

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 622.276

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-5-137-146

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗРЫВООПАСНОСТИ СМЕСИ РАСТВОРА ГИДРОПЕРИТА В АЗОТНОЙ СРЕДЕ

Басарнов Артем Игоревич,
Тимошенко Андрей Иванович*

АО «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли»

* для корреспонденции: art-855860@mail.ru



Информация о статье

Поступила:

31 марта 2025 г.

Одобрена после

рецензирования:

22 сентября 2025 г.

Принята к публикации:

30 сентября 2025 г.

Опубликована:

23 октября 2025 г.

Ключевые слова:

гидроперит, горение,
детонация, ГСМ,
экспериментальные
исследования, газообразные
продукты

Аннотация.

В статье приведены сведения об аварии (неконтролируемый взрыв), возникшей при проведении ремонтных работ на нефтедобычной скважине при прокачке раствора гидроперита, описана одна из возможных причин данной аварии с кратким теоретическим обоснованием ее возникновения. С целью подтверждения или исключения рассматриваемой причины неконтролируемого взрыва на нефтедобычной скважине в данной статье разработана и изложена методика проведения испытаний по определению взрывоопасности смесей растворов гидроперита концентрации 2% и 4% с различными горюче-смазочными материалами (ГСМ) при давлениях 1, 50, 100 и 150 атмосфер. Согласно проводимым по данной методике испытаниям, моделируется нахождение раствора гидроперита концентрации 2% и 4% в контакте с ГСМ в трубном пространстве нефтедобычной скважины при различных режимах закачки раствора. Объектом проводимых испытаний послужили смеси, состоящие из раствора гидроперита концентрации 2% и 4% и различных горюче-смазочных материалов (образцы нефти с месторождения, масло «Shell», масло «МГ-15В», смазка «Арматек»), а также продуктов их взаимодействия и взаимоокисления. В статье описано оборудование, которое было изготовлено специально для данных испытаний, приведена общая схема данного экспериментального оборудования с указанием основных узлов принципа работы регистрирующих датчиков и порядка выполнения работ по проведению испытаний. Указаны применяемые средства измерения (СИ) для регистрации и обработки полученных от регистрирующих датчиков данных, результаты обработки и проведенный анализ полученных данных. Результаты проведенных испытаний были обобщены и сведены в таблицу, приведенную в данной статье.

Для цитирования: Басарнов А.И., Тимошенко А.И. Определение взрывоопасности смеси раствора гидроперита в азотной среде // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 5 (171). С. 137-146. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-5-137-146, EDN: ITPBOS

Введение

В рамках работ, выполняемых для ввода в эксплуатацию нефтедобычной скважины после ремонтных работ на насосном оборудовании, производилась закачка гидроперита в затрубное пространство скважины с последующей прокачкой данного раствора водой на глубину 2,9 км для разрушения блока состава на основе соединений хрома в продуктивном нефтяном

пласте [4]. После закачки половины от необходимого количества гидроперита произошла поломка насосной установки, в итоге гидроперит находился в верхней части затрубного пространства в течение 4 часов. После ремонта насосной установки продолжилась закачка гидроперита в затрубное пространство скважины; для ускорения процесса закачки было принято решение увеличить

скорость перекачки насосной установки, в результате чего произошло скачкообразное изменение давления в затрубном пространстве скважины с 50 до 150 атмосфер и произошел «неконтролируемый взрыв», в результате которого вырвало гермоввод силового кабеля насосного оборудования и деформировало напорную трубу насоса [15]. «Неконтролируемый взрыв» мог произойти по причине разрушения гидроперита, в результате чего выделился атомарный кислород, который и прореагировал с нефтепродуктами при скачкообразном изменении давления в затрубном пространстве скважины. Разрушение гидроперита могло произойти при взаимодействии гидроперита с оксидами металлов или взаимодействия с остатками блок состава на стенках скважины.

В теории атомарный кислород является сильным окислителем и реагирует с нефтью и ее производными с возможным возгоранием или даже взрывом, реакционная способность кислорода возрастает с ростом давления в реакционной системе. Основным источником атомарного кислорода в нашем случае является раствор гидроперита, фактором разложения гидроперита с выделением атомарного кислорода является каталитическое разложение [4].

