

ПОГРУЖНЫЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**В.Г. Жекул, В.В. Литвинов, Ю.И. Мельхер, А.П. Смирнов, Э.И. Тафтай, О.В. Хвоцан,
И.С. Швец**

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины;
54018, г. Николаев, пр-т Богоявленский, 43а, тел. (0512) 224113, e-mail: iipt@iipt.com.ua*

Виконано узагальнюючий аналіз робіт зі створення заглибних електророзрядних установок інтенсифікації видобутку корисних копалин, які були проведені в Інституті імпульсних процесів і технологій НАН України з кінця 1970-х років до теперішнього часу. Особливостями і перевагами таких установок є висока потужність, селективність і циклічна багаторазова дія на об'єкт обробки, яким є ближня зона нафтогазового пласта, можливість регулювання основних технологічних параметрів, простота експлуатації, безпека і екологічна чистота при досить високій ефективності впливу і порівняно невеликих витратах на обробку свердловин. Відображено основні етапи розвитку наукових досліджень і вдосконалення конструкції окремих систем установок (перетворювача частоти, зарядного блоку, високовольтних конденсаторів, високовольтного розрядника, електродної системи), що призвело до їх модернізації, підвищення ресурсу, зменшення масогабаритних показників, оптимізації перетворення енергії і збільшення ефективності обробки свердловин. Представлені результати застосування електророзрядного методу на нафтовидобувних свердловинах України, Росії, Казахстану, Китаю. Відображено недоліки і переваги представлених розробок, пропозиції щодо їх подальшого вдосконалення. Основними перспективними завданнями розвитку визначено подальше підвищення ефективності електророзрядного впливу на об'єкт обробки, зменшення масогабаритних характеристик обладнання, пошук можливостей обробки горизонтальних свердловин і свердловин без вилучення насосно-компресорних труб, здешевлення технологічного процесу обробки, подальше підвищення довговічності і надійності роботи пристроїв.

Ключові слова: заглибні електророзрядні установки, нафтогазовий пласт, нафтовидобувні свердловини, ефективність впливу.

Проведен обобщающий анализ работ по созданию погружных электроразрядных установок интенсификации добычи полезных ископаемых, выполненных в Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины с конца 1970-х годов до настоящего времени. Отличительными особенностями и достоинствами таких установок являются высокая мощность, селективность и циклическое многократное воздействие на объект обработки, которым является ближняя зона нефтегазового пласта, регулируемость основных технологических параметров, простота в эксплуатации, безопасность и экологическая чистота при достаточно высокой эффективности воздействия и сравнительно небольших затратах на обработку скважин. Отражены основные этапы развития научных исследований и совершенствования конструкции отдельных систем установок (преобразователя частоты, зарядного блока, высоковольтных конденсаторов, высоковольтного разрядника, электродной системы), что привело к их модернизации, повышению ресурса, уменьшению массогабаритных показателей, оптимизации преобразования энергии и увеличению эффективности обработки скважин. Представлены результаты применения электроразрядного метода на нефтедобывающих скважинах Украины, России, Казахстана, Китая. Отражены недостатки и достоинства представленных разработок, предложения по их дальнейшему совершенствованию. Основными перспективными задачами развития определены дальнейшее повышение эффективности электроразрядного воздействия на объект обработки, уменьшение массогабаритных характеристик оборудования, поиск возможностей обработки горизонтальных скважин и скважин без извлечения насосно-компрессорных труб, удешевление технологического процесса обработки, дальнейшее повышение долговечности и надежности работы устройств.

Ключевые слова: погружные электроразрядные установки, нефтегазовый пласт, нефтедобывающие скважины, эффективность воздействия.

The generalizing analysis of the work on the establishment of submersible electric discharge devices for the intensification of mining operations has been carried out at the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine from the late 1970s to the present. The distinctive features and advantages of such units are high power, selectivity and cyclic multiple impact on the processing facility, which is the near zone of the oil and gas reservoir, the controllability of the main process parameters, ease of operation, safety and environmental cleanliness with sufficiently high impact efficiency and relatively low well processing costs. The main stages of the scientific research development and the design improvement of individual systems of installations (frequency converter, charging unit, high-voltage capacitors, high-voltage discharger, electrode system) are reflected, which lead to their modernization, increase of life, reduction of mass-dimensions, optimization of energy conversion and increase of well treatment efficiency. The results of applying the electric discharge method to oil producing wells of Ukraine, Russia, Kazakhstan, China are presented. The disadvantages and advantages of the presented developments, proposals for their further improvement are reflected. The main promising development

tasks are the further increase in the efficiency of the electric discharge effect on the processing facility, the reduction of the mass-dimensional characteristics of the equipment, the search for horizontal wells and wells processing possibilities without extraction of the tubing, the cheaper processing of the processing process, further improving the durability and reliability of the devices.

