

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата фізико-математичних наук
доцента кафедри матеріалів реакторобудування та фізичних технологій
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, доцента
ЦЕЛУЙКА ОЛЕКСАНДРА ФЕДОРОВИЧА

на дисертаційну роботу
ФЕДУНА ВІКТОРА ІВАНОВИЧА

"Збудження плазмовими утвореннями гідроакустичних хвилеводів",
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних
наук за спеціальністю 01.04.08 - фізика плазми

Актуальність теми дисертації.

Актуальність дисертаційної роботи базується на кількох доведених положеннях: принципова можливість створення нових вискоефективних технологій на основі термічної плазми з великою концентрацією енергії в одиниці об'єму; наявністю обмежень в сучасних способах генерації акустичних полів у рідині, пов'язаних з властивостями та динамікою парогазової порожнини сферичної або циліндричної форми, яка виникає при електричному розряді. Тому важливим є теоретичне та практичне вивчення можливості використання потужних плазмових потоків для генерації пружних хвиль у рідких середовищах, встановлення механізмів і закономірностей формування потужних імпульсних потоків плазми при їх інжекції у гідроакустичні хвилеводи. Саме вивченню цих питань присвячена дисертаційна робота В.І. Федун, тому актуальність роботи не викликає сумніву.

Дисертація виконана в рамках планових бюджетних науково-дослідницьких робіт ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним дослідженням, що проводяться на кафедрі фізики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». Отримані результати застосовано на діючих нафтогазових свердловинах України. Результати роботи є цікавими у науковому відношенні і корисними для практичного застосування.

Загальна характеристика роботи.

Дисертаційна робота побудована за загально прийнятим планом і складається зі вступу, 5 розділів основного тексту з 33 рисунками та 9 таблицями, висновків, списку використаних джерел (112 найменування) та 3 додатків – усього 139 сторінок, з яких основного тексту – 108 сторінок.

У вступі викладенні актуальність теми дисертації, мета і задачі дослідження, новизна здобутих результатів, їх практичне застосування, зв'язок роботи з науковими програмами та планами, обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків, висвітлений особистий внесок здобувача та наведено відомості про апробацію результатів дисертації.

У першому розділі представлений аналітичний огляд даних літератури, що присвячені проблемі, яка вивчається. Проаналізовано доведені положення

та визначені напрямки, які потребують подальшого вивчення. На основі аналізу даних літератури, що присвячена плазмодинамічним системам переконливо показано, що імпульсні плазмотрони на базі капілярного розряду спроможні формувати потоки плазми в середовищах високого тиску. Приведено сучасні уявлення про стан речовини в каналі розряду в рідині і динаміку парогазової порожнини, в яку трансформується цей канал. Проаналізовано пружні хвилі, які можуть спостерігатися в гідроакустичних хвилеводах та механізми їх загасання і поглинання. Наведено сучасний погляд на питання щодо впливу акустичних полів на нафтоносні пласти. Всебічний та глибокий аналіз літературних джерел дозволив дисертанту визначити пріоритетні напрямки досліджень та шляхи їх реалізації.

У другому розділі розвинуто модель збудження плазмовими утвореннями відокремлених пружних імпульсів і їх поширення у гідроакустичних хвилеводах. В моделі розглядається вертикальний заповнений рідиною півбескінечний циліндр з абсолютно жорсткими стінками. Хвилевід збуджується парогазовою порожниною, яка формується і розширюється внаслідок інжекції в неї через верхній торець циліндра плазмового утворення. За допомогою математичного моделювання визначено динаміку парогазової порожнини у гідроакустичному хвилеводі і параметри імпульсу, що випромінюється. Показано, що цей імпульс – однополярний: є тільки імпульс стиснення і відсутній імпульс розрядження. Запропоновано оригінальну методику розрахунку згасання пружного імпульсу у довгому гідроакустичному хвилеводі на основі прямого і зворотного Фур'є перетворення. Наводяться результати обчислень.

