

## ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФІНОВИХ ВІДКЛАДІВ У СТОВБУРІ СВЕРДЛОВИНИ

\*І. Б. Копей, В. Д. Середюк, Я. М. Дем'янчук, М. Я. Лялюк

ІФНТУНГ; 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
e-mail: public@nung.edu.ua

Метою статті є розроблення технології, а також підбір необхідного обладнання і хімічних матеріалів для боротьби з асфальто-смоло-парафіновими відкладами. Запропоновано спосіб запобігання та ліквідації відкладів парафінів та асфальто-смолистих речовин на свердловинному обладнанні нафтових свердловин шляхом комплексної дії хімічних реагентів та термічного нагрівання зони відкладення. Уточнено задачі термодинамічних змін щодо фазового стану потоку і їх урахування при встановленні технологічних режимів роботи свердловин та обґрунтовано використання нового ефективного хімреагента. Вибір хімічного реагента для запобігання відкладанню парафінів, смол та асфальтенів для кожного родовища є індивідуальним. Навіть на окремих свердловинах в межах одного родовища підбір здійснюють після вивчення умов відкладання та їх фізико-хімічного складу, що зумовлює велику кількість реагентів і технологій, які рекомендовано використовувати на родовищах України. У результаті досліджень встановлена ефективність використання інгібітора Твін-80, механізм дії якого полягає в тому, що в присутності води Твін-80 контактує з мікрочастинками парафіну і солей, змочує їх, запобігаючи їх злипанню і відкладенню на стінках труб. Технологія очищення обладнання полягає в постійній або періодичній подачі реагентів в свердловину. Розроблено та виготовлено експериментальний екземпляр свердловинного електричного нагрівача, за допомогою якого відбувається очищення колони підйомних труб за принципом точково-площинного нагрівання. В результаті застосування технології комплексної дії для запобігання та ліквідації асфальто-смоло-парафінових відкладів отримується технічний результат – пришвидшення очищення стовбура свердловини та свердловинного обладнання, підвищення ефективності її експлуатації та економія електроенергії.

Ключові слова: асфальто-смоло-парафінові відклади, колона підйомних труб, розчинник, диспергатор, поверхнево-активні речовини, свердловинний електричний нагрівач.

Целью статьи является разработка технологии, а также подбор необходимого оборудования и химических материалов для борьбы с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями. Предложен способ предотвращения и ликвидации отложений парафинов и асфальто-смолистых веществ на скважинном оборудовании нефтяных скважин путем комплексного воздействия химических реагентов и термического нагрева зоны отложения. Уточнено задачи термодинамических изменений относительно фазового состояния потока и их учета при установлении технологических режимов работы скважин и обосновано использование нового эффективного химреагента. Выбор химического реагента для предотвращения отложения парафинов, смол и асфальтенов для каждого месторождения является индивидуальным. Даже на отдельных скважинах в пределах одного месторождения подбор осуществляют после изучения условий отложения и их физико-химического состава, что обуславливает большое количество реагентов и технологий, которые рекомендуются для использования на месторождениях Украины. В результате исследований установлена эффективность использования ингибитора Твин-80, механизм действия которого заключается в том, что в присутствии воды Твин-80 контактирует с микрокристаллами парафина и солей, смачивая их, предотвращает их слипание и отложение на стенках труб. Технология очистки оборудования заключается в постоянной или периодической подаче реагентов в скважину. Разработан и изготовлен экспериментальный экземпляр скважинного электрического нагревателя, с помощью которого происходит очистка колонны подъемных труб по принципу точечно-плоскостного нагрева. В результате применения технологии комплексного действия для предотвращения и ликвидации асфальто-смоло-парафиновых отложений получается технический результат – ускорение очистки ствола скважины и скважинного оборудования, повышение эффективности ее эксплуатации и экономия электроэнергии.

Ключевые слова: асфальто-смоло-парафиновые отложения, колонна подъемных труб, растворитель, диспергатор, поверхностно-активные вещества, скважинный электрический нагреватель.