В рамках установления причин неконтролируемого взрыва в скважине определялась возможность детонации (скоростного горения) смесей, состоящих из раствора гидроперита концентрации 2 и 4% и различных горюче-смазочных материалов (ГСМ), а также продуктов их взаимодействия и взаимоокисления.

В качестве примеров ГСМ использовались образцы нефти с месторождения, масло «Shell», масло «МГ-15В», смазка «Арматек».

При подготовке эксперимента была разработана методика проведения испытаний по определению взрывоопасности смеси раствора гидроперита с различными ГСМ при давлении 1, 50, 100 и 150 атм.

Данная методика определяет порядок действий по размещению испытуемых образцов (смесей раствора гидроперита с ГСМ), температурных режимов проведения испытаний, измерительных датчиков, измерительного оборудования, средств иницирования, а также проведение измерений и способы оценки их результатов.

Для проведения испытаний было изготовлено экспериментальное испытательное оборудование (Рис. 1), моделирующее трубное пространство скважины и различные режимы закачки раствора при показателях давления 1, 50, 100 и 150 атм. с возможностью поддержания температурного режима испытываемой смеси на уровне +40 °C [13].

Общая схема экспериментального испытательного оборудования представлена на Рис. 2.

Рассмотрим более подробно конструкцию экспериментального испытательного оборудования.

1 – Баллон с азотом. Сжатый азот предназначался для создания избыточного давления в рабочей камере испытательного оборудования;



Рис. 1. Внешний вид экспериментального испытательного оборудования

Fig. 1. The appearance of the experimental test equipment

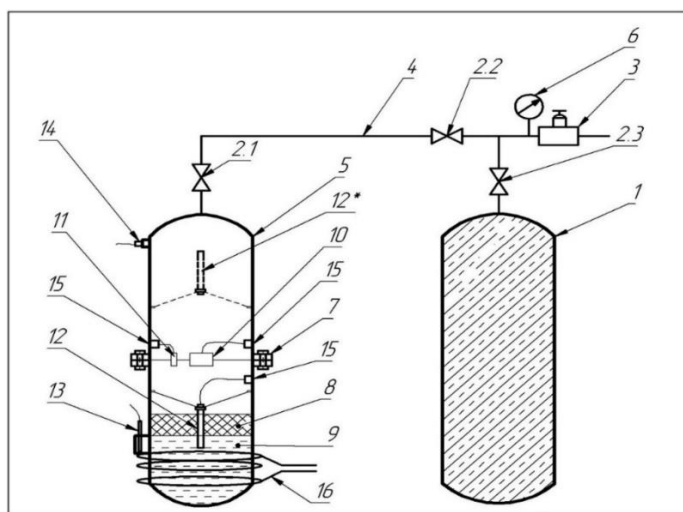


Рис. 2. Общая схема экспериментального испытательного оборудования

Fig. 2. General scheme of experimental test equipment

2.1 – Вентиль рабочей камеры испытательного оборудования;

2.2 – Вентиль отсечной;

2.3 – Вентиль баллона азота;

3 – Спускной клапан;

4 – Рукав высокого давления;

5 – Рабочая камера испытательного оборудования. Представляет собой корпус газового баллона, моделирующий трубное пространство скважины. В рабочей камере размещается испытываемый образец (смесь раствора гидроперита и ГСМ), инициирующее устройство для детонации смеси или воспламенения продуктов реакции пергидроля с нефтепродуктами (капсюль-детонатор или воспламенительная головка);

6 – Манометр давления. Предназначен для контроля давления внутри рабочей камеры испытательного оборудования;

7 – Фланцевое соединение. Позволяет соединять нижнюю и верхнюю часть рабочей камеры. Рабочая камера разделяется на две части для возможности размещения испытываемого образца, регистрирующих датчиков и средств инициирования (капсюль-детонатор или воспламенительная головка);

8 – Слой нефтепродукта. Образец нефти с месторождения или масло «Shell» или масло «МГ-15В» или смазка «Арматек»;

9 – Раствор гидроперита концентрации 2 или 4%;

10 – Низкоинерционный терморезистивный датчик температуры. Предназначен

для фиксации теплового потока возникающего горения. Скорость распространения фронта горения (теплового потока) может находиться в интервале 1 м/с до 1200 м/с. Датчик устанавливается внутри рабочей камеры;

11 – Датчик детонации. Предназначен для фиксации детонационного фронта со скоростями распространения от 1200 м/с до 7000 м/с. Датчик устанавливается внутри рабочей камеры;

