



МЕХАНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.329471

ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ РОЗПОДІЛУ СИЛ У ЗОНІ КОНТАКТУ ДЕФОРМІВНЕ КОЛЕСО – ДЕФОРМІВНА ПОВЕРХНЯ (стор. 6–12)

Ковбаса В. П., Прілепо Н. В.

Об'єктом цього дослідження є контактна взаємодія двох деформівних тіл неузгодженої геометричної форми, зокрема, зміни напружено-деформованого стану колеса та опорної поверхні. Актуальність даної теми обумовлена зростанням вимог до прохідності техніки в складних умовах, необхідністю зниження негативного впливу на довкілля, а також потребою в оптимізації конструкцій рухомих елементів машин. Одним із найбільш складних питань є побудова адекватного аналітичного рішення для визначення змін напружено-деформованого стану в зоні контакту колеса з ґрунтовою або іншою поверхнею.

У цьому дослідженні застосовано підхід, заснований на основних положеннях математичної фізики, що використовуються при розв'язанні задач теорії пружності. Це дозволило вивести аналітичні рівняння для опису абсолютних деформацій поверхні та колеса (шини), розподілу контактної тиску та абсолютних деформацій. Розподіл тиску в зоні контакту був отриманий за використання властивостей поверхневого інтеграла другого роду. При цьому зосереджені сили віднесені до площі контакту прирівнювались до інтегральної величини поверхневого інтеграла другого роду. Величини розподілених сил використовувались в перетворених рівняннях потенціалів Бусинеску та Черруті.

Отримані аналітичні залежності дозволяють використати їх для визначення відносних деформацій контактуючих тіл та розподілу напружень в них. Важливим є те, що ці аналітичні залежності дозволяють використати їх для отримання залежностей для визначення границь зони контакту та коефіцієнту тертя кочення для деформівних тіл. Отримані залежності мають загальний характер, оскільки представлені у загальному вигляді під дією навантажень як на ведуче колесо, так і на пасивне (ведене).

Запропонована модель забезпечує значне підвищення точності аналізу, в порівнянні з існуючими емпіричними підходами. Крім того, отримані залежності дозволяють уникнути громіздких обчислень для кожного конкретного навантаження та кожного конкретного показника властивостей матеріалів методами FEM (finite element method) або DEM (discrete element method).

Ключові слова: деформівне колесо, деформівна поверхня, ущільнення ґрунту, поверхня контакту, зона контакту.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.330574

РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОНТРОЛЬОВАНОГО РУХУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ ПО ПЕРЕСИПНИМ ПОЛИЦЯМ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ГРАВІТАЦІЙНО-КАСКАДНОЇ УСТАНОВКИ (стор. 13–19)

Антоненко А. В., Арендаренко В. М., Іванов О. М., Дудніков І. А., Ляшенко С. В.

Об'єктом дослідження є гравітаційний рух зерна по пересипним полицям та каскадній завантажувальній установці з двома розгінними та двома гальмівними ділянками. Дослідження такого руху здійснюється для підтвердження теоретичних досліджень, щодо розробки та обґрунтування аналітичної моделі контрольованого гравітаційного руху зерна по пересипним полицям.

При завантаженні зерна воно, падаючи зі значної висоти та ударяючись об дно та стінки ємності, може травмуватися. Зазначена проблема потребує розробки та дослідження технічного рішення, яке б забезпечувало регулювання швидкості руху зерна при його завантаженні у ємності.

Теоретичні дослідження проводилися із застосуванням розробленої аналітичної моделі руху зерна та запропонованих рівнянь для знаходження співвідношень між кутами нахилу розгінних та гальмівних полиць гравітаційно-каскадної установки. На основі аналітичної моделі була виготовлена експериментальна установка із двох розгінних і двох гальмівних полиць. Полиці можуть вільно повертатися на осях на необхідний кут в межах від 0° до 90° відносно горизонтальної площини. Для полиць розгінних ділянок кут нахилу α вибирався з варіативного ряду 45° , 50° , 60° . Орієнтуючись на кут α , згідно моделі полиця першої гальмівної ділянки встановлювалась під кутом $20,43^\circ$, $20,48^\circ$, $20,32^\circ$, а полиця другої гальмівної ділянки – $38,46^\circ$, $35,28^\circ$, $29,32^\circ$.