*The purpose of article is development of technology and selection of the necessary equipment and chemical materials for fight against asphalt, resin and paraffin deposits. The way of prevention and elimination of deposits of paraffin and asphaltic substances on the borehole equipment of oil wells by complex effect of chemical reagents and thermal heating of a zone of adjournment is offered. It is specified problems of thermodynamic changes of rather phase condition of a stream and their account at establishment of technological operating modes of wells and use of new effective chemical reagent is proved. The choice of chemical reagent for prevention of adjournment of paraffin, pitches and asphaltenes for each field is individual. Even on certain wells within one field the selection is carried out after studying conditions of adjournment and their physical and chemical structure that causes a large amount of reagents and technologies which are recommended for using on fields of Ukraine. As a result of researches the established efficiency of use of Twin-80 inhibitor which mechanism of action is in what in the presence of Twin-80 water contacts to microcrystals of paraffin and salts moistens them, prevents their adhesion and adjournment on walls of pipes. The technology of cleaning of the equipment consists in constant or periodic supply of reagents to the well. The experimental copy of the borehole electric heater by means of which there is a cleaning of a column of lifting pipes by the principle of dot and plane heating is developed and manufactured. As a result of use of technology of complex action for prevention and elimination of asphalt, resin and paraffin deposits the technical result – the accelerated cleaning of a trunk of the well and the borehole equipment, increase in efficiency of its operation and economy of the electric power turns out.*

Keywords: asphalt, resin and paraffin deposits, column of lifting pipes, solvent, dispergator, surfactants, borehole electric heater.

### Вступ

На даний час Україна достатньою мірою не забезпечена власною нафтою. В загальному балансі переважають родовища, що вступили на пізню стадію розробки. Спостерігається значне погіршення їх структури, збільшення частки важковидобувних запасів, обводнення пластів і продукції свердловин та збільшення вартості обслуговування. Це вимагає інтенсифікації роботи видобувних свердловин на нафтових родовищах, які знаходяться в кінцевій стадії експлуатації, зокрема таких, де дебіти обумовлені утворенням асфальто-смоло-парафінових відкладів (АСПВ) [1, 2].

На сучасному етапі розвитку нафтогазового комплексу України проблемним є питання запобігання утворенню АСПВ у стовбурі свердловини, формування яких призводить до зниження продуктивності системи і ефективності роботи насосних установок. Утворення емульсій при виході зі свердловини разом з супутньою пластовою водою підсилює утворення відкладів.

АСПВ – це високодисперсні суспензії кристалів парафіну, асфальтенів у маслах і смолах. Їм притаманні властивості аморфних тіл з певною твердістю, що залежать від складу і особливо від наявності мінеральних домішок та кристалів неорганічних солей. З досягненням пластовою системою критичних термобаричних умов АСПВ відкладаються на нафтопромислому обладнанні й у поровому просторі пластів у привибійній зоні, що зумовлює їх негативний вплив на експлуатацію свердловин і розробку родовища в цілому.

До складу АСПВ входять, в основному, парафін, що є твердим вуглеводнем метанового

ряду, смоли і асфальтени (10–40 %), вода, пісок, сульфати, карбонати лужноземельних металів та інші механічні домішки (1–5 %). Склад АСПВ визначається властивостями і складом нафти, а також частково умовами їх кристалізації та відкладення. АСПВ не є простою сумішшю асфальтенів, смол і парафінів, а представляє собою складну структуровану систему з яскраво вираженим ядром з асфальтенів і сорбційно-сольватним шаром з нафтових смол (ССЕ). Асфальтосмолисті речовини (АСР) представляють собою гетероциклічні з'єднання складної гібридної будови, до складу яких входять азот, сірка, кисень і метали (*Fe, Mg, V, Ni, Ca, Ti, Mo, Cu, Cr* та ін.). До 98 % АСР складають ароматичні і нафтеніві структури.

Одним із завдань нафтовидобувної промисловості є підвищення ефективності видобування нафти шляхом застосування прогресивних технологій і збільшення міжремонтного періоду роботи свердловин. Сучасний стан технології і техніки видобування нафти вимагає нових рішень, що дозволяють без істотних витрат удосконалювати процеси видобування нафти, особливо в ускладнених умовах експлуатації обводнених свердловин. АСПВ призводять до зниження дебітів свердловин, передчасного виходу з ладу дорогого устаткування і додаткових ремонтів свердловин, а в результаті до погіршення техніко-економічних показників нафтогазовидобувних підприємств.

