

РЕЗУЛЬТАТИ ПРОМИСЛОВИХ ВИПРОБУВАНЬ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ ПОШКОДЖЕНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ВІДКРИТОГО НАФТОГАЗОВОГО ФОНТАНУ

І.В. Добровольський

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727101,
e-mail: no@nimg.edu.ua*

Щоб прискорити процеси ліквідації відкритих фонтанів необхідно розробляти нове високоефективне устаткування та вдосконалювати існуюче. Рекомендувати нове обладнання до використання у виробництві слід за результатами його промислових випробувань.

Випробування нового устаткування для демонтажу пошкодженого обладнання проводились на діючому газовому полігоні ДП „ЛІКВО” НАК „Нафтогаз України” у відповідності до затвердженої Програми і методики. Метою випробувань було відпрацювання різноманітних конструктивних виконань гідропіскоструминного різачка під час відрізання трубних головок, які найбільш широко використовуються в нафтогазовидобувних компаніях України.

Під час промислових випробувань визначено стійкість до гідроабразивного розмивання трьох конструкцій різаків та трьох видів насадок. Найкращими показниками володіють різак з гнутими трубами та насадка з направляючим конусом.

Ключові слова: ліквідація нафтогазових фонтанів, відкритий фонтан, гирлове обладнання, трубна головка, гідроабразивна установка, гідроабразивне різання.

Для ускорения процессов ликвидации открытых фонтанов необходима разработка нового высокоэффективного оборудования и совершенствование существующего. Рекомендовать новое оборудование для использования в производстве следует по результатам его промышленных испытаний.

Испытания новых установок для демонтажа поврежденного оборудования проводились на действующем газовом полигоне ГП "ЛИКВО" НАК "Нафтогаз Украины" в соответствии с утвержденной Программой и методикой. Целью испытаний являлась отработка различных конструктивных исполнений гидрорезающего резачка при отрезании трубных головок, наиболее широко используемых в нефтегазодобывающих компаниях Украины.

При промышленных испытаниях определена устойчивость к гидроабразивному размыванию трех конструкций резаков и трех видов насадок. Лучшими показателями обладают резак с гнутыми трубами и насадка с направляющим конусом.

Ключевые слова: ликвидация нефтегазовых фонтанов, открытый фонтан, устьевое оборудование, трубная головка, гидроабразивная установка, гидроабразивное резание.

To accelerate the open flow liquidation processes it is necessary to develop new highly efficient equipment and to improve the existing ones. New equipment should be recommended due to the results of its industrial tests.

The tests of new equipment for the removal of the damaged equipment were carried out at the existing gas landfills of LIKVO State Company Naftogaz Ukrainy NJSC in accordance with the approved programs and methods. The purpose of tests were the development of various designs of the abrasive jet cutter when cutting casing heads, which are widely used in the oil and gas companies of Ukraine.

During industrial tests the resistance of three designs of cutters and three types of casing heads to hydroabrasive diffusion has been defined. The best properties belong to a cutter with curved pipes and a jet with a guide cone.

Keywords: oil and gas flow liquidation, open flow, wellhead equipment, casing head, hydroabrasive equipment, abrasive waterjet.

Вступ. Фонтанування на експлуатаційних та споруджуваних свердловинах створюють катастрофічну загрозу виникнення аварій. Для прискорення ліквідації відкритих нафтогазових фонтанів потрібно розробляти нове високоефективне технічне устаткування та методи (технології) його використання, а також вдосконалювати існуюче обладнання. У статті подається інформація про результати промислових випробувань нового устаткування, яке використовується для демонтажу пошкодженого гирлового обладнання при відкритому фонтануванні.

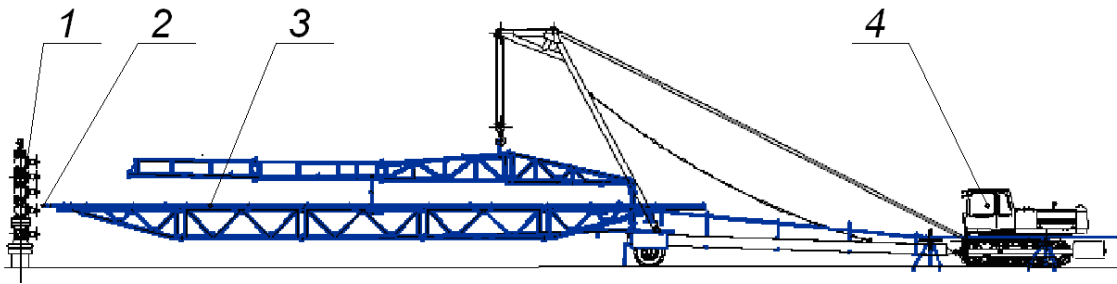
Метою випробувань є відпрацювання нового обладнання та технології відрізання трубної головки гідроабразивною установкою під

час ліквідації відкритих нафтогазових фонтанів.

Роботи проводили на діючому газовому полігоні ДП «ЛІКВО» у відповідності до затвердженої Програми і методики відпрацювання режимів і технології різання гирлового обладнання гідропіскоструминним різачком.

