлею на виїмкових ділянках. Досліджувалась проблема запобігання обвалень бічних порід за рахунок забезпечення тримкості закладальних масивів. Деформаційні процеси досліджувались на експериментальних моделях з подрібненої породи, які імітували різні закладальні масиви. Розглядалось одновісне стиснення подрібненої породи з можливістю її бічного розширення та компресійне стиснення. Одновісне стиснення застосовувалося для моделювання часткового, а компресійне стиснення – повного закладання виробленого простору. В умовах навантаження закладальних масивів встановлено гіперболічну залежність між відносною змінною об'єму закладального матеріалу на одиницю конвергенції бічних порід ΔV_K (м⁻¹) та коефіцієнтом ущільнення подрібненої породи, яка дозволяє спрогнозувати граничну усадку матеріалу. Визначальним фактором встановленої залежності є відносна деформація закладального масиву. При навантаженні подрібненої породи та порівнюваних величинах коефіцієнту її ущільнення, різниця у деформаційних характеристиках досягає 2,5–3 разів. Вона фіксується за рахунок трансформації форми або зміни об'єму у різних умовах стиснення. Показано, що зі зростанням параметру ΔV_K питома потенціальна енергія деформації закладального матеріалу змінюється за логарифмічною залежністю. Густина енергії обумовлюється механічними характеристиками та умовами стиснення подрібненої породи.

Максимальну стійкість підготовчих виробок, підтримуваних позаду очисного вибою здатне забезпечити застосування повної закладки виробленого простору, при чому очікувана усадка закладального масиву залежить від початкової щільності закладання та деформаційних характеристик подрібненої породи, що використовується для закладки.

Ключові слова: закладальний масив, деформація, ущільнення, подрібнена порода, конвергенція, безпечні умови праці.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.334789

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ГЛИНИСТІЙ КІРЦІ ПРИ ТАМПОНУВАННІ СВЕРДЛОВИН (стор. 58–64)**Кочкодан Я. М., Джус А. П., Юрич А. Р., Юрич А. Р.**

Об'єктом дослідження є процес утворення тріщин у глинистій кірці при її контакті з твердіючим тампонажним розчином/каменем.

При тампонуванні свердловини неможливо повністю видалити сформовану на її стінках фільтраційну кірку. Це є передумовою до неякісного кріплення з утворенням на межі контакту та безпосередньо у кірці каналів для перетоків флюїдів. Дослідження процесів, що мають місце при тампонуванні, дають можливість краще зрозуміти характер їх перебігу та запропонувати елементи технології для забезпечення герметичності кріплення свердловини.

Встановлено, що процес утворення тріщин характеризується трьома періодами: індукції, тріщиноутворення та стабілізації. Тривалість кожного визначається станом системи «глиниста кірка – твердіючий тампонажний розчин/камінь». Найбільш інтенсивним перебігом процес характеризується за умов, що відповідають приустьовій частині свердловини. Це пояснюється зневодненням тампонажного розчину при його прокачуванні в кільцевому просторі та неуцільненою структурою кірки. При цьому площа ураженої тріщинами глинистої кірки сягає понад 80%, в той же час для умов привибійної частини стовбура не перевищує 30%.

Досліджено вплив водних розчинів електролітів на тріщиностійкість глинистої кірки. Встановлено, що зі зменшенням концентрації CaCl_2 та зі збільшенням концентрації NaCl площа ураженої тріщинами кірки зменшується. Не виявлено утворення тріщин в кірці після її оброблення 2% та 5% розчином Na_2CO_3 .

Встановлено, що зі зменшенням товщини цементного кільця періоди індукції та тріщиноутворення збільшуються, а загальна площа ураженої глинистої кірки зменшується.

Отримані результати слугуватимуть основою для розроблення комплексного підходу до забезпечення якісного кріплення свердловин. Він може включати оптимізацію їх конструкції, а також удосконалення рецептур технологічних рідин для конкретних геолого-технічних умов.