### Аналіз сучасних досліджень і публікацій

У привибійній зоні пласта випадання парафіну із нафти пов'язано із дросельним ефектом, тобто із зниженням температури потоку внаслідок зниження тиску. Зміна температури

Механічний	• при якому АСПВ зі стінок труб періодично видаляється спеціальними скребками і виноситься потоком на поверхню
Паровий	• при якому свердловина промивається теплоносієм (парою, гарячою водою або гарячими нафтопродуктами)
Хімічний	• при якому АСПВ видаляються з свердловинного обладнання за допомогою розчинників
Використання підйомних труб з гладкою внутрішньою поверхнею	• остекленілих чи покритих спеціальним лаком чи емалями
Термічний з використанням свердловинного нагрівача	• при якому використовується тепла головка для нагрівання
МІОН	• використання магнітного індуктора
Комбінований	• використання магнітного індуктора

Рисунок 1 – Способи очищення свердловин від АСПВ

потоку, як це показав Е.Б. Чекалюк стосовно пружного режиму фільтрації [3], є адекватною зміні тиску. Логічно припустити, що створюється лійка («воронка») депресії температури в пласті із охолодженням (у разі фільтрації газованої нафти) або із нагріванням потоку (у разі фільтрації негазованої нафти). Нагрівання, зазвичай, несуттєве, а охолодження потоку може бути до температури, нижчої температури насичення нафти парафіном на певній відстані від свердловини, що супроводжуватиметься виділенням парафіну з нафти і парафіновою кольматацією привибійної зони, починаючи із цієї відстані. На вибій свердловини надходить потік зі зміненою температурою відносно пластової температури.

При видобутку асфальто-смоло-парафінових видів нафт, на внутрішніх стінках труб відбувається значне відкладення вище зазначених речовин, яке зменшує прохідний переріз колони підйомних труб, що відразу ж позначається на продуктивності видобування і може призвести до повної закупорки і зупинки процесу експлуатації свердловини.

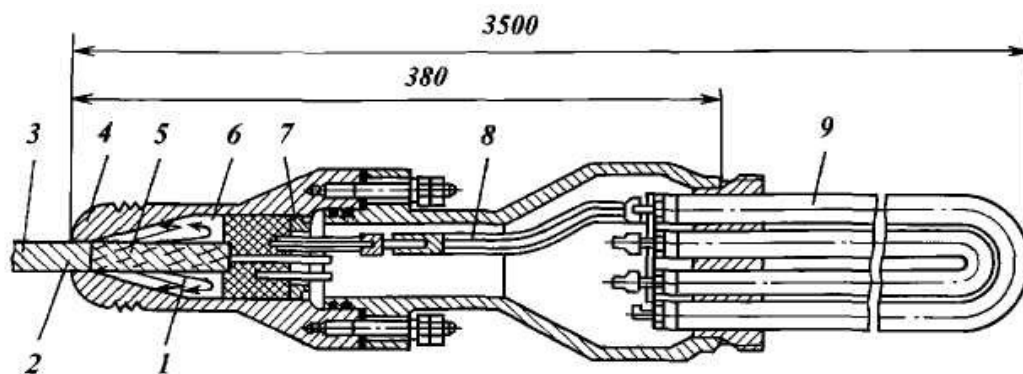
Боротьба з АСПВ у процесах видобування ведеться у двох напрямках: профілактика (або запобігання) відкладів; видалення вже сформо-

ваних відкладів [4, 5]. Негативні наслідки утворення АСПВ, а також труднощі, що виникають під час їх видалення чи запобігання, пов'язані із специфічними реологічними, структурно-механічними, хімічними і колоїдно-хімічними властивостями АСПВ.

На сьогодні застосовують методи очищення свердловин від АСПВ, представлені на рисунку 1 [6].

Дослідженнями встановлено можливість зменшення обсягів відкладення кристалів парафіну, що містяться в нафті, шляхом покриття поверхні труб речовинами, які мають дуже малу шорсткість поверхні та низьку теплопровідність. До їх числа можуть бути віднесені скло, фарфор, ебоніт та ін.

Існують також різні способи очищення колони підйомних труб від АСПВ. До них відносяться механічні методи очищення піднятих із свердловини НКТ, теплові, хімічні та фізичні, а також комплексні методи. На окремих родовищах як експериментальні застосовують методи, що базуються на вібрації та дії магнітних полів. Недоліком магнітних пристроїв є те, що вони можуть запобігати АСПВ, але не здатні очищувати труби та обладнання від них.