Key words: submersible electric discharge units, oil and gas reservoir, oil wells, impact efficiency.

Введение

Опыт развития нефтегазового комплекса разных стран мира указывает на наличие двух путей подхода к добыче углеводородных полезных ископаемых, в том числе нефти. Первый – экстенсивный путь увеличения добычи нефти. Это разведка, бурение и обустройство большого количества скважин на новых наиболее доступных продуктивных месторождениях. К сожалению, количество таких месторождений ограничено, во многих странах мира они вообще отсутствуют, глубина залегания нефтегазовых пластов месторождений увеличивается до 6000 м – и все это, в конечном итоге, резко снижает перспективу экстенсивного пути. Второй путь – интенсивный, заключающийся в экономической выгодности разработки и использовании различных методов максимального извлечения нефти на уже освоенных и обустроенных месторождениях. Следует отметить, что степень выработанности нефтеносного пласта существующих скважин даже при самых благоприятных условиях не превышает 50 % от геологических запасов, а на месторождениях, содержащих высоковязкие нефти, этот показатель составляет от 2 до 10 % [1, 2]. Если учесть, что затраты на повышение продуктивности уже существующих скважин в 10 – 50 раз меньше затрат на бурение и освоение новых скважин, то неудивительна привлекательность второго пути и существенный интерес к работам по созданию новых методов и оборудования для более полного извлечения полезных ископаемых.

Среди множества методов повышения притока нефти в скважину весьма перспективным выглядит электроразрядный способ [3 – 8], позволяющий за счет действия волн давления, генерируемых высоковольтным электрическим разрядом в жидкости, повышать дебит скважин, снизивших свою производительность из-за коагуляции призабойной зоны. Обладая такими достоинствами, как высокая мощность, селективность и циклическое многократное воздействие, регулируемость основных технологических параметров, простота в эксплуатации, безопасность и экологическая чистота при достаточно высокой эффективности воздействия и сравнительно небольших затратах на обработку скважин, электроразрядный способ хотя и не является универсальным, но становится все более привлекательным и используемым, в том числе в сочетании с другими методами [9 – 10].

Несмотря на огромный опыт разработки погружных электроразрядных установок (ПЭУ) Институтом импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАН Украины, включающий более 30 лет научных исследований, конструкторских и технологических решений, промысловых ис-

пытаний и внедрения экспериментальных и опытных образцов на скважинах партнеров, на сегодняшний день отсутствует детальное обобщение работы ИИПТ в данном направлении.

Поэтому данная статья преследует своей целью проведение обобщающего анализа состояния разработок, выполненных ИИПТ НАН Украины в области создания ПЭУ, определение их достоинств и недостатков, обсуждение перспектив дальнейшего развития работ и повышения масштабов их применения.

Анализ результатов разработок

Основой для проведения масштабных и глубоких исследований по созданию ПЭУ для обработки нефтяных скважин и более полного извлечения нефти послужили зарубежные разработки, проведенные прежде всего в США [3, 12 – 15]. Если по патентным публикациям [12 – 15] судить о степени готовности разработок трудно, то результаты работ, базирующихся на использовании электрического взрыва проводников, показали эффективность практического использования электроразрядного метода для разрушения непроницаемых барьеров в призабойной зоне и повышения притока нефти из скважины. Результаты дальнейших исследований применения взрыва проводников для повышения притока нефти в скважины, проводимых в США, до настоящего времени не обнаружено. Следует особо отметить, что, несмотря на возможные достоинства указанных выше разработок, прежде всего в части стабильного формирования проводящего канала независимо от электрических характеристик окружающей среды, серьезным препятствием их использования, как показали экспериментальные исследования, является надежность работы электродной системы. Так, использование механизма подачи проводника ведет к его возможному привариванию к электродам, а непрогнозируемая пространственная ориентация проводника в рабочем промежутке существенно снижает эффективность воздействия на призабойную зону.

Первые разработки научных основ электроразрядной обработки призабойной зоны нефтедобывающих скважин, оборудования и технологии, базирующихся на высоковольтном разряде в жидкости, берут свое начало в ИИПТ НАН Украины (бывшее Проектно-конструкторское бюро (ПКБ) электрогидравлики Академии наук УССР) с конца 1970-х годов. В это время формировалась концепция, критерии к схемным решениям и конструктивным особенностям погружных скважинных устройств [16, 17], основными из которых являлись следующие:

- наличие наземной и погружной частей, соединенных грузонесущим геофизическим кабелем;

- передача энергии в погружную часть устройства, имеющего блочное строение, осуществлялось по многоступенчатой схеме преобразования на повышенной частоте для минимизации массогабаритных характеристик;

- регулирование мощности электроразрядного воздействия устройства проводилось путем изменения его энергоемкости за счет количества модулей накопительных конденсаторов;

- при аварийных ситуациях предусматривалась защита элементов оборудования.