Експериментальні дослідження показали, що швидкість руху зерна дійсно регулюється комбінацією співвідношень кутів розгінних та гальмівних полиць. При цьому швидкість зерна на останній гальмівній ділянці є близькою до початкової швидкості потоку на початку першої розгінної полиці. Значення абсолютних та відносних похибок дослідів експериментально визначених швидкостей та теоретичного значення швидкості засвідчують цілком допустимі межі відхилень для даного багатofакторного експерименту. Відносне відхилення експериментальної від теоретичної швидкості руху зернової маси не перевищує 12,76%.

Отримані результати та їх аналіз свідчать про те, що представлена аналітична модель та спроектована гравітаційно-каскадна установка за рахунок гальмівних і розгінних ділянок дозволяє вирішити проблему контрольованого руху швидкості зерна для його завантаження у ємності без травмування, зокрема у складні споруди.

Ключові слова: швидкість руху зерна, розгінні та гальмівні полиці, змінні кути нахилу.

ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.329741

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ РУХУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН З ВЕДУЧИМИ КОЛЕСАМИ (стор. 20–27)

Шуляк М. А., Чепіжний А. В., Хворост Т. В., Соколік С. П., Мурчич М. М.

Об'єктом дослідження є процес роботи транспортно-технологічного агрегату з ведучими колесами технологічної машини.

Одним з найбільш проблемних місць ефективної роботи енергонасиченого трактора в складі транспортно-технологічного агрегату є неповне використання потенційних можливостей двигуна трактора. Це обумовлене тим, що на початку та в кінці технологічної операції маса вантажу технологічної машини буде різною. Можливим вирішення цієї проблеми є використання додаткових ведучих осей технологічної машини, що дозволяє збільшити відносну частку зчепної ваги в агрегаті. Це дозволяє частину потужності двигуна реалізувати через ходову систему трактора, а частину передати технологічній машині.

В ході дослідження виявлено, що при передачі частини потужності до технологічної машини можливі три режими руху $P_{KT} > P_{зм}$; $P_{KT} = P_{зм}$; $P_{KT} < P_{зм}$. Для їх аналізу з урахуванням динамічних складових руху використовувалась еквівалентна динамічна модель транспортно-технологічного агрегату. Отримано характерні кожному режиму руху коливання поздовжніх сил, що діють на агрегат. Виявлено, що рух агрегату з передачею частини потужності на ведучі

колеса технологічної машини необхідно реалізовувати при умові руху $P_{KT} > P_{x\text{т}}$, тобто за часткового недовантаження. Це пов'язано з тим, що запропонований режим руху дозволяє стабілізувати коливання поздовжніх сил та підвищити частину потужності двигуна, яку можна реалізувати в тяговому режимі. Зокрема, для цієї умови руху потенційна тягова сила P_{ka} збільшується до 45,92 kN при зменшенні середнього квадратичного відхилення $\sigma_{ka} = 1,74$ kN. Також цьому режиму руху властива відсутність набігання технологічної машини на трактор, як наслідок, наявні найменші динамічні коливання та стабілізуючий ефект для поздовжніх сил.

Завдяки цьому забезпечується можливість активізації коліс технологічної машини з компенсацією негативних чинників, які властиві руху транспортних засобів з повним приводом. У порівнянні з аналогічними відомими способами використання повної потужності двигуна для транспортно-технологічних агрегатів зі змінною масою, забезпечення визначеної умови руху підвищить ефективність їх роботи.

Ключові слова: транспортно-технологічний агрегат, ведучі колеса, змінна маса, динаміка, коливання, завантаження двигуна.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.332016

ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ФІНІШНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ВІЛЬНИМИ АБРАЗИВАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ (стор. 28–35)

Романченко О. В., Ткаченко В. П., Шумакова Т. О.