12 – Капсюль-детонатор. Предназначен для создания первоначального импульса начала химических реакций, которые в дальнейшем могут привести к возгоранию смеси из раствора гидроперита и ГСМ или к их детонации;

12* – Воспламенительная головка (капсюль-детонатор). Предназначена для инициирования (воспламенения) продуктов реакции пергидроля с нефтепродуктами;

Известно, что кислород плохо растворим в воде и основной механизм исследуемых реакций будет происходить на границе раздела фаз жидкость – газ;

13 – Термодатчик контура подогрева. Предназначен для контроля и регулирования требуемой температуры в нижней части рабочей камеры. Датчик устанавливается снаружи рабочей камеры;

14 – Датчик акустический. Предназначен для контроля срабатывания капсюль-детонатора, а также является синхронизатором для отсчета времен развивающихся процессов в рабочей камере. Датчик



Рис. 3. Внешний вид нижней части рабочей камеры испытательного оборудования с помещенным раствором гидроперита с пробой нефтепродукта и установленным капсюль-детонатором на границе раздела фаз масло/вода и датчиком детонации

Fig. 3. Appearance of the lower part of the working chamber of the test equipment with a hydroperite solution with a sample of petroleum product and a detonator capsule installed at the oil/water interface and a detonation sensor



Рис. 4. Внешний вид верхней части рабочей камеры испытательного оборудования с установленным низкоинерционным резистивным датчиком температуры

Fig. 4. Exterior view of the upper part of the working chamber of the test equipment with a low-inertia resistive temperature sensor installed

расположен на внешней поверхности рабочей камеры (верхней части баллона);

15 – Гермовводы;

16 – Контур подогрева. Предназначен для поддержания температурного режима испытываемой смеси.

Порядок проведения испытания по определению взрывоопасности смеси раствора гидроперита с ГСМ:

1. В нижнюю часть рабочей камеры заливается предварительно разогретая до температуры 40°C вода в объеме 3–5 литров, после чего производится внесение необходимой массы гидроперита для создания требуемой концентрации раствора – 2% или 4%.

2. На поверхность раствора гидроперита (позиция 9, Рис. 2) вносится испытываемая марка нефтепродукта (позиция 8). Слой нефтепродукта

3. Порядок размещения инициирующего устройства при проведении испытаний:

3.1. В нижнюю часть рабочей камеры устанавливается капсюль-детонатор (позиция 12, Рис. 2) непредохранительного действия типа «ЭД-8-Ж» таким образом, что заряд вторичного ВВ капсюль-детонатора находится непосредственно в слое нефтепродукта. Сразу после установки капсюль-детонатора и его подключения к электрической сети гермовводы выводных концов капсюль-детонатора (позиция 15, Рис. 2) замыкаются, как показано на Рис. 3 (согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» утверждены Приказом

Ростехнадзора от 3 декабря 2020 года N 494).

3.2. В верхнюю часть рабочей камеры, где образуются потенциально взрывоопасные газы, устанавливается капсюль-детонатор (позиция 12*, Рис. 2) непредохранительного действия типа «ЭД-8-Ж». Сразу после установки капсюль-детонатора и его подключения к электрической сети гермовводы выводных концов капсюль-детонатора (позиция 15, Рис. 2) замыкаются, как показано на Рис. 3.

3.3. При проведении испытания на воспламенение и взрыв газов, образующихся смесью гидроперита и нефтепродукта, для увеличения инициирующего импульса и его времени в верхнюю часть рабочей камеры устанавливается воспламенительная головка типа «ЭПН-1» (позиция 12*, Рис. 2). Сразу после установки воспламенительной головки и ее подключения к электрической сети гермовводы выводных концов воспламенительной головки (позиция 15, Рис. 2) замыкаются [7].

4. Устанавливается низкоинерционный терморезистивный датчик температуры (позиция 10, Рис. 2); выводы температурного датчика подключались к гермовводам (позиция 15, Рис. 2) [6].

5. Устанавливается датчик детонации (позиция 11, Рис. 2); выводы датчика также подключались к гермовводу.