Під час випробування використовували таке обладнання:

- гідроабразивна установка (рис. 4.1) – 1 комплект;
- нагнітальна лінія з фільтром та манометром – 1 комплект;
- піскозмішувач УСП-50М – 1 комплект;
- дозатор піску – 1 шт.;
- цементувальний агрегат ЦА-320 – 2 шт.;



1 – пошкоджене обладнання на гирлі свердловини; 2 – різак; 3 – стріла; 4 – кран КП-25.

Рисунок 1 – Загальний вигляд установки для гідроабразивного різання

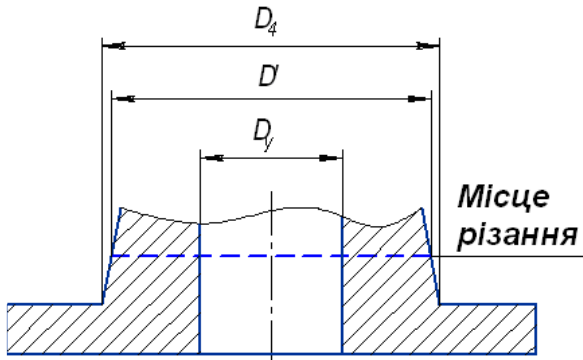
Таблиця 1 – Геометричні параметри трубних головок

№ з/п	Найменування трубної головки	Зовнішній діаметр шийки в площині зрізу, D' , мм	Внутрішній діаметр шийки, D_y , мм	Площа різання, мм
1	180×350-280×350	369	180	81493,7
2	180×700-280×700	300	160	50579,6
3	156×320-280×210	320	156	61311,3
4	156×320-280×350	320	156	61311,3
5	180×700-280×700 (CAMERON)	440	180	126606,2

- цементувальний агрегат АСФ-700 – 2 шт.;
- кварцовий пісок – 10 т;
- автокран – 1 шт.

Технологію відрізання гирлового обладнання відпрацьовували на трубних головках трьох типорозмірів, якими обладнано більшість гирлового обладнання в Україні (таблиця 1).

Принципову схему визначеного місця різання трубної головки наведено на рис. 2



D_4 – діаметр шийки; D' – діаметр шийки в місці різання; D_y – умовний прохід

Рисунок 2 – Принципова схема місця різання трубної головки

Постановка задачі та вибір методів дослідження. Схему розташування обладнання під час промислових випробувань наведено на рис. 3.

Перед початком робіт проводили гідралічні випробування на герметичність з'єднань трубопроводу високого тиску – від агрегатів до різача – на тиск 50 МПа: впродовж 15 хв. падіння тиску не було.

Щоб вибрати найстійкішу до гідроабразивного розмивання конструкцію різача та насадки, розглядали декілька конструкцій різальних пристроїв:

- різак гідроабразивний прямий;
- різак гідроабразивний з буферною камерою;
- різак гідроабразивний з гнутими трубами.

Основний матеріал дослідження. На першому етапі випробувань застосовували різак гідроабразивний прямий оснащений насадкою з стопорним кільцем. В місці встановлення стопорного кільця створювали турбулентність, яка призводила до ерозійного зношування в протоці під кільце (рис. 4).

Під час промислових випробувань відрізання трубної головки даний різак відпрацював дві години, після чого насадки на виході набула форми дифузора з осьовим зміщенням (рис. 5). При цьому струмінь розпилювався, і розрізання металу стало неможливим. Також за рахунок зміни напрямку потоку водопіщаної суміші в різачу відбувалось одностороннє розмивання кінцевої різьби (рис. 6).

Щоб запобігти розмиванню насадки по стопорному кільцю, застосовували насадку з коноїдальним направляючим кільцем (рис. 7). Струмінь формувався більш плавно, але при цьому кінчна різь розмивалась.

Щоб зменшити динаміку розмивання на повороті на насадку, було застосовано різак з буферною камерою, оснащений насадкою з коноїдальним направляючим кільцем. Розмивання насадки та різьби різача з буферною камерою (рис. 8) мало аналогічний характер, як і без буфера, але форма струменю була більш рівномірною на вході в насадку, завдяки чому дана

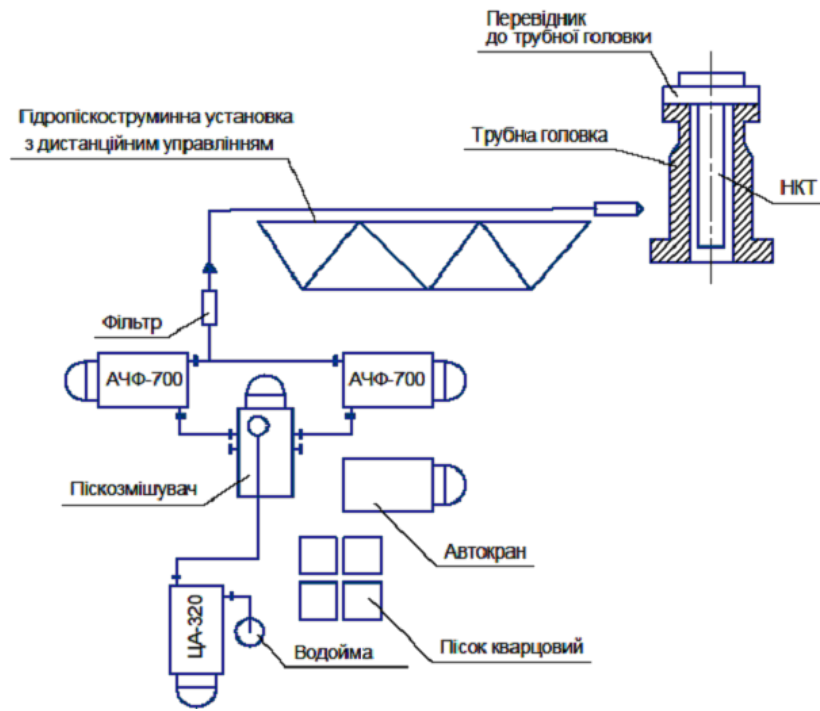


Рисунок 3 – Схема розташування обладнання під час проведення промислових випробувань