1 – кріплення кабелю; 2 – дротяний бандаж; 3 – кабель; 4 – головка; 5 – азбестова оплітка; 6 – свинцева заливка; 7 – гайка; 8 – клемник; 9 – нагрівач

Рисунок 2 – Свердловинний електричний нагрівач

Теплові методи боротьби з АСПВ базуються на властивостях парафіну розріджуватися за температури понад 50°C і після стікання з нагрітої поверхні звільняти її [7].

Використання електричної енергії для видалення парафіну має давню історію, коли на сахалінських промислах на НКТ подавався електричний струм напругою 2000-6000 В. Одним із різновидів депарафінації є використання пристроїв, що розташовуються у зоні інтенсивного утворення парафіну.

Із розвитком електродепарафінації були розроблені індукційні нагрівачі, електроживлення яких здійснюється кабелем (рис. 2). Це забезпечує більш високу надійність і безпеку конструкції.

За останні роки промисловість освоїла виробництво установки для електропрогрівання свердловин типу УЕС-1500, яка забезпечує опускання у свердловину на кабель-канаті на глибину до 1500 м електричної печі потужністю до 50 кВт. Подальшим розвитком цього напрямку є опускання нагрівачів усередину НКТ безпосередньо в інтервали відкладення парафіну.

Попри переваги електричного способу видалення парафінових відкладів він одержав обмежене використання через ненадійність серійних конструкцій обладнання.

### Постановка задачі

Проблема боротьби з АСПВ виникає із початків видобування вуглеводневої групи. Найменш вирішеними залишаються питання виділення всіх зон випадання, формулювання методології експлуатації свердловин і розрахунку їх дебітів у ході формування відкладень та підбору ефективних реагентів для застосування фізико-хімічних методів, які придатні для попередження відкладання та усунення відкладів.

**Мета роботи** полягає в уточненні задачі термодинамічних змін щодо фазового стану потоку і їх урахування при встановленні технологічних режимів роботи свердловин та в обґрунтуванні використання нового ефективного хімреагента. При цьому застосовано методи гідродинаміки, логіки, теорії ймовірностей та виконання експериментальних досліджень.

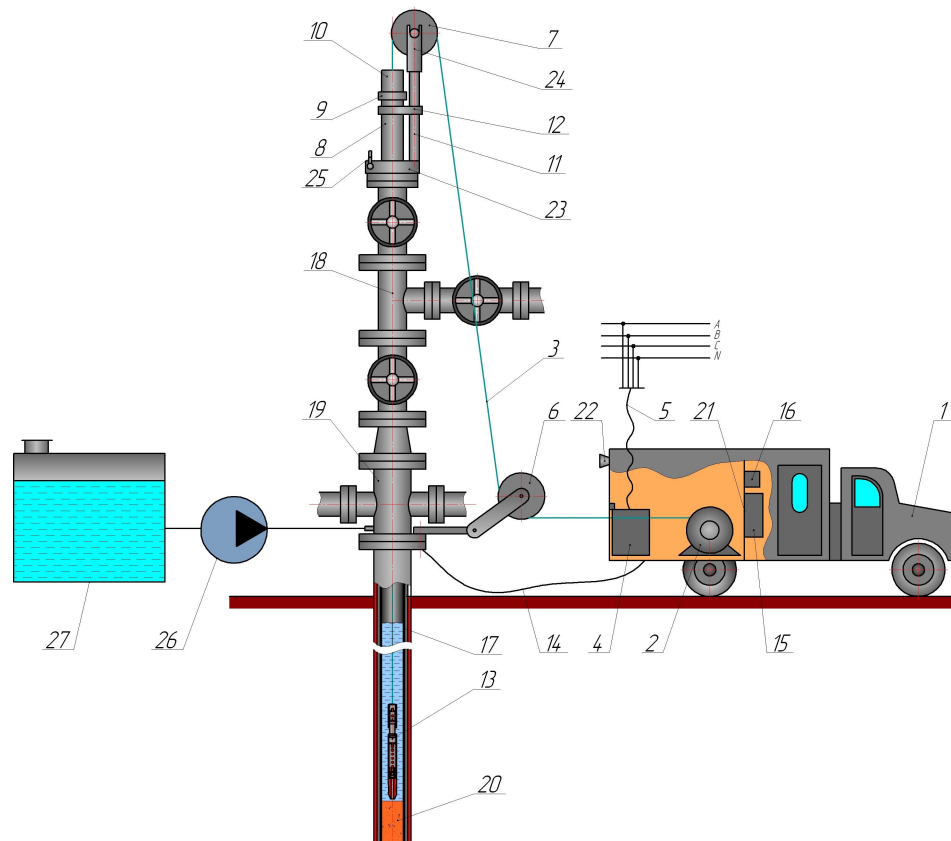
Методики формування технологій експлуатації свердловин базуються на доцільності підбору комбінованого способу (фізико-хіміко-термічного) експлуатації свердловин та в економічній доцільності його застосування.