Ключові слова: герметичність кріплення свердловини, тампонажний розчин/камінь, процес тріщиноутворення у глинистій кірці.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.337280

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ПІДВИЩЕННЯ НАФТОВИЛУЧЕННЯ ТА ГЕОЛОГІЧНОГО ЗБЕРІГАННЯ CO_2 У ВИСНАЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ПОКЛАДІ (стор. 65–71)**Петренко Т. С., Рубель В. П.**

Об'єктом дослідження є процеси підвищення нафтовилучення та геологічного зберігання CO_2 у виснаженому, сильно обводненому нафтовому покладі, змодельовані за допомогою тривимірної композиційної гідродинамічної моделі. Вирішувалася ключова проблема проєктів CCUS: внутрішнє протиріччя між максимізацією видобутку нафти та оптимізацією обсягу й безпеки довгострокового зберігання CO_2 . Досліджувався вибір операційної стратегії, яка б дозволила збалансувати ці цілі в умовах високої геологічної неоднорідності та ризику раннього прориву газу.

Встановлено, що стратегія «закачування – виснаження» забезпечує найвищий сумарний видобуток нафти (близько 1.8 млн m^3), однак є неефективною через ранній прорив газу (через ~ 2 роки). Стратегія з одночасною підтримкою тиску виявилася найбільш збалансованою: прорив газу відтерміновано на 1.5 роки, що забезпечило високу ефективність зберігання CO_2 , але сумарний видобуток нафти був нижчим (близько 1.5 млн m^3). Технологія поперемінного закачування води та газу (WAG) для умов даного покладу виявилася шкідливою, призвівши до аномального зростання тиску (до 824 бар) та блокування запасів нафти.

Отримані результати пояснюються фізикою процесу. Ранній прорив газу в першому сценарії зумовлений гравітаційною сегрегацією CO_2 та формуванням «гравітаційного язика». Ефективність другого сценарію пов'язана зі створенням більш стабільного фронту витіснення завдяки підтримці тиску. Повна неефективність WAG пояснюється наявністю високопроникних каналів у геологічно неоднорідному пласті, якими рухалася вода, омиваючи нафту.

Результати можуть бути використані на практиці операторами родовищ на пізній стадії розробки для обґрунтування вибору стратегії CCUS. Вони надають кількісну основу для оцінки компромісу між короткостроковими економічними вигодами (видобуток) та довгостроковими екологічними цілями (зберігання). Доведено критичну важливість детального геологічного моделювання перед застосуванням WAG, щоб уникнути значних фінансових втрат.

Ключові слова: підвищення нафтовилучення, геологічне зберігання CO_2 , CCUS, чисельне моделювання, WAG, оптимізація, геологічна неоднорідність.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.337616

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВИПУСКНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ВІД ОКСИДІВ СІРКИ (стор. 72–79)**Сагін С. В., Куропятник О. А., Руснак Д. Ю.**

Як об'єкт дослідження прийнято процес очищення випускних газів судових дизелів від оксидів сірки, що пов'язано з необхідністю виконання вимог Annex VI MARPOL. Наведено результати досліджень щодо зниження емісії оксидів сірки з випускними газами судових дизелів шляхом додаткової обробки палива. Визначено, що під час експлуатації дизелів морських суден обов'язковим є забезпечення їх екологічних показників відносно викидів шкідливих речовин, у тому числі оксидів сірки. Як метод, що забезпечує очищення випускних газів від сірковмісних компонентів, розглянуто скрубберне очищення. Одночасно з цим запропоновано додаткову обробку палива шляхом використання його ультразвукового опромінування. Наведено результати досліджень, що виконувались на судні класу Bulk Carrier дедвейтом 82,000 тонн. До складу судової енергетичної установки судна входили головний двигун STX-MAN B&W 6S60ME-C та три допоміжні дизель-генератори Yanmar 6EY18ALW2, випускні гази яких піддавалися скрубберному очищенню. При цьому в системі паливопідготовки дизелів додатково використовувалася ультразвукова обробка палива. Для різних експлуатаційних режимів судової енергетичної установки було встановлено, що відносне зменшення емісії шкідливих речовин під час використання додаткової ультразвукової обробки палива складає: щодо емісії діоксиду сірки SO_2 12.24–24.12%; щодо відношення емісії діоксиду сірки до емісії діоксиду вуглецю SO_2/CO_2 10.56–22.54%. Зазначено, що більш ефективним є використання додаткової ультразвукової обробки під час знаходження суден всередині спеціальних екологічних районів, тобто в прибережних акваторіях. Проведення ультразвукової обробки палива можливе для будь-яких сортів рідкого морського палива, незалежно від його вязкості, густини та компонентного складу.

Ключові слова: екологічні показники, морський транспорт, обробка палива, очищення випускних газів, судовий дизель.