Об'єктом дослідження є технологічний процес вібраційної фінішної обробки плоских деталей типу «Лист роторний», що виготовляються з тонколистового металу на підприємствах залізничної галузі України в процесі ремонту електродвигунів рухомого складу. У зв'язку з особливостями експлуатації такі деталі часто мають залишкові дефекти після лазерного різання – задирки, гострі кромки, забруднення – які негативно впливають на їх подальше функціонування. Одним з найбільш проблемних місць є забезпечення рівномірної, якісної обробки великої кількості тонких деталей одночасно без їх деформацій та пошкоджень. В ході дослідження використовувалися методи порівняльного аналізу технологічних рішень, експериментальне тестування параметрів вібраційної обробки та підбір найбільш ефективних режимів роботи верстата. Зроблено вибір абразивного інструменту різної форми та складу та дослідження впливу активних лужних розчинів, а також проектування трьох конструктивно різних спеціальних пристосувань для розміщення деталей у контейнері. Представлені пристосування забезпечують позиціонування деталі з одночасним доступом абразивного інструменту до всіх оброблюваних поверхонь. Результати роботи можуть бути використані для проектування технологій обробки різних типів плоских деталей, виготовлених з тонколистового металу. Отримано раціональний технологічний процес, який дозволяє ефективно видаляти дефекти поверхні, підвищуючи якість обробки при збереженні високої продуктивності. Це пов'язано з тим, що запропонований підхід поєднує точний підбір режимів обробки та вдосконалені пристосування, зокрема за рахунок контролю переміщення деталей та оптимального розподілу робочого середовища. Завдяки цьому забезпечується можливість отримання високих показників якості поверхні при значному скороченні часу обробки. У порівнянні з аналогічними відомими методами, це забезпечує покращену технологічну керуваність, економічність та адаптивність до умов багатосерійного виробництва в машинобудуванні.

Ключові слова: фінішна обробка, вібраційний метод, рухомий склад, абразивний інструмент, тонколистова деталь.

МЕТАЛУРГІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.328992

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ВАГРАНОЧНОЇ ПЛАВКИ ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМУМУ ТЕМПЕРАТУРИ ГОРІННЯ (стор. 36–40)

Дьомін Д. О.

Об'єктом дослідження була температура горіння у вагранці. Досліджувана проблема полягала у складності прогнозування температури в функції керуючих параметрів плавки.

У дослідженні керуючими параметрами обрано температуру підігріву повітря, що дувається у фурми, та повнота згоряння палива. За допомогою використання ортогонального планування експерименту було побудовано математичну модель у вигляді поліному другого порядку, що дозволила виявити закономірності впливу кожного керуючого чинника на результуючу величину – температуру горіння.

Отримана математична модель дозволила виявити, що обидві вхідні змінні є значущими. Однак, якщо характер впливу температури підігріву повітря на температуру горіння є лінійним, то повнота згоряння впливає нелінійно. Точність моделі виявилася задовільною, бо усі експериментальні дані лягли всередину довірчих інтервалів з довірчою ймовірністю $P = 0.99$. Це дозволяє стверджувати про можливість використання побудованої моделі для прогнозування температури горіння в межах області планування.

Гребеневим аналізом поверхні відгуку встановлено, що теоретичне максимальне значення температури горіння на межі області планування складає близько 3000°C. Це відповідає значенням вхідних змінних $T_{air} \approx 1120^\circ\text{C}$ та $\eta_0 \approx 82\%$. Однак через те, що забезпечення температури підігріву повітря на рівні 1120°C може стикатися із технічною складністю реалізації, можуть бути рекомендовані такі значення вхідних змінних: $T_{air} = 783\text{--}1060^\circ\text{C}$, $\eta_0 = 71\text{--}80$. Вони забезпечують температури горіння в інтервалі 2690–2980°C, тобто значення, близькі до субоптимального, визначеного гребеневим аналізом.

Ці дані дозволяють вносити корективи у процес плавки, у тому числі використовуватись для подальшого пошуку оптимального керування плавкою. Отримані рішення можуть бути використані в чавуноливарних цехах промислових підприємств, оснащених вагранками.

Ключові слова: ваграночна плавка, температура горіння у вагранці, температура підігріву повітря, повнота згоряння палива.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.331902

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЛИВКІВ ВТОРИННОГО α -ТИТАНУ, ОТРИМАНИХ БЕЗКАМЕРНОЮ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЮ ВИПЛАВКОЮ, НА ОБРОБЛЮВАНІСТЬ ТОЧІННЯМ (стор. 41–45)

Білоник Д. І., Капустян О. Є., Канашевич Г. В., Лаптева Г. М., Губар Є. Я., Білоник І. М.

Об'єктом досліджень є здатність до оброблюваності точінням зливків вторинного α -титану, отриманих за технологією безкамерної електрошлакової виплавки (далі – вторинний α -титан) з залученням до виготовлення витратних електродів 100% відходів листової обрізи титану ВТ1-0. Одним з найбільш проблемних місць є важкість механічної обробки титану та вторинного титану. Зокрема, це налипання стружки на інструмент обробки, що обумовлене високою пластичністю титанових сплавів, а також підвищення температури на контактних поверхнях, що призводить до окислювання.