### Висвітлення основного матеріалу дослідження

Вибір методу очищення стовбура свердловини від АСПВ проводиться на основі експериментальних досліджень з урахуванням досвіду та практики експлуатації свердловини в умовах конкретного нафтового родовища. Основним критерієм при цьому є вартість процесу очищення. Істотне значення має технічна оснащеність промислу та наявність розвинутого допоміжного господарства (наявність на промислі майстерень, котельень та ін.).

На інтенсивність утворення АСПВ впливає ряд факторів, основними з яких є [3, 4]:

- зниження тиску на вибої і пов'язане з цим порушення гідродинамічної рівноваги газорідинної системи;
- інтенсивне газовиділення;
- зменшення температури в пласті та стовбурі свердловини;
- зміна швидкості руху газорідинної суміші та окремих її компонентів;
- склад вуглеводнів в кожній фазі суміші;
- відношення об'ємів фаз “нафта – вода”;
- шорсткість стінок труб і наявність механічних домішок.



1 - самохідний каротажний підйомник; 2 - барабан лебідки; 3 - геофізичний кабель; 4 - силовий трансформатор; 5 - силовий кабель; 6, 7 - нижній і верхній ролики; 8 - лубрикатор; 9 - зливний кран; 10 - сальниковий пристрій; 11 - штанга; 12 - серга; 13 - прилад для нагрівання; 14 - заземлюючий провід; 15 - станція управління і захисту; 16 - блок управління внутрішніх користувачів; 17 - НКТ; 18 - гірлова арматура; 19 - трубна головка; 20 - відкладення; 21 - перегородка; 22 - прожектор; 23 - опора штанги; 24 - опора верхнього ролика; 25 - кріплення опори штанги; 26 - насос дозувальний; 27 - ємність з хімічними реагентами

**Рисунок 3 – Схема розташування обладнання при дослідженні свердловини за допомогою канатної техніки**

Авторами розроблено метод комплексної дії для запобігання та ліквідації АСПВ у стовбурі свердловини, заснований на одночасному застосуванні термічного (з використанням свердловинного електричного нагрівача) та хімічного (з застосуванням розчинників або поверхнево активних речовин) методів. Свердловинний електричний нагрівач опускається в колону підйомних труб на канатній техніці, яка застосовується при геофізичних дослідженнях (рис. 3). Дозуючим насосом подаються у стовбур свердловини легкі вуглеводні (підігріті або ні) в залежності від властивостей флюїду з додаванням хімічних реагентів певної концентрації (розчинників, водонафторозчинних поверхнево-активних речовин (ПАР), депресантів, змочувачів). Перелічені вище хімреагенти виготовляються частково в Україні, а також в США, Канаді, Японії. Встановлено ефективність застосування як поверхнево-активної речовини інгібітора Твін-80 [8].

Одним з прийомів, що дозволяють впливати на процес структуроутворення, є введення в потік нафти присадок: депресорів, модифікаторів структури, диспергаторів, інгібіторів АСПВ. Основними недоліками цих присадок є їх направлена дія на вирішення тільки однієї проблеми (зниження температури застигання, зниження в'язкості тощо) і часто висока вартість. Для вибору найбільш ефективних, з хімічної точки зору, шляхів видалення органічних речовин необхідне отримання адекватного уявлення про склад, властивості і будову цих відкладів.

Механізм дії хімічних реагентів на АСПВ залежить головним чином від їх розчинення, диспергування, модифікації силами, зміни термобаричних умов кристалізації та гідрофілізації поверхні осідання. Підбір реагентів для запобігання АСПВ для кожного родовища індивідуальний. Навіть на окремих свердловинах в межах одного родовища підбір здійснюють після вивчення умов відкладається та їх фізико-

хімічного складу, що зумовило велику кількість реагентів і технологій, які рекомендовано використовувати на родовищах України.