Рисунок 4 – Розмивання стопного кільця



Рисунок 5 – Змінена форма насадки



Рисунок 6 – Одностороннє розмивання конічної різьби



Рисунок 7 – Насадка з конідальним направляючим кільцем



Рисунок 8 – Фактичне розмивання різачка з буферною камерою

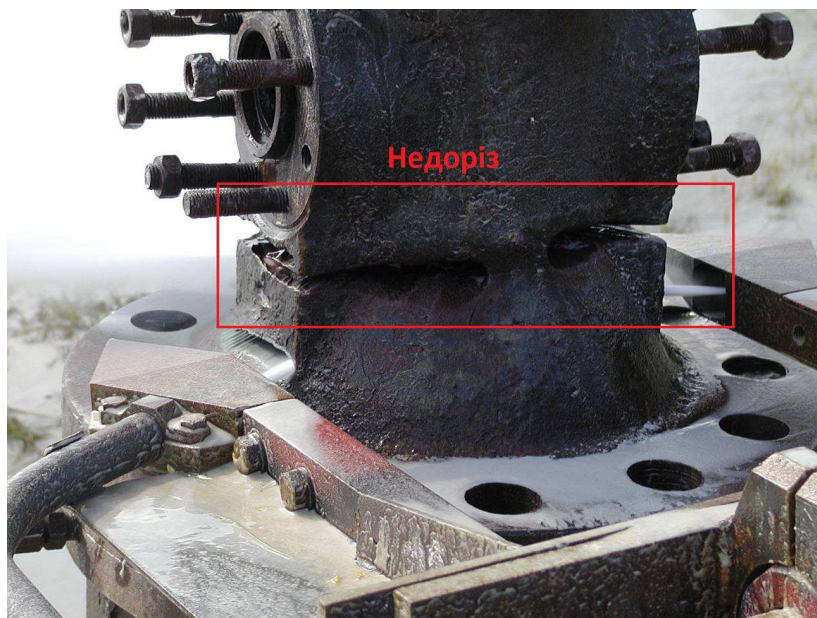


Рисунок 9 – Неповне прорізання трубної головки за 3 години роботи різачка з буферною камерою

конструкція перфатора працювала близько трьох годин без втрати роботоздатності, тобто була в 1,5 рази більш ефективною у порівнянні з роботою гідроабразивного прямого різачка, обладнаного насадкою з стопорним кільцем.

За допомогою різачка з буферною камерою за три години було відрізано 90 % трубної головки (рис. 9).

Для проведення аварійних робіт на свердловинах необхідно створити конструкцію різачка, яка б працювала в два – три рази довше, ніж триває відрізання трубної головки, тобто час роботи різачка без втрати робочих характеристик повинен становити приблизно 6-8 годин.

Найновішою конструкцією різачка був різальний пристрій з гнутими трубами та насадкою з направляючим конусом (рис. 10, 11). Дана конструкція різачка відпрацювала близько десяти годин. При цьому різак, різі та насадки з твердого сплаву майже не розмивались. Дана конструкція повністю відповідає тим вимогам, які висуваються до різачка, який використовується для ліквідації аварій.

Конструкція різачка з гнутими трубами створена таким чином, що кожна насадка відрізає половину деталі, до якої вона розміщена ближче.

Щоб підвищити надійність відрізання трубної головки, конструкцію різачка створено та-

ким чином, що повертання насадок на певний кут виключає можливість взаємного перетинання струменів (рис. 11). Тобто різальна здатність кожного окремого струменя, що діє на дві половини однієї деталі гирлового обладнання, забезпечує необхідну ефективність різання деталі загалом шляхом додаткового перетинального дорізання протилежної частини деталі.

Результати різання трубних головок різних типів з використанням різних конструкцій різачків наведено в таблиці 2.

Трубні головки типорозмірів 180×350-280×350 (1), 180×700-280×700 (2), 156×320-280×210 (3), 156×320-280×350 (4) різали за робочого тиску 30 МПа. Такий вибір робочого тиску був обумовлений часом роботи гідропіскоструминного різачка. Однак за три години трубні головки були не дорізані (рис. 9) через недостатню стійкість різальних насадок.

У ході дослідів № 4, 5, 6 різачка переміщали через чіткі інтервали, контролюючи при цьому фактичний процес різання періодичними зупинками.