У третьому розділі приведені матеріали і методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися на установці, що складалася з електротермічного плазмового прискорювача (плазмової гармати), ємнісного накопичувача енергії з магнітним ключем, високовольтової системи ініціації розряду, блоків живлення, акустичного басейну. Плазмova гармата – це модифікований трубчастий розрядник РТФ-6-0,5/10У1. Струм розряду вимірювався поясом Роговського, розрядна напруга – компенсованим дільником напруги. Температура плазми визначалася за відомими формулами по струму розряду, радіусу і довжині розрядного проміжку гармати. Коливання стінок гідроакустичного хвилеводу реєструвались п'єзoeлектричним перетворювачем, а час проходження імпульсу у хвилеводі вимірювався електродинамічними сейсмотатчиками.

У четвертому розділі представлені результати експериментального вивчення формування плазмових згустків у рідині з використанням плазмової гармати. Виявлено умови, за яких відбувається найбільша передача енергії від накопичувача в канал розряду. Визначено залежності між конструкційними параметрами гармати і характеристиками розряду, що дозволяють програмовано управляти динамічними характеристиками розряду. На основі аналізу експериментальних даних встановлено, що температура плазми коливається у межах 0,9...1,5 еВ. Показано, що абляція матеріалу стінки розрядного капіляра (стінка містить 80% целюлози і 20% бакеліту) відіграє

провідну роль у постачанні газового середовища при генерації плазмових потоків.

У п'ятому розділі представлені результати експериментальних досліджень збудження пружних імпульсів тиску плазмовим ударом, а також їх подальшого поширення у гідроакустичних хвильоводах. В цих дослідженнях у якості гідроакустичних хвильоводів використовувалися діючі свердловини глибиною кілька кілометрів. Встановлено, що плазмові утворення за певних умов здатні порушувати у таких хвильоводах відокремлені пружні імпульси тиску. На прикладі свердловини (гідроакустичного хвильоводу) складної форми довжиною 4200 м визначено характер еволюції цих імпульсів тиску. Показано, що такі імпульси у свердловинах здатні поліпшувати фільтраційні можливості привибійної зони нафтогазового пласта. Розроблені методика та апаратура для генерації відокремлених пружних імпульсів тиску у свердловинах за допомогою електротермічного плазмового прискорювача були успішно апробовані: продуктивність нафтових свердловин підвищувалась від ~ 2 до ~ 50 разів, а газових свердловин – від $\sim 1,5$ до ~ 3 разів.

Усі розділи є взаємопов'язаними і спрямованими на досягнення поставленої мети та вирішення задач дисертації. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій у дисертації та авторефераті відповідає науковим нормам і адекватно передає зміст роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечений правильним використанням ясних наукових інтерпретацій, правильним методичним та методологічним підходом, використанням адекватних методів дослідження та інтерпретації результатів. Наукові завдання, які були поставлені дисертантом, виконані у повному об'ємі на високому науковому рівні. Дисертаційне дослідження відповідає паспорту наукової спеціальності 01.04.08-фізика плазми.

Наукові положення та висновки, подані у дисертаційній роботі, є достатніми і належним чином обґрунтованими.

Оцінка новизни та достовірності результатів.

У дисертаційній роботі отримано низку нових, цікавих та практично важливих результатів, частина з яких отримана вперше у світі, а саме:

- Вперше обґрунтовано и продемонстровано можливість збудження плазмовими утвореннями відокремленого пружного імпульсу тиску, що поширюється уздовж гідроакустичного хвильоводу. При цьому, можливе формування відокремленого імпульсу тиску, форма якого має вигляд несиметричної двополярної синусоїди.
- Вперше показано, що існує критичне значення енергії, що вводиться через розряд у парогазову порожнину, вище якої у хвильоводі збуджується відокремлений імпульс стиснення, а розширення порожнини є поршневим.
- Оптимізовано процес перетворення енергії плазмового утворення в енергію

пружних хвиль при імпульсній інжекції плазмового потоку.