В ході дослідження використовувалися сучасні металографічні методи для вивчення макроструктури, хімічного складу та механічних властивостей α -титану, експериментальні методи підбору раціональних режимів точіння, метод графічної інтерполяції для визначення коефіцієнту оброблюваності. Оцінювання зносостійкості різців проводилося методом порівняння.

Встановлено оптимальні параметри режиму для видалення альфированого шару, а також для отримання шорсткості поверхні 5–8 класу: швидкість різання $V = 25\text{--}30$ мм/хв; подача $S = 0,5\text{--}0,9$ мм/об; глибина різання $T = 1,0\text{--}1,2$ мм. Визначені режими точіння дозволяють отримувати складні різбові профілі у відповідності до вимог ISO 724:1993. Проведеними дослідженнями доведено, що точіння зливків вторинного α -титану не потребує додаткових технологічних заходів та високо зносостійких спеціальних інструментів. При цьому, коефіцієнт оброблюваності складає 0,47–0,48. Покращена оброблюваність зливків вторинного α -титану пояснюється його високою якістю, забезпеченою крапельним перенесенням металу та послідовною кристалізацією зливків у водоохолоджувальному мідному кристалізаторі, що призводить до підвищення рівня щільності та однорідності структурного стану. Застосування безкамерної електрошлакової технології виплавки забезпечило покращення якості α -титану та розширило можливості використання даного сплаву для виготовлення деталей машинобудівної, хімічної, авіаційної галузей.

Отримання вторинного α -титану з використанням титанових відходів безкамерною технологією виплавки забезпечує зниження собівартості отримання вторинного α -титану в межах 25–30%.

Ключові слова: зливки, оброблюваність, α -титан, шорсткість, міцність, макроструктура, мікроструктура, точіння, зносостійкість, твердість.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.329722

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АКТИВНОГО КОНУСНОГО ДЕФОРМАТОРА ДЕРЕВИНИ (стор. 46–51)

Падалка В. В., Горбенко О. В., Іванкова О. В., Дудник В. В., Горюнов Б. О.

Об'єктом дослідження є параметри механізмів для руйнування анізотропних матеріалів механічним деформатором конусного виду. Одним із відомих відновлюваних джерел енергії є матеріал рослинного походження (деревина). Виходячи з цього пошук оптимальних параметрів роботи та конструктивних особливостей робочих органів для механізованого розколювання колод є актуальним. Тому запропоновано нове вирішення наукової задачі, що полягає в обґрунтуванні основних геометричних параметрів активного конусного деформатора для розколювання колод із деревини за найменшими енергетичними затратами на його привід.

Проведений у ході дослідження аналіз показав загальну позитивну ознаку принципу роботи, при якій проникнення активного деформатора конусної форми перпендикулярно деревинним волокнам полегшує руйнування їх зв'язків та має більш перспективну та продуктивну конструкцію. Розроблено математичну модель визначення сили, що потрібна для руйнування колоди деревини. Зазначена залежність враховує пружні характеристики матеріалу, сили, що існують між волокнами анізотропної речовини, сили тертя між матеріалом деформатора та деревиною, та його геометричні параметри. Визначено, що необхідною величиною, котра характеризує фізико-механічні властивості деревини, є зусилля, яке необхідне для руйнування зв'язків між волокнами (коефіцієнт повздовжнього руйнування). Тому експериментально були отримані значення коефіцієнту повздовжнього руйнування, який склав для сосни – 2533 ± 66 Н/м, дуба – 5583 ± 145 Н/м та осики – 5000 ± 279 Н/м.

За результатами досліджень отримані аналітичні рекомендації геометричних параметрів активного деформатора. Для матеріалу сосни діаметром 0,15 м оптимальна довжина конуса знаходиться в діапазоні 0,02–0,20 м при куті конуса – 20–90°. При цьому теоретичне зусилля на її руйнування складає 568–864 Н. Аналогічні результати отримані також для матеріалів осики та дуба. Завдяки цьому забезпечується можливість проектувати конструкцію конусного деформатора деревини за зазначеними діапазонами, що є оптимальними для кожного матеріалу або їх груп.