Однак площа різання залишалась нерівномірною, оскільки в металі існують внутрішні напруження, які спричиняють нерівномірне вимивання металу. Хоч метал вже був прорізаний, на виході з зони різання був отриманий дуже розпилений струмінь. Саме таке розпи-



Рисунок 10 – Насадки з направляючим конусом



Рисунок 11 – Робота різача з гнутими трубами

Таблиця 2 – Результати різання трубних головок

Номер досліджу	Типорозмір трубної головки	Тиск нагнітання, Р, МПа	Загальний час різання, год	Примітка
1	180×350-280×350	30	≈ 3	Не дорізано
2	180×700-280×700	30	≈ 4	Не дорізано
3	156×320-280×210	30	≈ 3,5	Не дорізано
4	156×320-280×350	30	6,18	Відрізано
5	156×320-280×210 повторне різання	45	3,31	Відрізано
6	180×700-280×700 (CAMERON)	45	2,95	Відрізано

лювання в перших досліджах змусило затримувати різак на даному інтервалі.

Після застосування конструкції різача з гнутими трубами з'явилась можливість підвищити тиск до 45 МПа (дослід № 5, 6). Трубну головку вдалось перерізати (дослід 4), оскільки різак залишався працездатним протягом 6 год без видимого зношення.

Крок переміщення різача складав 5 мм (рис. 12). На рис. 13 та 14 подаються наглядні схеми різання трубних головок типорозмірів 156×320-280×350 (210) та 180×700-280×700 (CAMERON).

Графік зміни відстані від різача до тіла трубної головки представлений на рис. 15.

Фактично отриманий час різання трубних головок та площі різання при кожному переміщенні представлено на рис. 16, 17 та 18.



Рисунок 12 – Крок переміщення різачка до повного відрізання

Трубні головки 180×350-280×350, 180×700-280×700, 156×320-280×210 відрізали різачками та насадками різних типів. При цьому три трубні головки (дослід №1, 2, 3) були недорізані приблизно на 20 – 30 % через розмивання насадок.

Після цього було випробувано різак з гнучими трубами, яким було успішно відрізано три трубні головки.

Під час теоретичних досліджень весь процес різання гирлового обладнання поділено на 9 зон (рис. 19). На графіках різання трубних головок (рис. 16, 17, 18, 19) можна помітити відмінність у різанні двох основних зон: у зоні 2 – прорізання максимальної товщини стінки та у зоні 7 – оптимальне різання основного тіла (струмінь спрямований перпендикулярно до зовнішньої поверхні) та НКТ:

дослід № 4 – 300/150;

дослід № 5 – 240/120;

дослід № 6 – 180/60.

Таку закономірність можна віднести до всіх трубних головок з підвищеною колоною НКТ, які необхідно відрізати при ліквідації аварій (фонтанів).

Застосування даного пристрою є значно ефективнішим за інші способи демонтажу пошкодженого обладнання, зокрема за відстрілювання танком. Так, наприклад, для відстрілювання трубної головки на свердловині № 100 Куличихінського ГКР було проведено 5 пострілів, № 8 Розумівського ГК Р було проведено 8 пострілів, № 111 Куличихінського ГКР було проведено 24 постріли. Усі трубні головки після пострілів були сильно пошкоджені, що значно