6. После между верхней и нижней части рабочей камеры испытательного оборудования устанавливается



Рис. 5. Внешний вид манометра (позиция 6, Рис. 2) при создании давления 150 атм. в рабочей камере испытательного оборудования

Fig. 5. The appearance of the pressure gauge (position 6, Fig. 2) when creating a pressure of 150 atm. in the working chamber of the test equipment



Рис. 6. Внешний вид подключенных линий с датчиков к измерительному оборудованию (АЦП, ИВИ-4)

Fig. 6. External view of connected lines from sensors to measuring equipment (ADC, IVI-4)

должен составлять не менее 10 мм.

межфланцевая прокладка и две части соединяются через болтовые фланцы болтовыми соединениями с усилием 270 Н/м.

7. С внешней стороны рабочей камеры испытательного оборудования (баллона) устанавливаются термо- (позиция 13, Рис. 2) и акустический датчики (позиция 14, Рис. 2).

8. Контур подогрева на нижней части рабочей камеры для создания и поддержания необходимой температуры подключается к питанию напряжением 220 В. Поддержание температуры обеспечивалось ПИД-регулятором по внешнему датчику температуры.

9. Подача сжатого азота производится путем открытия кранов (позиция 2.1, 2.2 и 2.3, Рис. 2). Плавным открытием крана (позиция 2.3, Рис. 2) создается необходимое давление в рабочей камере испытательного оборудования. Давление контролируется по манометру (позиция 6, Рис. 2), по достижению необходимого давления краны закрываются (позиция 2.2 и 2.3, Рис. 2), как показано на Рис. 5.

Заданные параметры давления и температуры внутри рабочей камеры испытательного оборудования выдерживаются не менее 4 часов.

10. Подключение линий датчиков к измерительному оборудованию, как показано на Рис. 6:

– Преобразователь напряжения

измерительный L-CARD, модификация E14-440 (АЦП), предназначен для измерения параметров датчиков и их изменения во времени развития протекающих процессов;

– Измеритель временных интервалов ИВИ-4 предназначен для фиксации процесса детонации, а также для питания напряжением 3,3 В низкоинерционного терморезистивного датчика температуры.

11. Перед иницированием капсуль-детонатора (воспламенительной головки) открывается кран (позиция 2.2, Рис. 2) и контролируется давление по манометру (позиция 6, Рис. 2).

12. На время проведения измерения питание с контура подогрева нижней части рабочей камеры снимается во избежание помех.

13. Измерительное оборудование переводится в режим записи.

14. Размыкаются выводные концы капсуль-детонатора (воспламенительной головки), подключаются к взрывной машинке и производится взрыв (подача электрического импульса на мостик накаливания капсуль-детонатора или воспламенительной головки).

15. Открывается кран (позиция 2.2, Рис. 2), и давление из рабочей камеры испытательного оборудования снимается путем открытия