Одним з найважливіших показників ефективності розчинників є час контактування з АСПВ. Наприклад, для процесу дифузійного розчинення АСПВ при температурах, менших 45°C. Період контакту повинен бути не менше 9-12 год.

Для депресорної дії на високов'язкі нафти можуть використовуватися реагенти на основі суміші сополімерів ефірів малеїнової кислоти і вінілацетату з алкільними радикалами. Проведені дослідження показали високу ефективність цих реагентів і те, що присутність асфальто-смолистих сполук посилює депресорну дію реагенту. Результати досліджень свідчать також про те, що на ефективність дії інгібітора впливають не тільки певні співвідношення між концентрацією парафіну та смол і асфальтенів у нафті, але і будова та розмір молекул вуглеводнів парафінового ряду.

Використання інгібіторів депресорної дії на високов'язкі парафіністи нафти також обмежується певними співвідношеннями між концентрацією парафіну та смол і асфальтенів. Тому найкращими та найбільш ефективними методами боротьби з АСПВ є використання спеціальних хімічних розчинників та комбіноване використання розчинників одночасно із застосуванням теплових методів.

Як розчинники АСПВ в Україні використовуються широка фракція легких вуглеводнів, гексанова фракція, етиленбензолна фракція, гас, дизельне паливо, газовий бензин, конденсат, а також спирти (метанол, етанол), кислоти (соляна, сірчана) та луги (ідкий натр).

Як інгібітори утворення АСПВ, як правило, використовують такі реагенти, як СНПХ-7212, СНПХ-7215, СНПХ-7410, СНПХ-7202, ГДПЕ-064, ВЕС-501, елокеополімер, ЕАС-841, дїпроксамін-157, поліакриламід, відходи виробництва ізопропілового спирту, хімреагенти А, Б, С.

Фізико-хімічні методи менше залежать від складу АСПВ і пов'язані зі зміною фазових та енергетичних взаємодій на границях розділу нафта-метил, нафта-вода, нафта-газ, нафта-мікрочастинки парафіну та ін. В основі їх лежить використання ПАР.

У результаті досліджень, проведених лабораторією видобування нафти ІФНТУНГ на зразках нафти, встановлено, що досить ефективним щодо запобігання АСПВ є інгібітор (ПАР) Твін-80 [8]. Область його застосування: емульгатор в косметичній, текстильній, фармацевти-

чній та харчовій промисловості, диспергатор і стабілізатор дисперсій, солюбілізатор вуглеводнів, піногасник, змочувач та додаток до мийних препаратів. Він добре розчиняється у воді, етанолі, толуолі, метанолі, етилацетаті і є маслянистою рідиною від лимонного до бурштинового кольору зі слабким характерним запахом.

Основні фізичні та хіміко-технологічні властивості Твін-80 при 20°C (1 % розчин Твін-80 в 5 % водному розчині NaCl):

- відносна густина – 1,06-1,1;
- коефіцієнт динамічної в'язкості – 0,24-0,27 Па·с;
- водне число – 11,3-12,3;
- температура помутніння – (-65...-68)°C;
- стабільність – висока;
- леткість – слабка.

Механізм дії Твін-80 полягає в тому, що в присутності води Твін-80 контактує з мікрочастинками парафіну і солей, змочує їх, запобігає їх злипанню і відкладенню на стінках труб. Додавання Твін-80 в потік нафти приводить до олеофобізації труб (при цьому Твін-80 не утворює плівку на поверхні труб). Фактично, введення Твін-80 приводить до того, що парафін виділяється не на стінках обладнання, а всередині об'єму флюїду (завдяки диспергуючим, солюбілізуючим і змочувальним властивостям реагенту).

За основні показники ефективності дії інгібітору Твін 80 взято зміну густини і кінематичного коефіцієнта в'язкості чистої нафти певного родовища і цієї нафти в присутності реагенту в інтервалі температур 20 — 40 °C (таблиця 1), а також обсяг відмивання парафінових відкладів протягом 1, 3, 6 і 12 годин.

Наведені результати підтверджують викладені вище міркування ефективності механізму дії Твін-80 щодо запобігання відкладанню парафіну і вказують на можливість його використання для запобігання і зменшення АСПВ у нафтопромисловому обладнанні.