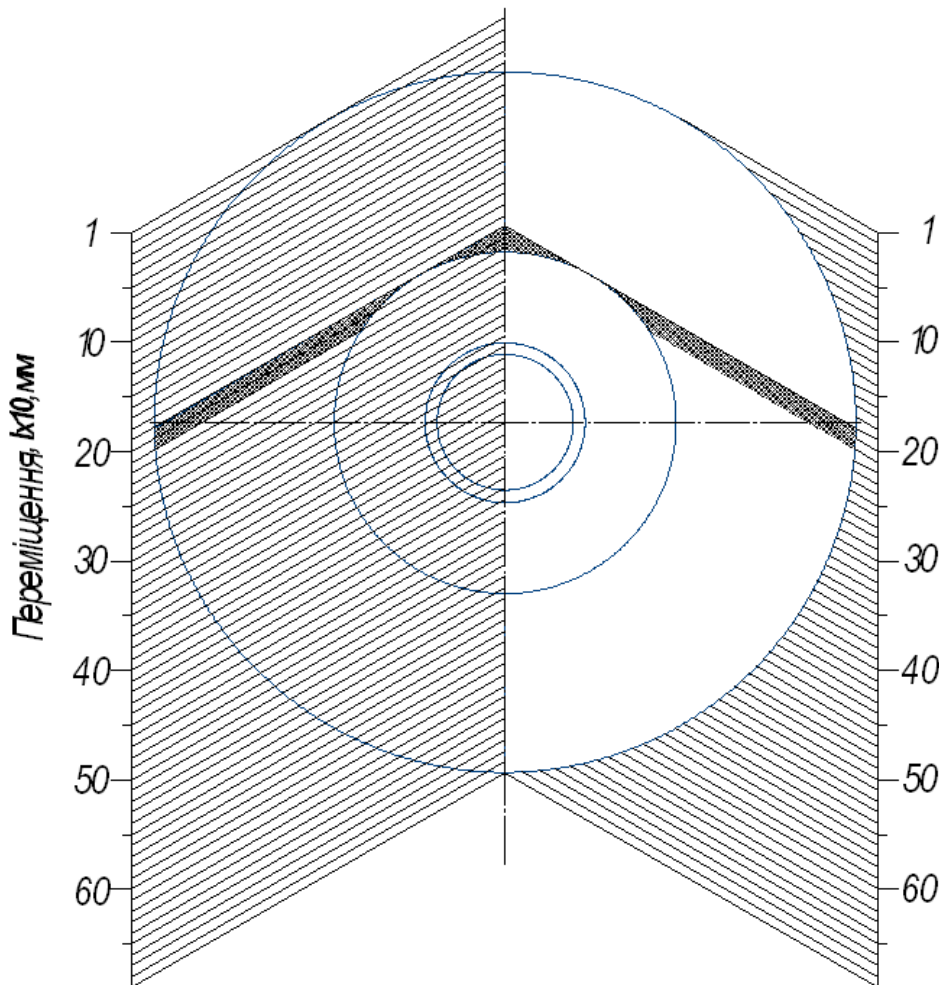


Рисунок 13 – Схема різання трубної головки 156×320-280×350 (210)

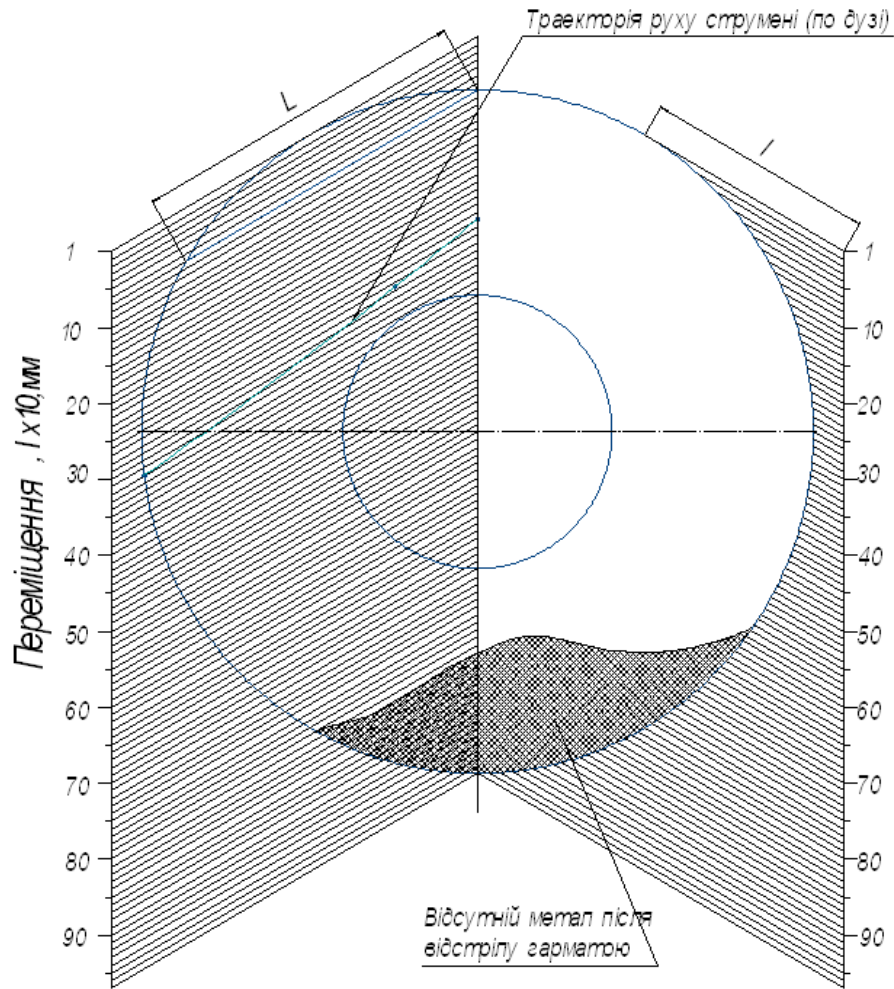


Рисунок 14 – Схема різання трубної головки 180x700-280x700 (CAMERON)