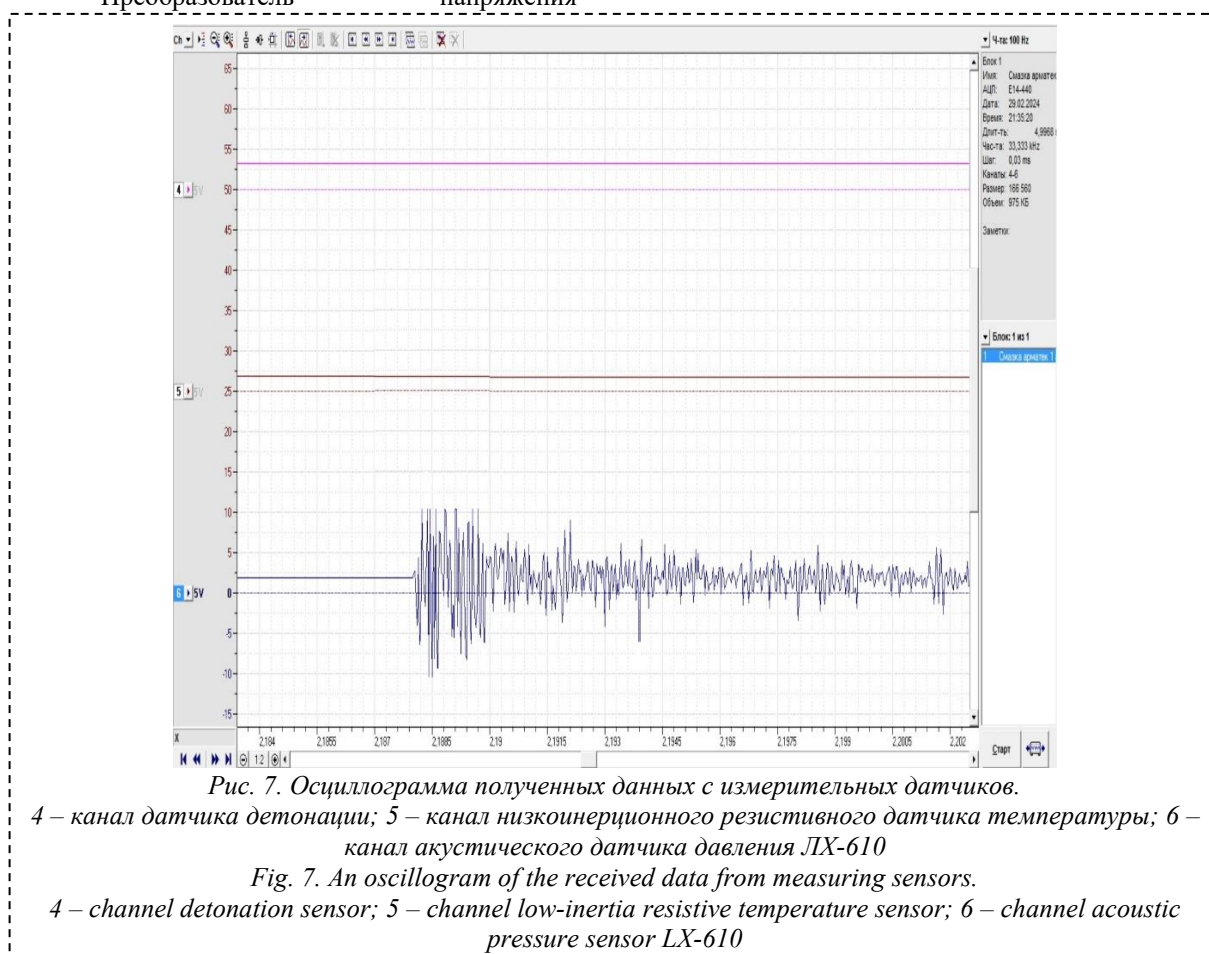


Таблица 6. Данные по результатам испытаний
Table 6. Test results data

№ исп.	Расположение инициирующего устройства	Давление в испытательном оборудовании	Наименование и объем испытываемого ГСМ, мл				Концентрация испытываемого раствора гидроперита, %	Результат	
			Нефть с месторождения	Масло «МГ-15В»	Масло «Shell»	Смазка «Арм-атек»		Вспышка	Детонация
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Капсюль-детонатор (верхнее расположение)	1	300				4	отсутствует	отсутствует
2		50	300				4	отсутствует	отсутствует
3		100	300				4	отсутствует	отсутствует
4		150	300				4	отсутствует	отсутствует
5		1		300			4	отсутствует	отсутствует
6		50		300			4	отсутствует	отсутствует
7		100		300			4	отсутствует	отсутствует
8		150		300			4	отсутствует	отсутствует
9		1			300		4	отсутствует	отсутствует
10		50			300		4	отсутствует	отсутствует
11		100			300		4	отсутствует	отсутствует
12		150			300		4	отсутствует	отсутствует
13		1				300	4	отсутствует	отсутствует
14		50				300	4	отсутствует	отсутствует
15		100				300	4	отсутствует	отсутствует
16		150				300	4	отсутствует	отсутствует
17	Капсюль-детонатор (нижнее расположение)	1	300				4	отсутствует	отсутствует
18		50	300				4	отсутствует	отсутствует
19		100	300				4	отсутствует	отсутствует
20		150	300				4	отсутствует	отсутствует
21		1		300			4	отсутствует	отсутствует
22		50		300			4	отсутствует	отсутствует
23		100		300			4	отсутствует	отсутствует
24		150		300			4	отсутствует	отсутствует
25		1			300		4	отсутствует	отсутствует
26		50			300		4	отсутствует	отсутствует
27		100			300		4	отсутствует	отсутствует
28		150			300		4	отсутствует	отсутствует
29		1				300	4	отсутствует	отсутствует
30		50				300	4	отсутствует	отсутствует
31		100				300	4	отсутствует	отсутствует
32		150				300	4	отсутствует	отсутствует
33	Воспламенятельная головка (верхнее расположение)	1	300				2	отсутствует	отсутствует
34		50	300				2	отсутствует	отсутствует
35		100	300				2	отсутствует	отсутствует
36		150	300				2	отсутствует	отсутствует
37		1		300			2	отсутствует	отсутствует
38		50		300			2	отсутствует	отсутствует
39		100		300			2	отсутствует	отсутствует
40		150		300			2	отсутствует	отсутствует
41		1			300		2	отсутствует	отсутствует
42		50			300		2	отсутствует	отсутствует
43		100			300		2	отсутствует	отсутствует
44		150			300		2	отсутствует	отсутствует
45		1				300	2	отсутствует	отсутствует
46		50				300	2	отсутствует	отсутствует
47		100				300	2	отсутствует	отсутствует
48		150				300	2	отсутствует	отсутствует