В результате выполнения ряда научных исследований было создано погружное электроразрядное устройство «Скиф-3», которое в 1983 году прошло натурные испытания на скважинах Татарстана и было внедрено в тресте «Татнефтегеофизика».

Генератор импульсных токов (ГИТ) устройства «Скиф-3» состоял из наземной и погружной частей, соединяемых геофизическим кабелем (рис. 1). В ГИТ было осуществлено многоступенчатое преобразование энергии: напряжение 220 В, 50 Гц преобразовывалось до величины 1000 В, 1000 Гц на выходе наземной части устройства, которое, в свою очередь, преобразовывалось в выпрямленное напряжение 30 кВ в его погружной части и затем в высоковольтные импульсы, подаваемые в нагрузку.

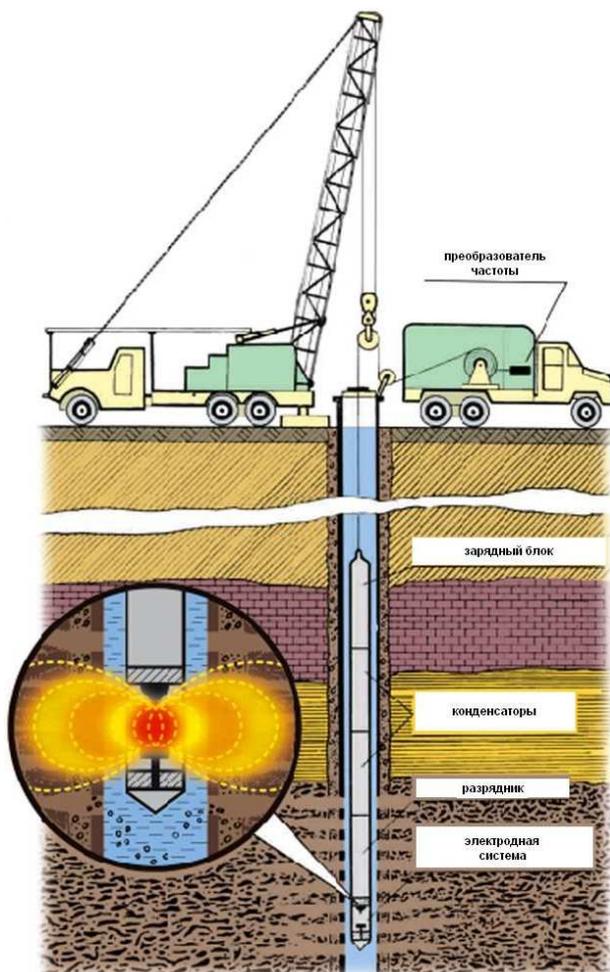


Рисунок 1 – Погружная электроразрядная установка «Скиф» на скважине

Наземная часть представляла собой преобразователь частоты (ПЧ), в корпусе которого размещались выпрямитель инвертора, автономный инвертор со схемами управления и защиты, а также органы контроля, управления и сигнализации. Погружная часть представляла собой разъемную цилиндрическую трубу, в которой размещались зарядный блок, блок накопителей и блок коммутатора, соединяемых муфтами.

ПЧ был выполнен на базе автономного инвертора напряжения, собранного на тиристорах ТЧ-25, по однофазной схеме с нулевым выводом выходного трансформатора. Такой тип инвертора позволял иметь минимальную установочную мощность оборудования и достаточно жесткую характеристику при изменении нагрузки в широких пределах.

Зарядный блок представлял собой выпрямитель, собранный по симметричной мостовой двухпульсационной схеме удвоения выпрямленного напряжения Латура. Зарядный блок был заключен в стальную герметичную трубу, заполненную трансформаторным маслом. Один конец трубы имел разъем для подключения грузонесущего геофизического кабеля, а второй – разъем для соединения с блоком высоковольтных импульсных конденсаторов, также разработанных и изготовленных ИИПТ.

В связи с необходимостью размещения конденсатора в трубе, его конструкция имела цилиндрическую форму. Исходя из допустимой рабочей напряженности электрического поля в бумажном диэлектрике, пропитанном касторовым маслом, номинальное напряжение конденсатора 30 кВ обеспечивало шесть последовательно соединенных секций. Компенсация температурного изменения объема жидкого диэлектрика производилась при помощи сильфонов, расположенных внутри корпуса конденсатора.

Конденсатор имел свой несилевой (промежуточный) металлический корпус. Накопительный блок устройства составляли два таких конденсатора, вставленные в силовую трубу с внешним диаметром 114 мм и особым способом соединенные между собой.

В качестве блока коммутатора использовался неуправляемый искровой разрядник, заполненный азотом. Электроды разрядника имели сферическую форму, выполнялись из молибдена и закреплялись на изоляторах.

Устройство было оснащено электродной системой открытого типа со стержневым электродом-анодом диаметром 12 мм, заточенным на конце под углом 30°.