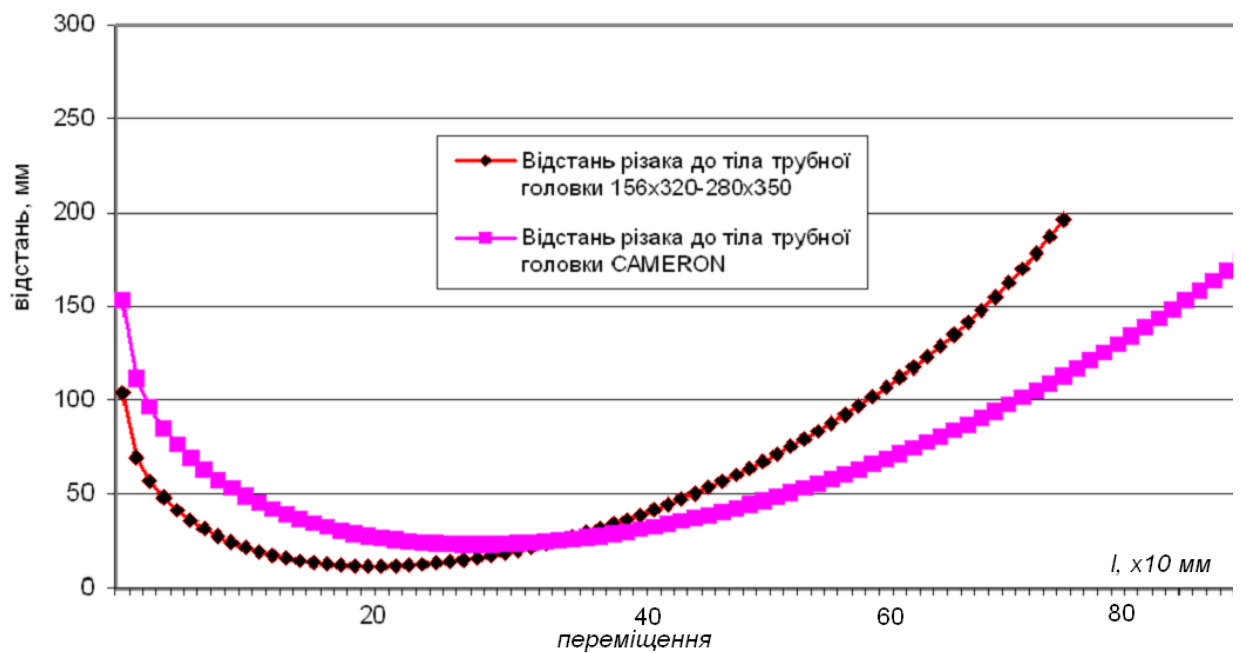


Рисунок 15 – Графік зміни відстані від різача до тіла трубної головки

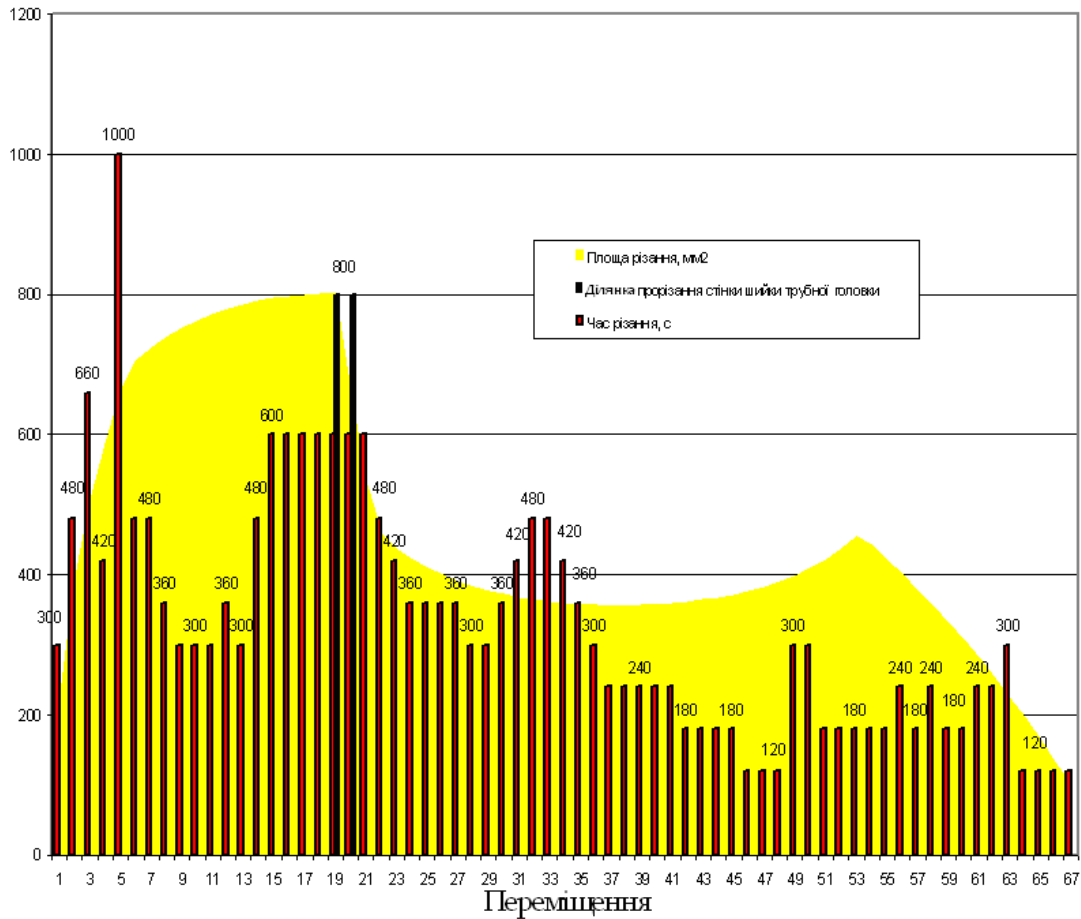


Рисунок 16 – Діаграма різання трубної головки 156x320-280x210