Таблица 6. Данные по результатам испытаний
Table 6. Test results data

№ исп.	Расположение инициирующего устройства	Давление в испытательном оборудовании	Наименование и объем испытываемого ГСМ, мл				Концентрация испытываемого раствора гидроперита, %	Результат	
			Нефть с месторождения	Масло «МГ-15В»	Масло «Shell»	Смазка «Арматек»			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	Капсюль-детонатор (нижнее расположение)	1	300				2	отсутствует	отсутствует
50		50	300				2	отсутствует	отсутствует
51		100	300				2	отсутствует	отсутствует
52		150	300				2	отсутствует	отсутствует
53		1		300			2	отсутствует	отсутствует
54		50		300			2	отсутствует	отсутствует
55		100		300			2	отсутствует	отсутствует
56		150		300			2	отсутствует	отсутствует
57		1			300		2	отсутствует	отсутствует
58		50			300		2	отсутствует	отсутствует
59		100			300		2	отсутствует	отсутствует
60		150			300		2	отсутствует	отсутствует
61		1				300	2	отсутствует	отсутствует
62		50				300	2	отсутствует	отсутствует
63		100				300	2	отсутствует	отсутствует
64		150				300	2	отсутствует	отсутствует

спускового клапана (позиция 3, Рис. 2).

16. Обработываются полученные от датчиков в ходе проведения испытаний данные (Рис. 7).

Результаты эксперимента

Экспериментальные исследования показали, что при заданных исходных условиях концентраций раствора гидроперита и предоставленных образцов углеводородов (ГСМ) в исследуемом диапазоне изменения параметров образование взрывоопасной смеси не происходит.

Полученные экспериментальные данные и расчеты показывают, что при необходимости увеличение концентрации раствора гидроперита может быть допустимым.

Результаты проведенных испытаний были обобщены и сведены в Таблице 6.

Выводы

По результатам испытаний не было выявлено наличия химических экзотермических реакций, переходящих в горение и детонацию, а также ни в одном из проведенных испытаний не произошло возгорания и детонации продуктов окисления гидроперитом нефтепродуктов при инициировании их капсюль-детонатором или воспламенительной головкой при нижнем и верхнем их расположении в рабочей камере испытательного оборудования.

Раствор гидроперита с представленными образцами ГСМ, находящийся в условиях

давления 1, 50, 100 и 150 атм., является взрывобезопасным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов В. И., Крецул В. В., Гимазетдинов В. М. Основные факторы, влияющие на загрязнение продуктивных пластов, и разработка рекомендаций по повышению продуктивности скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море. 2015. № 12. С. 31–36.
2. Михайлов Д. Н., Рыжиков Н. И., Шако В. В. Комплексный экспериментальный подход к определению параметров проникновения и захвата компонентов бурового раствора и сопутствующего изменения проницаемости породы коллектора // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина. 2013. № 4 (273). С. 65–78.
3. Ахметова В. М. Новые эффективные химические деструкторы для ликвидации полимерного загрязнения (блокад) пласта при первичном вскрытии и капитальном ремонте скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2011. № 6. С. 35–37.
4. Глинка Н. Л. Общая химия: учебное пособие М. : КНОРУС, 2012. 752 с.
5. Королев В. Н., Лун-Фу А. В. Теория горения и взрыва. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2010. 124 с.
6. Королев В. Н., Толмачев Е. М.

Техническая термодинамика: учебное пособие. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2001. 180 с.