Результаты испытаний электроразрядного устройства «Скиф-3» выявили ряд недостатков в его конструкции и работе:

- при изменении длины геофизического кабеля каждый раз требовалась подстройка преобразователя для сохранения согласованного режима работы устройства;

- наблюдался значительный перегрев магнитопроводов трансформатора зарядного блока, собранного на трансформаторном железе,

что ограничивало рабочий температурный диапазон устройства;

- не оправдала себя пайка оловом крышек импульсных конденсаторов и установка компенсационных сильфонов;

- отсутствие защиты по сетевому напряжению приводило к опасному превышению напряжения на тиристорах;

- в связи с выполнением блока конденсаторов в двойном корпусе он имел высокие массогабаритные характеристики, а его монтаж и демонтаж в полевых условиях существенно осложнялись;

- электродная система не обеспечивала эффективных режимов пробойных разрядов.

Вышеуказанные недостатки максимально отрабатывались и устранялись при разработке и создании новых моделей электроразрядных установок для обработки нефтедобывающих, газовых, нагнетательных и водозаборных скважин «Скиф-4», «Скиф-4М», «Буг» [18, 19]. Кроме того, в рамках выполнения ряда научно-исследовательских работ были достигнуты следующие результаты:

- исследованы процессы формирования разряда в скважинных жидкостях при гидростатическом давлении до 50 МПа и температуре до 100 °С;

- разработаны варианты электродных систем для работы в условиях гидростатического давления до 50 МПа и температуры до 100 °С;

- создан генератор импульсных токов и преобразователь энергии электрического взрыва для работы в условиях гидростатического давления до 50 МПа и температуры до 100 °С;

- разработана технология электровзрывного воздействия на пласт;

- разработаны рекомендации по совершенствованию конструкции электровзрывных скважинных устройств.

Учитывая ранее сформулированные претензии к конструкции и работе ПЧ, в установках был применен однофазный параллельный мостовой инвертор, выходное напряжение которого практически не зависело от величины и характера нагрузки. Для защиты ПЧ был разработан блок защиты и контроля качества разрядов.

Зарядные блоки разработанных установок содержали более мощный трансформатор на ферритовых сердечниках для снижения температуры перегрева и устройство регистрации качественных разрядных импульсов.

Импульсные конденсаторы изготавливались в виде модуля, состоящего из трубы-корпуса наружным диаметром 114 мм, внутри которого размещались два цилиндрических конденсатора 30 кВ, 0,5 мкФ, параллельно соединенные между собой.

При намотке секций конденсатора была применена комбинированная бумажно-пленочная изоляция, состоящая из чередующихся слоев полиэтилентерефталатной пленки и конденсаторной бумаги, пропитанных касторовым маслом, что позволило на 40 % снизить массогабаритные характеристики конденсаторов. Вме-

сто компенсационных сильфонов конденсатор заполнялся элегазом.

Замена сферических электродов газонаполненного разрядника на дискообразные, как показали статистические исследования, привела к существенному снижению разброса напряжения срабатывания (с 25 % до 3 %), увеличению срока службы разрядника и устройства в целом.

Разработанные устройства нашли свое применение на многих месторождениях стран бывшего СССР, а установка «Скиф-4» в 1987 году по результатам промышленных испытаний на нефтедобывающих скважинах Татарстана прошла межведомственную комиссию и была рекомендована к внедрению на нефтяных месторождениях.

Недостатком созданных разработок являлось ограничение их использования на скважинах с внутренним диаметром до 127 мм при гидростатическом давлении до 50 МПа и температуре скважинной среды до 100 °С, что вызвало необходимость создания нового поколения ПЭУ, удовлетворяющего этим требованиям.

Выполненные научные исследования по выбору схемных решений блоков погружного устройства, их материалов и элементной базы, расчету и оценке электрических и тепловых характеристик всех основных узлов [20 – 23] способствовали появлению устройств нового поколения «Скиф-6», «Скиф-100», «Скиф-100М» с наружным диаметром 102 мм, уменьшенной более чем в 1,5 раза относительно «Скиф-4» длиной, работающих в скважинах при гидростатическом давлении до 50 МПа и температуре окружающей среды 80 – 100 °С.

Эти устройства прошли успешные промышленные испытания на месторождениях НГДУ «Черниговнефтегаз», «Надвирнанефтегаз» в Украине.

Следует особо подчеркнуть, что в разработанном устройстве «Скиф-100М» (рис. 2, табл. 1), в отличие от предшественников, использовалось питание от трехфазной сети 380 В, 50 Гц и передача по геофизическому кабелю переменного напряжения частотой 3000 Гц, что способствовало уменьшению его габаритных размеров почти в 1,5 раза, улучшению условий эксплуатации устройства [21 – 23]. Кроме того, при проектировании устройства «Скиф-100М» разработан ряд новаций в схемных и конструктивных решениях зарядного блока, конденсатора и разрядника.