Ключові слова: технологія, біомаса, деревина, активний деформатор, анізотропний матеріал, розколювання, зусилля руйнування.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.331995

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДУКТИВНОСТІ НАТУРНОЇ МОДЕЛІ ШЛЯХОВИХ КОТУШОК ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ТРАНСПОРТУ (стор. 52–57)

Голота О. О., Устименко Д. В., Муха А. М., Плаксін С. В., Чуприна Є. М.

Об'єктом дослідження є параметри та характеристики шляхових котушок з різними конструктивними показниками для натурної моделі високошвидкісного магнітолевітаційного транспорту. Проблемою, яка постає в такій системі, є невчасне вмикання шляхових котушок, що приводить до збою в роботі через короткочасне зникнення тягової сили. Рішення цієї проблеми дозволить екіпажу поліпшити умови руху високошвидкісного магнітолевітаційного транспорту. Це дасть можливість виконати обґрунтований вибір параметрів шляхової котушки натурної моделі високошвидкісного транспорту, яка б мала необхідне значення індуктивності при різних режимах включення.

Необхідна частота комутації буде залежати від бажаної швидкості руху екіпажу та параметрів шляхових котушок. Важливою задачею в межах досліджень магнітолевітаційного транспорту є розробка та створення принципово нової системи керування. Така система мала б шляхову структуру з тяговими котушками раціональної форми та параметрів, які б реалізовували визначені процеси керування експериментальною установкою. Задача дослідження полягає у створенні натурної моделі шляхових котушок високошвидкісного транспорту та проведенні експериментального визначення залежності електричних параметрів (індуктивності) від значення частоти синусоїдального сигналу при різних обмоткових параметрів шляхових котушок. Для реалізації технічного рішення створена натурна модель шляхової котушки, яка враховує необхідні вимоги для дослідження. Пошук більш сприятливих технологічних рішень потребує проведення досліджень електричних процесів у колі шляхової структури натурної моделі шляхової котушки. Це дозволить обґрунтувати передумови створення, накопичення та передачі необхідної енергії до шляхових котушок в фізичних моделях, що імітуватимуть принципи руху та керування магнітолевітаційного транспорту.

В ході дослідження отримані результати шляхом застосування методів математичної статистики та виконано розробку шляхової котушки з оптимальними параметрами для натурної моделі дослідної установки високошвидкісного транспорту.

Отримані результати при правильному виборі параметрів шляхових котушок дають можливість створити передумови для подальшої розробки дослідної системи комутації натурних моделей високошвидкісного транспорту. У цьому разі резерв функціонування може визначатися в необхідному запасі ефективної роботи шляхових котушок для реалізації потрібних законів керування рухомим складом.

Ключові слова: магнітолевітаційний транспорт, шляхові котушки, натурна модель, експеримент, індуктивність, перехідні процеси, система керування.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.322592

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТОТИПУ МІКРОФІЛЬТРА ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ: ХІМІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ (стор. 58–63)

Tetyana Baydyk, Masuma Mammadova, Graciela Velasco Herrera, Ernst Kussul

Об'єктом дослідження є мікрофільтри. Це дослідження направлено на розробку мікрофільтра, який може бути використаний, наприклад, для фільтрації повітря або води в традиційних сферах застосування. Закриті приміщення вимагають контролю якості повітря для здоров'я людей, які там працюють. Проаналізовано застосування різних технологій, таких як мікроелектромеханічні системи (MEMS), наноелектромеханічні системи (NEMS) та технологія мікрообладнання (MET) для виробництва мікрокомпонентів. Описано переваги та недоліки цих технологій. У цій роботі використано MET для виготовлення та розробки структури мікрофільтра.

Представлено структуру та модель мікрофільтра. Проблема, яку необхідно вирішити, пов'язана зі спрощенням конструкції мікрофільтрів та підготовкою її до використання нових технологій їх виробництва. Для її реалізації використано 3D-принтер. 3D-принтери – це обладнання, що реалізує адитивну технологію, яка активно розвивається в останні роки. З комп'ютерної 3D-моделі можна побудувати 3D-прототип. Суть результатів полягає в можливості масового виробництва мікрофільтрів. Описано різні можливі застосування, не тільки фільтрація повітря та рідини, але й застосування в хімії для модулів мікрореакцій та мікророзділення.

