

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Подоляка Тараса Михайловича «Удосконалення технології застосування метанолу під час низькотемпературної підготовки газу», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології» (галузі знань 18 «Виробництво та технології»)

Однією з актуальних задач сучасної нафтогазової промисловості є забезпечення стабільного видобування вуглеводневої сировини та ефективного її підготовляння до транспортування. В цьому напрямку виконана дисертаційна робота Подоляка Т.М. Автор звернувся до аспекту цієї проблеми – попередження гідратуутворення під час підготовки газу, який має найбільшу поширеність на газоконденсатних родовищах України. Тому, дослідження сучасних методів попередження гідратуутворення, вивчення ефективних технологій та розроблення нового способу антигідратного захисту газопромислового обладнання в поєднанні з використанням найпоширенішого інгібітора метанолу та вітчизняної, доступної, недорогої енергії надвисокочастотного випромінювання є вельми актуальним науковим завданням. Все вищенаведене дає підставу вважати роботу Подоляка Т.М. **актуальною.**

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Дисертація викладена на 164 сторінках комп'ютерного тексту. Вона написана за загальноприйнятим принципом: вступ, огляд літературних досліджень, опис об'єктів та методів дослідження, розділи власних досліджень, результати впровадження отриманих результатів, висновки, додатки, список використаних джерел, який містить 139 джерел (з яких 20 – кирилицею, 119 – латиницею), 4 додатків. Робота ілюстрована 17 таблицями та 24 рисунками.

У «Вступі», який викладений на 7 сторінках дисертант обґрунтовує актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, формулює мету і задачі дослідження, наукову новизну і практичну значимість одержаних результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів дисертації оприлюднена у 10 доповідях на наукових та науково-практичних заходах (із них на 4 міжнародних конференції). Основні концепції дисертації, мета і задачі роботи викладені чітко і аргументовано.

Розділ 1 «Аналіз досліджень із запобігання та ліквідації гідратуутворення під час експлуатації газопромислових об'єктів» написаний чітко. В ньому об'єктивно і критично оцінюються традиційні уявлення про атигідратний

захист газопромислового обладнання, звертається особлива увага на технології застосування метанолу для попередження гідратуутворення, особливості методів розрахунку рівноважних умов гідратуутворення, а також сучасні дослідження впливу надвисокочастотного електромагнітного випромінювання на стабільність газогідратних структур. У кінці кожного підрозділу дисертант доцільно дає конкретні висновки, які підкреслюють невирішені завдання та показують шляхи їх вирішення.

Другий розділ присвячений термодинамічному моделюванню та системному аналізу розподілу метанолу в процесах підготовки газу, з особливим акцентом на взаємозв'язок між втратами метанолу та його розподілом в газовій, вуглеводневій та водній фазах.

Автор описує вихідні дані та три технологічні схеми моделювання низькотемпературної підготовки газу, які були використані для досягнення поставлених завдань. Для чисельних розрахунків та моделювання різних сценаріїв роботи установок НТС використовувалося програмне забезпечення Aspen HYSYS. На основі результатів моделювання отримано закономірності фазового розподілу метанолу в технологічних потоках (газовому, вуглеводневому, водному) установок низькотемпературної сепарації газу та його безповоротні втрати (46,17-56,3 %). Ключовим результатом є обґрунтування ділянки УКПГ для впровадження технології високочастотного впливу, що дозволить зменшити витрати метанолу на 30 %.

Наступний етап досліджень, висвітлений у дисертації, є логічним продовженням попереднього.

У третьому розділі розроблено математичну модель, в якій об'єднано два процеси синтезу та дисоціації газових гідратів з урахуванням гідродинамічних процесів у трубопроводі. Автор вперше одночасно урахував вплив електромагнітного випромінювання на два взаємопротилежні процеси синтезу та дисоціації газогідрату на поверхні гранули під час руху газогідратної гранули усередині газопроводу. Для виконання завдань математичного моделювання розроблено комп'ютерну програму Pipe3, написаної мовою QBASIC. У вирішенні диференційного рівняння (6) вдало використано метод Рунге-Кутта 4-го порядку, що дозволяє отримати високу точність розрахунків. При математичному моделюванні тепломасообмінних процесів на ділянці газопроводу застосовано метод скінчених елементів.

У дисертації встановлено, що застосування надвисокочастотного електромагнітного опромінення дозволяє змінити режим «лавинного» зростання концентрації гідратів на режим їх стабілізації або повного руйнування. Доведено, що ефективність дисоціації залежить від селективного поглинання енергії: дрібні частинки ($R = 0,01$ мм) вимагають більшої питомої

потужності випромінювання для руйнування через інтенсивний відвід теплоти в охолоджене газове середовище, що обґрунтовує необхідність підтримки оптимальних параметрів потужності для запобігання коалесценції частинок.

Одним з найважливіших результатів розрахунку залежностей між потужністю ЕМ-випромінювання та параметрами гідратних частинок є встановлення аналітичної залежності, яка дозволяє визначати необхідну потужність випромінювача залежно від поточної концентрації гідратів та розміру їх гранул. Це створює методичну базу для автоматизації керування надвисокочастотними установками в системах низькотемпературної підготовки газу з метою мінімізації використання хімічних інгібіторів. Крім того, встановлено, що інтенсивність затухання надвисокочастотного електромагнітного випромінювання в газопроводі може бути застосована для постійного контролю за концентрацією газових гідратів у газовому потоці

Особливої уваги заслуговує розроблена автором та захищена патентом України (№ 163245) конструкція ділянки газопроводу з технологічною вставкою для уникнення гідратоутворення. Наведені результати математичного моделювання та розроблений технічний засіб свідчать про можливість практичного використання надвисокочастотного електромагнітного випромінювання для попередження гідратоутворення на реальних промислових об'єктах.