Рисунок 2 – Устройство «Скиф-100М»

Таблица 1 – Основные технические характеристики погружной установки «Скиф-100М»

Наименование параметра	Значение
1 Габаритные размеры , мм, не более	
- наземная часть (длина×ширина×высота)	400x280x165
- погружная часть (диаметр, длина)	102, 4600
2 Масса устройства, кг, не более	
- наземной части	15
- погружной части	130
3 Напряжение питающей сети, В	380±10%
4 Частота питающей сети, Гц	50/60±1%
5 Полная мощность, кВА, не более	2
6 Напряжение емкостного накопителя, кВ, не более	30
7 Энергозапасаемость блока накопителей, Дж	1000±10%
8 Частота следования разрядов, Гц, не более	0,25
9 Устройство эксплуатируется при:	
- рабочей среде	любая
- гидростатическое давление, МПа, не более	40
- рабочая температура скважины, °С, не более	100
- диаметр эксплуатационной колонны, мм, не менее	124

Принципиальным практическим моментом при создании устройств данного поколения явилась разработка и применение электродных систем закрытого типа [24, 25], позволивших обрабатывать скважины, заполненные жидкостями с разными физическими, химическими и электрическими свойствами.

Долгосрочное сотрудничество с рядом зарубежных компаний придало новый импульс в развитии научных исследований по разработке и созданию устройств для обработки призабойной зоны нефтедобывающих скважин [26 – 28]. При их проектировании был использован принцип передачи энергии по соединительному кабелю в погружную часть на постоянном напряжении. Ранее аналогичный принцип был применен при создании ПЭУ для обработки водозаборных скважин «Скиф-140» [29], что позволило производить динамическое регулирование частоты следования разрядных импульсов.

Разработанное и изготовленное по заказу иностранных фирм электроразрядное оборудование позволило исключить влияние реактивной составляющей сопротивления соединительного кабеля, за счет чего снизить потери в нем, повысить КПД и полезную мощность устройств, сократить время восстановления продуктивности скважин. Кроме того, был разра-

ботан технологический регламент обработки скважин в зависимости от характеристик пород-коллекторов нефти.

Современное электроразрядное оборудование достаточно широко и эффективно используется при обработке скважин Украины, Ближнего Востока, России, Европы, Северной Америки, Китая и других стран (рис. 3, 4). Результаты электроразрядной обработки скважин в разных регионах представлены в табл. 2 – 5.

Опыт эксплуатации поставленных заказчиком более 70 ПЭУ на сотнях скважин Украины, стран СНГ, Словакии, Китая и других стран свидетельствует о повышении притока нефти в 2 – 3 и более раз на нефтедобывающих скважинах, практически на 100 % восстанавливается производительность артезианских скважин, более чем в 3 раза увеличивается приемистость нагнетательных скважин, а длительность эффекта после обработки сохраняется до 12 месяцев.

Дальнейшее развитие научных исследований, направленных на совершенствование разработок по интенсификации добычи полезных ископаемых, расширению области и масштабы их применения предполагает решение следующих задач. Во-первых, актуальной является задача обработки горизонтальных скважин и скважин без извлечения насосно-компрессорных труб для значительного упрощения и удешевления технологического процесса обработки. Ее решение предполагает поиск способов повышения эффективности электроразрядного воздействия на объект обработки и уменьшения массогабаритных характеристик оборудования. Во-вторых, дальнейшее повышение долговечности и надежности работы устройств предполагает модернизацию их различных блоков и узлов на базе применения новых материалов и комплектующих. В-третьих, для существенного повышения эффективности электроразрядного воздействия на призабойную зону скважин изучаются вопросы стабилизации разряда и увеличения амплитуды волны давления, генерированной электрическим разрядом в скважинной жидкости. Для решения данной задачи возможно применение различных средств иницирования электрического разряда, например металлического проводника [30] или электрохимического взрыва [31].

Выводы

В работе проанализирована история разработки и эволюции электроразрядных погружных устройств для интенсификации добычи полезных ископаемых, созданных в Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины – от первого образца "Скиф-3", прошедшего натурные испытания на скважине в 1983 году, до современных установок "Скиф-100М", в настоящее время эксплуатирующихся на скважинах Украины, Ближнего Востока, России, Европы, Северной Америки, Китая. Показано, что за это время были существенно уменьшены массогабаритные показатели ЭПУ (длина уменьшилась более чем в 1,5 раза, диаметр