Проведено порівняння нового дизайну мікрофільтра з нашим попереднім прототипом мікрофільтра, розробленим і виготовленим з використанням MET. Перевага MET полягає в тому, що він працює з різними матеріалами, а не лише з тими, що використовуються в мікроелектроніці. Випробування та дослідження показали, що мікрофільтри можуть бути використані на практиці. Новий прототип був виготовлений на 3D-принтері. Порівняльна оцінка першого прототипу мікрофільтра та нового прототипу показує, що новий прототип має спрощену структуру та є простішим у виготовленні. Однією з найцікавіших сфер їх застосування є хімічні мікрореактори. Це одна з нових, цікавих і перспективних сфер застосування.

Ключові слова: MEMS, NEMS, MET, 3D-принтер, мікрофільтр, мікроелектроніка, мікрореактор, мікросепаратор, фільтрація повітря та рідини, здоров'я людини.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.329744

МАТЕМАТИЧНІ ТА ГРАФІЧНІ ПІДХОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ В ЦИРКУЛЯЦІЙНІЙ СИСТЕМІ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ ПРОЦЕСУ НАСИЧЕННЯ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ ПОВІТРЯМ (стор. 64–71)

Молчанов П. О., Суржко Т. О., Книш М. І., Срібна Ю. А., Савик В. М., Новописьменний С. А., Дебре О. С., Саленко Ю. С., Гудзь С. А., Закомірний Д. В.

Об'єктом дослідження є процес насичення промивальної рідини повітрям із використанням багатосоплового піногенератора у циркуляційних системах бурових установок.

Одним з найбільш проблемних місць у відомих конструкціях піногенераторів є недостатня ефективність насичення рідини повітрям, яка вирішується за допомогою запропонованої в роботі конструкції. Запропонована конструкція багатосоплового піногенератора шляхом удосконалення камери змішування. Дана конструкція дозволила забезпечити покращене піноутворення, ефективніше насичення промивальної рідини повітрям, скорочення часу освоєння свердловин та підвищення продуктивності пристрою без зміни тиску та подачі рідини та повітря.

В ході дослідження використовувалися комп'ютерні математичні моделювання (в програмному середовищі Maple 9.5), виконувалося дослідження залежностей витрати повітря від тиску та витрати рідини при діаметрах сопла 4 мм і 6 мм. В дослідженнях розглянуто графічний аналіз для визначення оптимальних режимів роботи піногенератора.

Отримано удосконалений багатосопловий піногенератор з покращеною ефективністю піноутворення, рівномірним насиченням промивальної рідини повітрям, зменшеними енергетичними витратами та скороченим часом освоєння свердловин. Це пов'язано з удосконаленням конструкції камери змішування, що має ряд особливостей. Запропонована конструкція забезпечує інтенсивну турбулентність, рівномірне змішування рідини з повітрям, оптимізацію геометричних параметрів сопел і каналів подачі, а також зменшення гідравлічних втрат у процесі піноутворення.

Завдяки цьому дослідженню забезпечується можливість отримання показників, що характеризують закономірність нарощення витрати повітря пропорційно до зростання тиску. У порівнянні з відомими аналогами, запропонований піногенератор, завдяки змінним геометричним параметрам камери змішування та сопел, дозволяє отримувати пінні суміші з ширшим спектром властивостей. Такі геометричні зміни забезпечують краще насичення рідини повітрям, створюють більш інтенсивну турбулентність, знижують гідравлічні втрати, а також підвищують продуктивність і ефективність освоєння свердловин.

Ключові слова: циркуляційна система, блок очистки, конструкція, піногенератор, математичне моделювання, програмне середовище, графічні дослідження.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.331872

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТІСНЕННЯ НАФТИ ПРИ ЗАВОДНЕННІ ШЛЯХОМ ДЕТАЛІЗАЦІЇ ЛІТОЛОГІЧНОГО РОЗПОДІЛУ (стор. 72–77)

Мартусь О. В., Цветкович Б., Михайловська О. В., Ягольник А. М., Ляшенко А. В.

Об'єктом дослідження є процес витіснення нафти при заводненні. Дослідження спрямоване на розробку та обґрунтування методики підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні. Для цього було розширено класичний метод Баклі-Лeverетта та метод державного стандарту України обрахунку коефіцієнта витіснення нафти при заводненні шляхом інтеграції літологічних даних, що дозволяє врахувати вплив геологічних характеристик на процес витіснення нафти водою.