Навчально-дослідницькою лабораторією нафтогазової інженерії ІФНТУНГ розроблено та виготовлено експериментальний екземпляр свердловинного електричного нагрівача (рис. 4). Очищення колони підйомних труб здійснюється за принципом точково-площинного нагрівання до температури 150...400 °C (залежно від характеру відкладень). Нагріваючий елемент розсіює густину потужності до 600 Вт/см<sup>2</sup> (найближчий аналог пластового нагрівача на основі сталі – до 50 Вт/см<sup>2</sup>). Швидкість очищення – до 60 м/год. Нагрівач відрізняється компактністю (діаметр 38...50 мм, довжина

**Таблиця 1 – Зміна густини і кінематичного коефіцієнта в'язкості нафт свердловини № 603 Битків-Бабченського НГКР та свердловини №40 Перекопівського НГКР (горизонт В-19н) в результаті додавання до них реагенту Твін-80**

Показники	св. 603 Битків-Бабченського НГКР		св. 40 Перекопівського НГКР	
	при 20 °С	при 40 °С	при 20 °С	при 40 °С
Густина дегазованої нафти, кг/м <sup>3</sup>	858/853*	842/833*	811 /798*	795 / 779*
Кінематична в'язкість, м <sup>2</sup> /с, 10 <sup>-6</sup>	8,27/8,21*	8,05/7,95*	4,03 / 3,89*	3,81/3,64*

\* Значення густини і кінематичного коефіцієнта в'язкості нафти після додавання до неї Твін-80



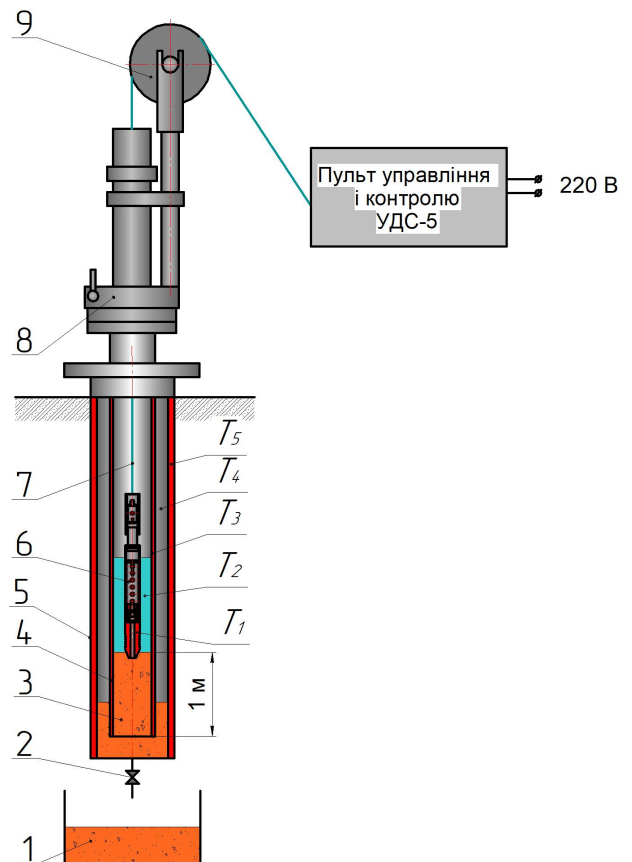
**Рисунок 4 – Свердловинний електричний нагрівач**

500...800 мм), малою вагою, безпечністю, зберігає цілісність труб НКТ).

Експериментальні випробування дослідного взірця свердловинного електричного нагрівача проводилися на стенді, схема якого представлена на рисунку 5. Стенд складається з обсадної 5 та насосно-компресорної труб 4, які в верхній частині об'язані лубрикатором 8 з обвідним роликem 9. Опускання свердловинного нагрівача 6 здійснюється на геофізичному кабелі 7. В нижній частині обсадної труби передбачена зливна засувка 2, яка дозволяє спорожнювати зону відкладення АСПВ 3 в трубах у зливному ємності 1. За допомогою термодавачів контролюється температура нагрівача  $T_1$ , трубного простору  $T_2$ , заповненого флюїдом, поверхні НКТ  $T_3$ , затрубного простору  $T_4$  та поверхні обсадної труби  $T_5$ . Проведені випробування підтвердили ефективність використання свердловинного електричного нагрівача.