Рисунок 3 – Обработка нефтяной скважины электроразрядным погружным устройством

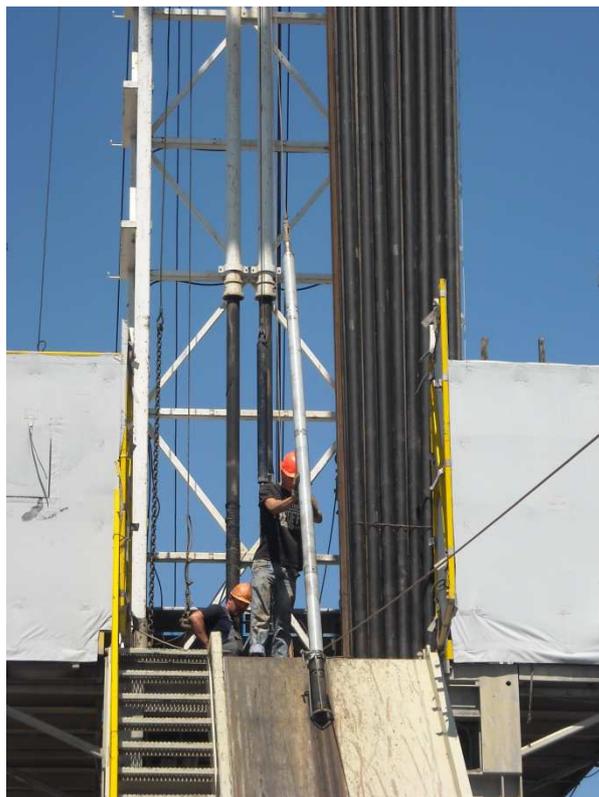


Рисунок 4 – Обработка дегазационной скважины электроразрядным погружным устройством

Таблица 2 – Результаты применения электроразрядного метода на нефтедобывающих скважинах Украины

Месторождение	Номер скважины	Дебит до обработки		Дебит после обработки	
		Q _{жид} , т/сут.	Q _{неф} , т/сут.	Q _{жид} , т/сут.	Q _{неф} , т/сут.
Лебяковское	Красляны-2	5,0	0,4	78,0	2,0
Прилукское	27	2,0	1,6	5,6	5,3
Прилукское	14	2,0	1,6	5,6	5,3
Богдановское	77 (нагнетательная)	приемистость, м ³ /сут.			
		0		400	
Прилукское	64	2,5	2,5	3,0	3,0
Прилукское	12	1,3	1,2	1,7	1,5
Прилукское	27	4,2	4,0	13,2	12,2
Прилукское	27	6,2	5,7	12,0	11,64
Ново-Григорьевское	64	2,43	0,5	4,3	1,16
Богданы	54	8,0	0,1	45,3	23,9
Богданы	60	6,5	2,1	46,1	34,4
Богданы	81	2,0	2,0	3,9	3,0
Мильки	64	10,6	4,6	21,0	12,0
Гнединцы	171	38,3	0,5	100,0	2,5
Прилукское	14	3,0	3,0	10,4	9,8
Богданы	75	43,9	30,0	42,0	37,5

погружной части – с 114 мм до 102 мм) и повышена эффективность работы ЭПУ за счет последовательной модернизации и совершенствования конструкции и технологии.

За почти 40-летнюю историю электроразрядный способ в целом и ЭПУ в частности ус-

пешно применялись и применяются для обработки скважин нефтяных месторождений в различных странах. Результаты обработок, увеличение притока нефти в 2-3 раза, свидетельствуют об эффективности данного способа интенсификации добычи полезных ископаемых и

Таблица 3 – Результаты применения электроразрядного метода на нефтедобывающих скважинах России (нефтяные месторождения Пермской области)

Скважины	Дебит до обработки, т/сут		Дебит после обработки, т/сут	
	Q жидкости	Q нефти	Q жидкости	Q нефти
9213	4,2	0,2	99,8	19,4
2080	4,3	2,7	15,9	10,1
1282	0,6	0,6	1,3	1,2
111	11,4	5,8	13,9	6,3
726	6,1	0,5	8	0,7
10073	0,9	0,1	87,3	26,9
21413	19,2	8,9	95,0	44,3

Таблица 4 – Результаты применения электроразрядного метода на нефтедобывающих скважинах Казахстана

Скважины	Интервал обработки, м	Дебит до обработки		Дебит после обработки	
		Q _{жид.} , т/сут	Q _{неф.} , т/сут	Q _{жид.} , т/сут	Q _{неф.} , т/сут
886	1274 - 1284	нет притока		24	24
7177	1255 - 1258 1264 - 1268	нет притока		8	6
2559	1209 - 1214 1218 - 1227	12	5	51	48
276 - К	1352 - 1358 1361 - 1366	29	14	57	28

Таблица 5 – Результаты применения электроразрядного метода на нефтедобывающих скважинах Китая (месторождение Карамай)

Скважины	Дебит до обработки, т/сут		Дебит после обработки, т/сут	
	Q жидкости	Q нефти	Q жидкости	Q нефти
52034	1,6	0,5	3,8	1,9
7312	3,4	2,8	5,9	3,7
52020	1,9	1,5	2,7	1,9
7 - 2	нет притока		4,6	4,4
7142	нет притока		9,0	6,8
5278	2,3	2,1	7,1	3,9
8834	39,1	19,6	59,9	49,9

целесообразности его дальнейшего применения. Перспективным направлением деятельности ИИПТ НАН Украины в настоящее время являются исследования, направленные на повышение эффективности способа и расширение области его применения.