Запропонована методологія підвищення достовірності прогнозування включає ідентифікацію літофацій та визначення властивостей зразків керну та флюїдів. Далі визначається репрезентативний елементарний об'єм (REV) для кожної фації. На основі цього розраховується залишкове водонасичення та залишкове нафтонасичення. Потім будуються криві відносних проникностей для кожної фації. Застосовується рівняння Баклі-Лeverетта та будуються криві фракційних потоків. Дані інтегруються в тривимірну модель пласта, об'єм фації визначається методом крігінга. На завершення розраховується усереднений коефіцієнт витіснення нафти.

Порівняльний аналіз достовірності методів з урахуванням літологічного розчленування та без визначався побудовою експериментальної гістограми та графіка нормального розподілу, враховуючи або ігноруючи літологічний розподіл, відповідно. Для порівняльного аналізу було згенеровано по сто випадків пласта з урахуванням літологічного розчленування та без за допомогою інструменту Sequential Indicator Simulation.

Встановлено, що застосування літологічних даних у розрахунках за методом Баклі-Леверетта з врахуванням літологічного фактору дозволяє зменшити розкид прогнозних значень на 11% у порівнянні з аналогічним методом без врахування літологічного фактору.

Оригінальність дослідження полягає в інтеграції літологічного розподілу у метод Баклі-Леверетта та метод державного стандарту України обрахунку коефіцієнту витіснення нафти при заводненні, що значно покращує прогнозні результати. Запропонований підхід дозволяє врахувати літологічний фактор на рівні аналітичних формул при розрахунку двох методів.

Ключові слова: коефіцієнт витіснення нафти, заводнення, метод Баклі-Леверетта, літологічний розподіл, відносні проникності.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.331974

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ УТОЧНЕННЯ ХАРАКТЕРУ РУЙНУВАННЯ ПОРОДНОГО МАСИВУ ПІДРИВАННЯМ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ ЗМІННОЇ ДОВЖИНИ (стор. 78–85)

Тітов Д. А., Загорський Д. В., Григор'єв Ю. І., Балик С. І., Козарів В. Я.

Об'єктом дослідження є процес руйнування породного масиву в кар'єрах під час ведення масових вибухів за допомогою свердловинних зарядів змінної довжини. Виявленими в ході експериментального аудиту недоліками є невідповідність гранулометричного складу підірваної гірничої маси розрахунковим параметрам, особливо в умовах наявності геогенних й техногенних порушень, зони змінної висоти уступів і контакту різнотипних порід. Одним з найбільш проблемних місць є ділянки з наявністю систем тріщин, які впливають на розповсюдження вибухових хвиль, формуючи зони аномального руйнування й зростання частки негабаритних фракцій.

Невідповідність гранулометричного складу підірваної гірничої маси загальноприйнятим розрахунковим показникам, що має місце у порушених масивах, ускладнює проектування масових вибухів і виконання технологічних процесів відкритих гірничих робіт. Тим більше задача ускладнюється в умовах ведення гірничих робіт у безпосередній близькості до міської забудови.

У ході дослідження використовувалися методи експериментального підривання, пошарового розкопування екскаватором з фотофіксацією, а також візуального аналізу зон дроблення з урахуванням довжини зарядів і затримок підривання. Отримано якісний результат – підтверджено гіпотезу про закономірності формування в породному масиві об'ємних зон, в межах яких роздроблена вибухом гірнича маса набуває однорідного гранулометричного складу. Встановлено, що основними чинниками ефективності вибухового руйнування в неоднорідному масиві є ступінь розкритості природних тріщин та бризантність вибухових речовин. Спостереження за пошаровим розкопуванням дробленої породи частково підтвердило передбачені авторами наслідки цілеспрямованого варіювання затримок при підриванні окремих зарядів вибухових речовин в групах вибухових свердловин.

Завдяки цьому забезпечується можливість підвищення технологічної керованості вибуху, покращення якісного складу гірничої маси та зменшення частки негабариту. У порівнянні з традиційними схемами вибуху, застосування свердловинних зарядів змінної довжини дозволяє ефективніше адаптуватися до складної будови масиву та умов наближеності до міської забудови, забезпечуючи техніко-економічні переваги в організації відкритих гірничих робіт.

Ключові слова: кар'єр, техногенно порушений гірничий масив, вибухове руйнування, адаптивна схема масового вибуху, хвилевідний ефект тріщинуватості, гранулометричний склад.