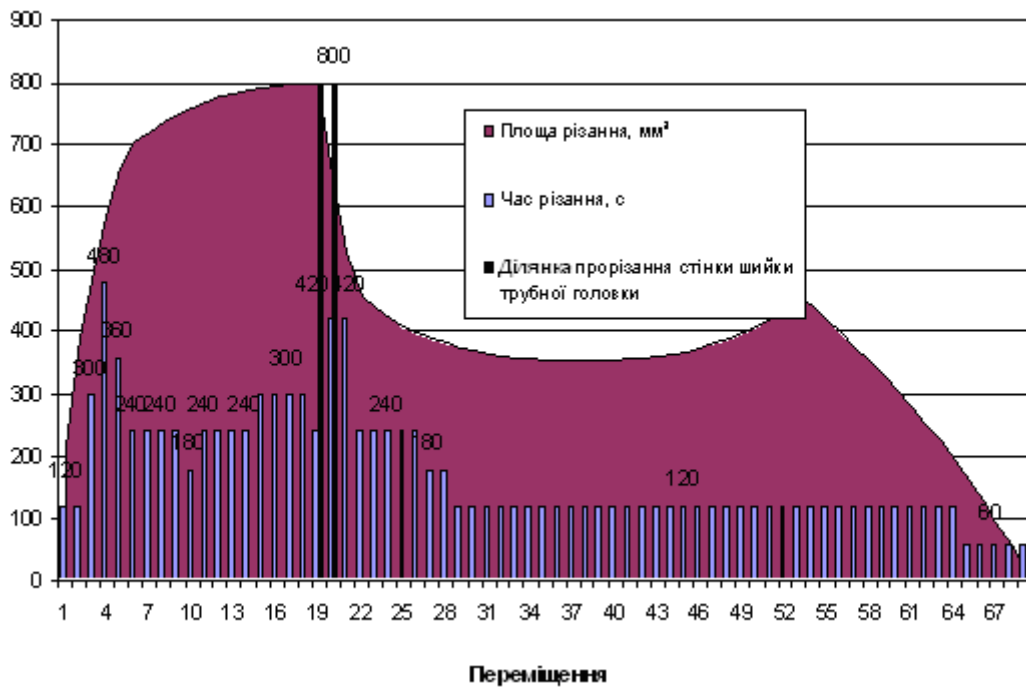


Рисунок 17 – Діаграма різання трубної головки 156x320-280x350

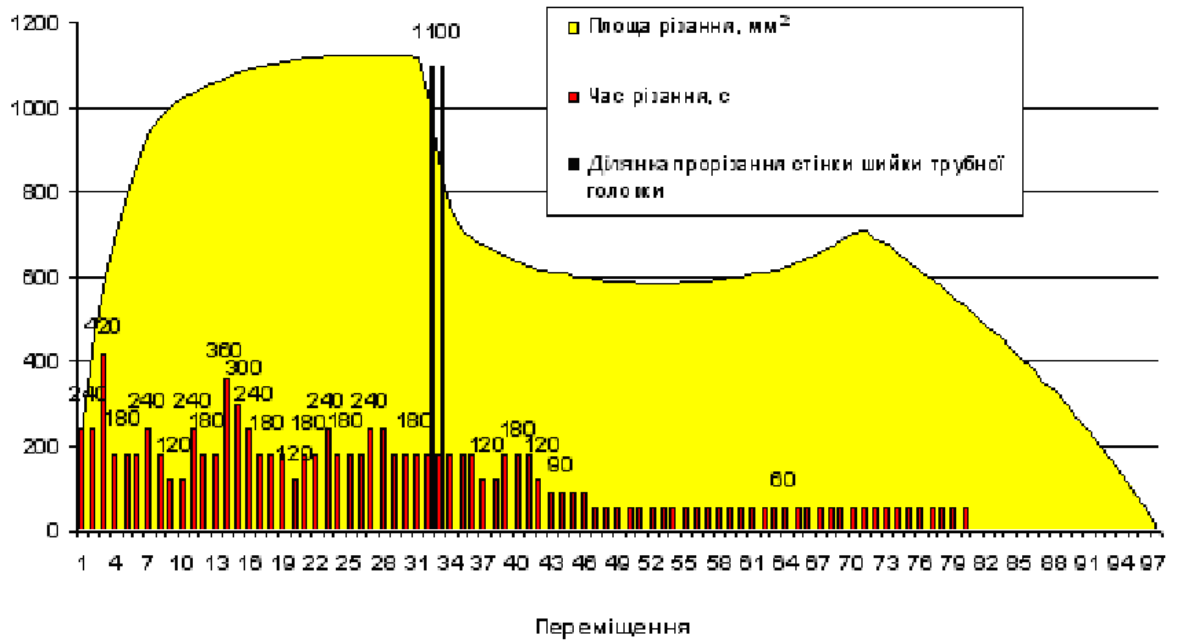


Рисунок 18 - Діаграма різання трубної головки 180×700-280×700 (CAMERON)