Литература

1 Гиматудинов Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта / Ш. К. Гиматудинов, А. И. Ширковский. – М.: Недра, 1982. – 312 с.
 2 Ваганов Ю. В. Проблемы и перспективы сервисных технологий в нефтегазовом комплексе / Ю. В. Ваганов, Г. П. Зозуля, А. В. Кустышев и др. // Нефтегазовое дело. – 2007. – № 1. Электронный ресурс : http://ogbus.ru/authors/Vaganov/Vaganov_1.pdf.
 3 Риггс Э. Д. Новое устройство для создания акустического скачка уплотнения с целью удаления непроницаемых барьеров из приза-

бойной зоны скважины / Э. Д. Риггс, Э. Р. Браунскомб // Инженер-нефтяник. – 1975. – № 10. – С. 37-40.

4 Зиятдинов В. В. Результаты применения электрогидравлического воздействия на пласт в условиях Татарии / В. В. Зиятдинов, Э. Г. Урманов, В. М. Воронцов, В. А. Петров // Нефтепромысловое дело. – 1982. – № 12. – С. 8-9.

5 Петров В. А. Эффективность применения метода электрогидравлического воздействия на призабойную зону пласта / В. А. Петров, И. Г. Ахметов, А. А. Молчанов и др. // Нефтепромысловое дело. – 1983. – № 9. – С. 2-3.

6 Жекул В. Г. Электроразрядная обработка скважин на нефтедобывающих месторождениях Украины / В. Г. Жекул, В. А. Кучернюк, Ю. И. Мельхер, С. Г. Поклонов, А. П. Смирнов, И. С. Швеце // Вестник Нац. техн. ун-та “ХПИ”. Т.В.: Техника и электрофизика высоких напряжений. – 2012. – № 21. – С. 72–77.