У **четвертому розділі** на основі попередніх досліджень запропоновано технологію запобігання гідратоутворенню в процесах низькотемпературної підготовки газу із застосуванням енергії надвисокочастотного електромагнітного випромінювання. У розділі наведені технологічні схеми облаштування магнетрону в технологічну лінію УППГ, витрати на виготовлення промислового НВЧ-випромінювача, послідовність проведення технологічних розрахунків. Зазначені технологічні обмеження доцільного використання запропонованої технології.

Наведені результати промислових випробувань розробленої технології на УППГ «Західні Радченки» ТОВ «Прайм-газ». Автор проводить паралелі з відповідними фактами отриманими з використанням інших технологій, наводить апроксимаційні залежності питомих витрат метанолу та електроенергії від добових витрат газу у визначеному діапазоні витрат газу, визначає економічну ефективність від впровадження запропонованої технології.

Таким чином, автором було доведено можливість використання енергії надвисокочастотного електромагнітного випромінювання для попередження гідратоутворення газопромислового обладнання та зменшення витрат метанолу. Дисертант досягнув мети – витрати метанолу знизилися на 22,5 %,

гідратоутворення на УППГ не виявлено. Крім того досягнуто значного економічного ефекту у сумі 111 196,8 грн. за період дослідження.

Роботу завершують висновки, які базуються на фактах, отриманих особисто автором. Вони повністю відображують основні положення виконаної роботи.

Повнота викладення результатів в опублікованих роботах

Основні результати та висновки дисертаційної роботи повністю відображені в авторських публікаціях. За матеріалами дисертації опубліковано 12 наукових робіт – 4 статті в наукових фахових виданнях України (у т.ч. 3 статті в журналах, що індексується у базі даних Scopus). Отримано деклараційний патент України на корисну модель за темою дисертаційної роботи. Результати роботи доповідались на конференціях та з'їздах. В опублікованих працях розкрито сутність та зміст наукових положень, що представлені до захисту. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особистий внесок дисертанта відображено відповідно до отриманих ним особисто результатів.

Наукова новизна отриманих результатів

При виконанні дисертаційної роботи отримано такі наукові результати:

1. Уперше розроблено математичну модель для розрахунку перехідних процесів синтезу й дисоціації гранул газогідрату в умовах дії надвисокочастотного електромагнітного випромінювання, яка враховує гідродинаміку газового потоку та дозволяє прогнозувати зміну розмірів та концентрації гранул газового гідрату вздовж газопроводу.

2. Уперше отримано нову аналітичну залежність, яка пов'язує потужність надвисокочастотного електромагнітного випромінювача з концентрацією газового гідрату та максимальним розміром частинок уздовж усієї ділянки газопроводу.

3. Набуло подальшого розвитку наукове обґрунтування технології використання надвисокочастотного електромагнітного випромінювання в процесах низькотемпературної підготовки газу, що дозволяє одночасно мінімізувати витрати метанолу та забезпечує ефективний режим роботи установки.

Практичне значення результатів дисертації

Матеріали дисертації мають значну практичну цінність. Вони можуть бути використані при підготовці студентів технічних вузів та суміжних

галузей.. Запропонована автором технологія застосування метанолу в процесах низькотемпературної підготовки газу із використанням енергії надвисокочастотного випромінювання може бути широко використана у роботі газопромислових підприємств України. Отримані закономірності впливу надвисокочастотного електромагнітного випромінювання на процеси формування гідратів у газовому потоці, безумовно, мають велику цінність при розробці комплексних технологій. На основі проведеної роботи розроблено конструкцію пристрою для мікрохвильового запобігання гідратоутворення (патент України на корисну модель № 163245), використання якого дозволяє ефективно вводити НВЧ-випромінювання у трубопровід.

Отримана математична модель синтезу й дисоціації газового гідрату в газопроводі дозволяє розраховувати необхідну мінімальну потужність магнетрона для боротьби з гідратоутворенням на конкретному об'єкті.

Практична цінність розробленої технології підтверджена промисловим випробуванням, зафіксованим у відповідному акті.

Академічна доброчесність

У дисертаційній роботі Подоляка Т.М. не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, що могли б поставити під сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності.

Зауваження до дисертації

1. Доцільно було б навести в додатках роздруковану копію програми Ріре3.
2. Не зрозуміло як змінюється температурний режим вздовж ділянки трубопроводу під впливом НВЧ-випромінювання.
3. Гарним рішенням було б розробка методичних вказівок щодо використання НВЧ-випромінювання в процесах низькотемпературної підготовки газу для попередження гідратоутворення.
4. Вихідні дані математичного моделювання процесів синтезу та дисоціації газових гідратів доцільно навести в підрозділі 3.3, а не в п. 3.4, де наведені результати моделювання.

Вищенаведені недоліки не є принциповими і не мають негативного впливу на оцінку роботи, яка загалом виконана на високому науковому рівні.

Загальний висновок

Дисертаційне дослідження Подоляка Т.М. є самостійною, завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково-обґрунтовані результати удосконалення технології використання метанолу в процесах

низькотемпературної підготовки газу. Це свідчить про оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності та особистий внесок у розвиток науки в галузі нафтогазової інженерії та технологій.

Дисертація робота Подоляка Тараса Михайловича «Удосконалення технології застосування метанолу під час низькотемпературної підготовки газу» повністю відповідає вимогам вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022. Здобувач Подоляк Тарас Михайлович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 185 – «Нафтогазова інженерія та технології».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
завідувач кафедри нафтогазових
технологій, інженерії та теплоенергетики
Одеського національного
технологічного університету

Олександр ТІТЛОВ