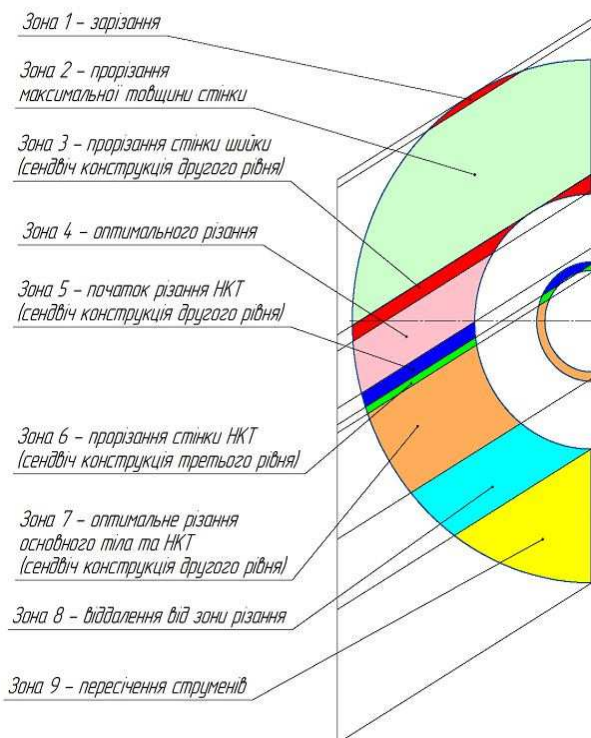


Рисунок 19 – Зони різання гирлового обладнання

ускладнило подальші роботи з ліквідації фонтану (рис. 20). А гідроабразивний спосіб виключає будь-які пошкодження і проводиться у визначеному місці і є максимально безпечними для ліквідаторів.



Рисунок 20 – Порівняння двох методів відрізання трубної головки 180×700-280×700 “CAMERON”

Висновки

В ході промислових випробувань було відпрацьовано відрізання трубних головок гідроабразивним методом. Відпрацювання устаткування для відрізання гирлового обладнання проводилась на трубних головках трьох типорозмірів, якими обладнано більшість нафтогазових свердловин в Україні: 180×350-280×350, 180×700-280×700, 156×320-280×210, 156×320-280×350, 180×700-280×700 (CAMERON).

Промислові випробування проводились на діючому газовому полігоні ДП «ЛІКВО» НАК «Нафтогаз України». Під час промислових випробувань визначено стійкість до гідроабра-

живного розмивання трьох конструкцій різаків та трьох видів насадок. Найкращі показники виявлено щодо різача з гнутими трубами та насадки з направляючим конусом.

Тому згідно з отриманими результатами промислових випробувань устаткування для демонтажу пошкодженого обладнання пропонується до використання даний метод застосування різача з гнутими трубами і насадкою з направляючим конусом для ліквідації відкритих нафтогазових фонтанів та інших аварій.

Даний метод має наступні переваги у порівнянні з іншими способами демонтажу пошкодженого обладнання на гирлі фонтануючої свердловини:

- можливість проведення робіт поблизу населених пунктів та інших особливих об'єктів, де відстрілювання обладнання танком недопустиме;

- відрізання проводиться в чітко визначеній ділянці пошкодженого об'єкта (відстрілюванням цього зробити неможливо);

- в процесі різання не пошкоджується обладнання, що залишається на гирлі свердловини;

- процес різання виконується без присутності людей в небезпечній зоні;

- гідроабразивне різання проходить без іскріння, що забезпечує вибухобезпеку при непалаючому фонтані.

Література

1 Римчук Д. В. Нові технології і механізми для ліквідації відкритих фонтанів / Д. В. Римчук, І. В. Добровольський // Проблеми нафтогазової промисловості: Збірник наукових праць. Випуск 10. – Київ.: ДП «Науканафтогаз», 2012. – С. 260-266.

2 Добровольський І.В. Выбор оптимальных режимов резания металла / И. В. Добровольский, М. М. Лях // Нефть и газ экспозиция. – 2016. – № 4. – С. 58-60.

3 Логанов Ю.Д. Открытые фонтаны и борьба с ними. Справочник / Ю.Д. Логанов, В.В. Соболевский, В.М. Симонов. – М: Недра. 1991. – 189 с.

4 Малеванский В.Д. Открытые газовые фонтаны и борьба с ними / В.Д. Малеванский. – М.: Гостоптехиздат, 1963.- 288 с.

5 Вайсберг Г. Л. Фонтанна безпека. Запитування. Відповіді / Г. Л. Вайсберг, Д. В. Римчук. – Харків: УЦЕБОП, 2002. – 474 с.

6 Казаков Ю.В. Сварка и резка материалов: учебное пособие для начального профессионального образования / Ю.В. Казаков, М.Д. Банов, М.Г. Козулин. – М.: Академия, 2004. – 398 с.

7 Латыпов Р. Р. Некоторые сведения о гидрорезании материалов / Р. Р. Латыпов, Н. Г. Терегулов, А. И. Харлов // Труды Уфимского ГАТУ. – 1999.

8 Полянский, С.Н. Технология и оборудование гидроабразивной резки / С.Н. Полянский, А.С. Нестеров // Вестник машиностроения. 2004. – № 5.

9 Фик І.М. Облаштування газових та нафтових свердловин при експлуатації. Частина друга. Фонтанні арматури / І.М. Фик, Д.В. Римчук, Б.Б. Синюк. – Харків: ТО «Ексклюзив», 2015. – 406 с.

10 Фик І.М. Облаштування газових та нафтових свердловин при експлуатації. Частина перша. Колонні обв'язки / І.М. Фик, Д.В. Римчук. – Харків: ТО «Ексклюзив», 2015. – 299 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
05.12.16*

*Рекомендована до друку
професором Федоришиним Д.Д.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук Римчуком Д.В.
(ДП «ЛІКВО» НАК «Нафтогаз України»,
м. Харків)*