#### Висновки

Доведено доцільність застосування комбінованого методу боротьби з АСПВ за допомогою використання спеціальних хімічних розчинників при одночасному застосуванні теплового методу. Технічний результат – пришвидшення очищення свердловини та підвищення її ефективності, а також економія електроенергії. Нагрівальний елемент безіндукційний, не має реактивної складової. Тому, на відміну від будь-якого іншого ТЕНу, при навантаженні економиться понад 20% електроенергії. До переваг запропонованої технології слід віднести і те, що при її застосуванні не порушуються фізичні параметри продуктивного пласта, такі як пористість і проникність, та забезпечується прогрівання затрубного простору, чого не забезпечує використання інших технологій.



1 - ємність з АСПВ; 2 - зливна засувка;  
3 - зона АСПВ; 4 - труба НКТ;  
5 - обсадна труба; 6 - свердловинний нагрівач;  
7 - геофізичний кабель; 8 - лубрикатор;  
9 - обвідний ролик

**Рисунок 5 – Схема стенда для випробування свердловинного електричного нагрівача**

1. Бойко В.С., Кеба Л.М., Семінський О.В. Обводнення газових і нафтових свердловин у 3-х томах. Том 1. Технологічні матеріали і способи ізоляції / За ред. В.С. Бойка. Київ: Міжнародна економічна фундація, 2006. 792 с.

2. Бойко В.С. Підземний ремонт свердловин: підручник для студентів ВНЗ. У 4-х частинах. Частина II. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. 586 с.

3. Чекалюк Э.Б. Термодинамика нефтяного пласта. М.: Недра. 1965. 240 с.

4. Иванова Л.В., Буров Е.А., Кошелев В.Н. Асфальтосмолопарафиновые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения. *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*. 2011. №1. С. 268-284.

5. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. М.: ООО Недра-Бизнес-центр», 2000. 653 с.

6. Матвієнко А.М., Головка С.В. Технологічний комплекс для очищення насосно-компресорних труб від АСПВ, виконаний на базі глибинного електричного спірального трубного нагрівача. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2014. №2 (37). С. 51-60.

7. Онищенко О.Г., Матвієнко А.М. Машины та обладнання для видобутку нафти і газу: навчальний посібник. Полтава: Видавництво ПолтНТУ, 2009. 409 с.

8. Середюк В.Д., Книш Л.О. Запобігання відкладанню асфальтосмолопарафінових відкладів у стовбурі свердловини. *Нафтогазова енергетика*. 2010. № 1 (12). С. 37-40.

1. Boiko V.S. , Keba L.M., Seminskyi O.V. Obvodnennia hazovykh i naftovykh sverdlovyh u 3-kh tomakh. Tom 1. Tekhnolohichni materialy i sposoby izoliatsii / Za red. V.S. Boika. Kyiv: Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia, 2006. 792 p. [in Ukrainian]

2. Boiko V.S. Pidzemnyi remont sverdlovyh: Pidruchnyk dlia studentiv VNZ. U 4-kh chasty-nakh. Chastyna II. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2009. 586 p. [in Ukrainian]

3. Chekaliuk Э.В. Termodynamyka nefti-anoho plasta. M.: Nedra. 1965. 240 p. [in Russian]

4. Ivanova L.V., Burov E.A., Koshelev V.N. Asfaltosmoloparafynovyie otlozheniya v protsessah dobyichi, transporta i hraneniya. *Elektronnyi nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo»*. 2011. No1. P. 268-284. [in Russian]

5. Persiyantsev M.N. Dobyicha nefty v oslozhnennyih usloviyah. M.: ООО Nedra-Biznes-tsentr», 2000. 653 p. [in Russian]

6. Matviienko A.M., Holovko S.V. Tekhnolohichni kompleks dlia ochyshchennia nasosno-kompresornykh trub vid ASPV, vykonanyi na bazi hlybynnoho elektrychnoho spiralnogo trubnoho nahrivacha. *Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu*. 2014. No 2 (37). P. 51-60. [in Ukrainian]

7. Onyshchenko O.H., Matviienko A.M. Mashyny ta obladnannia dlia vydobutku nafty i hazu: navchalnyi posibnyk. Poltava: Vydavnytstvo PoltNTU, 2009. 409 p. [in Ukrainian]

8. Serediuk V.D., Knysh L.O. Zapobihannia vidkladanniю asfaltosmoloparafynovykh vidkladiv u stovburi sverdlovyhny. *Naftohazova enerhetyka*. 2010. No 1 (12). P. 37-40. [in Ukrainian]