- 7 Maksutov R. A. Application of electroimplosion for well stimulation / R. A. Maksutov, O. N. Sizonenko, I. S. Shvets // Seventh European Symposium on Improved Oil Recovery. 27-29 October 1993. Moscow, Russia. – 1993. – Vol. 1. – P. 348 – 352.
- 8 Молчанов А. А. Интенсификация режима работы нефтегазовых скважин и месторождений / А. А. Молчанов // Нефть Газ Промышленность. – 2006. – № 4. Электронный ресурс : oilgasindustry.ru/archive/6563.
- 9 Кучернюк А. В. Ударно-волновая технология интенсификации добычи нефти и газа / А. В. Кучернюк, В. А. Кучернюк, С. М. Давиденко, В. М. Сова, М. Ю. Максимчук // Нефтепромысловое дело. – 2006. – № 5. – С. 42-46.
- 10 Sizonenko O. N. Activative-modifying effect of high-voltage electric discharge in solutions of surface-active substances / O. N. Sizonenko, R. P. Kolmogorova, E. I. Taftay, A. K. Tkachenko, O. V. Khvoshchan // 7th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows: Proceedings. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS. – 2004. – P. 392-396.
- 11 Сизоненко О. Н. Особенности изменения фильтрационных характеристик породколлекторов при реагентно-импульсном воздействии / О. Н. Сизоненко, Н. М. Шерстнев // Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 4. – С. 49-51.
- 12 Scott H. W. Patent 4164978 USA. Oil extraction method / Harold W. Scott. – Publ. 21.08.79.
- 13 Schom E. C. Patent 3283294 USA, H340/12. Apparatus for an electrohydraulic system / E. C. Schom, Harold W. Scott. – Publ. 01.11.1966.
- 14 Patent 4074758 USA. Atraction method and apparatus background of the invention / Oil Recovery Corporation. – Publ. 21.02.1978.
- 15 Riggs E. D. Patent 4343356 USA, E 21 B 36/04. Method and apparatus for treating subsurface boreholes / Emmet D. Riggs, Eugene R. Brownscombe, James R. Bilhartz (USA). – Publ. 08.10.82.
- 16 Рябов В. П. Исследование технологических процессов в добыче газа, основанных на электрогидравлическом эффекте / В. П. Рябов, А. П. Агишев, А. Г. Муха, Г. Г. Горovenko // Эл. разряд в жидкости и его применение в технологии машиностроения и металлообработке: Тезисы докл. I всесоюзной науч.-техн. конф., сентябрь 1976. – Николаев. – ч. II. – С. 45-79.
- 17 А.с. СССР № 969062, E 21 B 43/00. Устройство для воздействия на призабойную зону скважин / П. П. Малюшевский, В. П. Рябов, Г. Г. Горovenko, С. И. Бордах. Оpubл. 23.10.1982.
- 18 А.с. СССР № 1694874, E 21 B 43/25. Устройство для воздействия на призабойную зону скважины / С. И. Заславский, Ю. И. Курашко, А. А. Руденко. Оpubл. 30.11.91.
- 19 Воробьев В. И. Генератор импульсных токов для установки электрогидравлического воздействия на пласт / В. И. Воробьев, С. И. Заславский, А. М. Курач, Ю. И. Курашко // Электронная обработка материалов. – 1988. – № 1. – С.79-80.
- 20 Швец И. С. Электроразрядный комплекс для интенсификации добычи шахтного метана / И. С. Швец, Ю. И. Курашко, О. В. Хвошчан, В. В. Литвинов, Ю. И. Мельхер, Л. И. Онищенко, В. И. Гунько // Наука та інновації. – 2008. – Т. 4, № 6. – С. 54-49.
- 21 Khvoschan O. V. On the Problem of the Diminution of the Mass and Dimension Parameters of Submersible Ionic Complexes / O. V. Khvoschan, Yu. I. Kurashko, V. V. Litvinov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2009. – Vol. 45, No 4. – pp. 329 – 333.
- 22 Щерба А. А. Оптимизация режимов в зарядных цепях высоковольтных электроразрядных погружных систем для электроимпульсной обработки нефтяных скважин / А. А. Щерба, О. В. Хвошчан, Ю. И. Курашко, И. С. Швец, Н. Н. Климанский // Технічна електродинаміка. Т. В. : Проблеми сучасної електротехніки. – 2006. – ч. 5. – С. 98-101.
- 23 Хвошчан О. В. Электроразрядный комплекс с уменьшенными массогабаритными показателями для повышения продуктивности нефтяных скважин / О. В. Хвошчан, Ю. И. Курашко, В. В. Литвинов, И. С. Швец // Вестник Нац. техн. ун-та “ХПИ”. Т.В. : Техника и электрофизика высоких напряжений. – 2006. – № 37. – С. 78-85.
- 24 Поклонов С. Г. Методика и результаты экспериментальных исследований влияния упругой преграды на параметры волны давления при электрическом разряде в воде / С. Г. Поклонов, В. Г. Жекул, А. П. Смирнов // Электронная обработка материалов. – 2007. – № 5. – С. 56-60.
- 25 Жекул В. Г. Электроразрядные погружные установки со стабилизированными рабочими параметрами / В. Г. Жекул, С. Г. Поклонов, И. С. Швец // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 89-91.
- 26 Курашко Ю. И. Генератор импульсных токов для погружных установок, обеспечивающих повышение производительности водозаборных скважин / Ю. И. Курашко, Н. Н. Климанский, А. Ф. Лазун, Ю. И. Мельхер, Л. И. Онищенко, И. С. Швец // Вестник Нац. техн. ун-та “ХПИ”. Т.В. : Электроэнергетика и преобразовательная техника. – 2003. – Т. 1. – № 1. – С.147-154.
- 27 Shwets I. S. Elektrohydroimpulse equipment for Increase of Oil and Intake Wells / I. S. Shwets, Y. I. Kurashko, N. N. Klimanskiy, O. V. Khvoshchan, L. I. Onishchenko // 13th International Symposium on High Current Electronics: Proceedings. – Tomsk: Publishing house of the IAO SBRAS. – 2004. – P. 409-411.
- 28 Хвошчан О. В. Повышение эффективности зарядных процессов электроразрядных погружных комплексов увеличенной мощности / О. В. Хвошчан, Ю. И. Курашко, В. В. Литвинов // Вестник Нац. техн. ун-та “ХПИ”. Т.В. : Техника и электрофизика высоких напряжений. – 2006. – № 37. – С. 86-92.

29 Курашко Ю. И. Электрогидроимпульсная установка для обработки водозаборных скважин «Скиф-140» / Ю. И. Курашко, Н. Н. Климанский, Ю. И. Мельхер, О. В. Хвощан // Материалы XII Международной научной школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах». – Николаев: КП Миколаївська обласна друкарня. – 2005. – С. 156-157.

30 Li X. Study of the shock waves characteristics generated by underwater electrical wire explosion / X. Li, Y. Chao, J. Wu, R. Han, H. Zhou, A. Qiu // Journal of Applied Physics. – 2015. – No 118 (2). – 023301.

31 Вовченко А. И. Управляемые электровзрывные процессы преобразования энергии в конденсированных средах / А. И. Вовченко, А. А. Посохов. – К.: Наук. думка, 1992. – 168 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
22.05.17

Рекомендована до друку
професором Семенцовим Г.Н.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
д-ром техн. наук Лопатіним В.В
(Інститут геотехнічної механіки
ім. М.С.Полякова НАН України, м. Дніпро)