- Вперше експериментально визначено характер еволюції пружних імпульсів тиску у трубчатих хвилеводах змінного перетину довжиною до 4200 м і запропоновано методику розрахунку загасання імпульсу тиску.
- Для досягнення максимальної потужності розряду мілісекундної тривалості з електростатичним накопичувачем енергії вперше запропоновано використання магнітного ключа. Запропоновано методику розрахунку електричних ланцюгів для потужнострумових високовольтних пристроїв, комутація яких здійснюється магнітним ключем.
- Розроблено на рівні патенту та апробовано з позитивним результатом методику інтенсифікації видобутку вуглеводнів шляхом генерації пружних імпульсів тиску на поверхні свердловини з їх подальшим розповсюдженням по каналу свердловини до привибійної зони нафтогазового пласта.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях.

Основні результати і положення дисертації опубліковано у 8 працях: з них 7 – у провідних міжнародних та вітчизняних спеціалізованих фахових журналах. За темою дисертації отримано 2 патенти (один на винахід і один на корисну модель). Результати дисертації пройшли апробацію на 15 міжнародних та вітчизняних конференціях. У виданнях, що індексуються в наукометричній базі SCOPUS, опубліковані 5 статей і 2 тези доповідей.

Кількість публікацій за темою дисертації є достатньою та відповідає вимогам МОН України щодо публікацій здобувачів наукового ступеня кандидата наук.

Зауваження по дисертаційній роботі в цілому.

Незважаючи на безсумнівну позитивну оцінку дисертаційної роботи при знайомстві з роботою виникло ряд зауважень, головним чином, редакторського спрямування:

1. Матеріал, який містить методику розрахунку електричного ланцюга установки (Розділ 3.2) не має прямого відношення до фізики плазми, і він міг би бути приведений у вигляді додатку.
2. У дисертації досліджується ерозійний знос стінок плазмової гармати (розділ 4.2), однак відсутні дані про випаровування матеріалу електродів. Тому важко судити про справедливість оцінок кінетичних коефіцієнтів газу в каналі розряду і парогазової порожнини (розділ 4.3).
3. При розрахунку концентрації нейтральних атомів, що випаровуються зі стінки передбачалась 100% дисоціація молекул. Це також впливає на величини кінетичних коефіцієнтів.
4. У розділі 3.3.1 не наведено параметри ємностей дільника напруги.
5. Для кращої демонстрації закономірностей розрядів (розділ 4.1.2) бажано було б використати результати при різних індуктивностях ланцюга.
6. В таблицях 4.1 – 4.7, де присутні розрахункові величини параметрів розрядів не вказані похибки значень цих величин.
7. У таблиці 4.3 довжина капіляру l вказана у метрах замість міліметрів.

8. Формула між формулами (4.15) і (4.16) – не пронумерована.

9. У тексті дисертації виявлена деяка кількість друкарських помилок, граматичних і стилістичних похибок.

Однак вказані недоліки не знижують загальної високої оцінки дисертаційної роботи, виконаної на найвищому науковому рівні.

Висновок.

Дисертаційна робота «Збудження плазмовими утвореннями гідроакустичних хвильоводів» є закінченою самостійною науковою роботою, в якій здобуто нові теоретичні та експериментальні результати та зроблено чіткі висновки, що мають цінність для подальшого проведення нових теоретичних та експериментальних досліджень. Зміст дисертаційної роботи повністю відповідає науковій спеціальності 01.04.08 - фізика плазми. Автореферат повною мірою відбиває зміст дисертаційної роботи. Автореферат та дисертація оформлені згідно вимог Атестаційної колегії Міністерства освіти та науки України.

За обсягом проведених досліджень, їх високим рівнем, науковою новизною та практичною цінністю здобутих результатів дисертаційна робота «Збудження плазмовими утвореннями гідроакустичних хвильоводів» відповідає всім вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами, внесеними постановами Кабінету міністрів № 656 від 19 серпня 2015 року, № 1159 від 30 грудня 2015 року, № 567 від 27 липня 2016 року), які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.08 - фізика плазми.

Офіційний опонент доцент кафедри
матеріалів реакторобудування та фізичних технологій
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна,
кандидат фізико-математичних наук, доцент

О.Ф. Целуйко



О.Ф. Целуйко