7. Померанцев В. В. [и др.] Основы практической теории горения: учебное пособие для вузов. Под ред. В. В. Померанцева. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Энергоатомиздат: Ленинградское отделение Академии наук СССР, 1986. 312 с.

8. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва. М. : Пожнаука, 2007. 266 с.

9. Дубнов Л. В., Бахареви́ч Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества. М. : Недра, 1988. 358 с.

10. Разыграев А. В. Гомоцистеин Пероксидазная активность плазмы крови крыс. Схемиометрия и ферментативный характер реакции (рус.) Биомедицинская химия. 2013. Т. 59. Вып. 6. С. 636–643.

11. Крысин Н. И., Крапивина Т. Н. Повышение скоростей бурения и дебитов нефтегазовых скважин. Разработка и совершенствование составов буровых растворов, технологий и технических средств первичного и вторичного вскрытия продуктивных пластов: Монография. М. : Инфа-Инженерия, 2018. 340 с.

12. Карпов К. А. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для СПО. Санкт-Петербург : Лань, 2025. 188 с.

13. Юшин Е. С. Оборудование и технологии текущего и капитального ремонта нефтяных и

газовых скважин: теория и расчет. Москва – Вологда : Инфа-Инженерия, 2022. 380 с.

14. Попов А. Н. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Москва – Вологда : Инфа-Инженерия, 2023. 228 с.

15. Хакимьянов М. И. Управление электроприводами скважинных насосных установок: монография. М. : Инфра-Инженерия, 2017. 138 с.

16. Каменских С. В. Предупреждение и ликвидация осложнений и аварий при бурении и креплении нефтяных и газовых скважин. Москва – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. 272 с.

17. Карнаухов М. Л., Пьянкова Е. М. Современные методы гидродинамических исследований скважин: Справочник инженера по исследованию скважин. М. : Инфа-Инженерия, 2010. 423 с.

18. Brown K. E. The technology of artificial lift methods. Volume 1. Inflow performance. Multiphase flow in pipes. The flowing well. Pennwell Books, 1977. 487 p.

19. Economides M. J., Ehlig-Economides C., Hill A. D. Petroleum production systems. Prentice-Hall Inc., 1993. 609 p.

20. Somerville J., Todd A. Reservoir engineering // Department of petroleum engineering. 2001. 778 p.

21. Крафт Б. С., Хокинс М. Ф. Прикладной курс технологии добычи нефти. Москва, 1963. 457 с.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Басарнов Артем Игоревич, научный сотрудник лаборатории безопасности взрывных работ, АО «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли», г. Кемерово, ул. Институтская, зд. 3, помещ. 1, SPIN-код: 2698-6100, AuthorID: 1125353, e-mail: art-855860@mail.ru

Тимошенко Андрей Иванович, инженер-исследователь лаборатории безопасности взрывных работ, АО «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли», г. Кемерово, ул. Институтская, зд. 3, помещ. 1, e-mail: Timoshnkodvo@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Басарнов Артем Игоревич – внес существенный вклад в написание статьи: сбор и анализ информации, интерпретация результатов эксперимента, составление литературного обзора, написание текста статьи, составление графиков, таблиц, работа с фотоматериалами, окончательное утверждение версии для публикации.

Тимошенко Андрей Иванович – сбор и обработка материала, интерпретация результатов эксперимента, написание текста статьи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DETERMINATION OF THE EXPLOSION HAZARD OF A MIXTURE OF HYDROPERITE SOLUTION IN A NITROGEN ENVIRONMENT

Artem I. Basarnov,
Andrey I. Timoshenko

JSC «VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety in the Mining Industry»

* for correspondence: art-855860@mail.ru



Article info

Received:

31 March 2025

Accepted for publication:

22 September 2025

Accepted:

30 September 2025

Published:

23 October 2025

Keywords: hydroperite, gorenje, detonation, fuel and lubricants, experimental studies, gaseous products.

Abstract.

The article provides information about an accident (uncontrolled explosion) that occurred during repair work on an oil well while pumping a hydroperite solution, and describes one of the possible causes of this accident with a brief theoretical justification for its occurrence. In order to confirm or exclude the considered cause of an uncontrolled explosion at an oil well, a test procedure has been developed and described in this article to determine the explosion hazard of mixtures of hydroperite solutions with concentrations of 2 % and 4 % with various fuels and lubricants at pressures of 1, 50, 100 and 150 atmospheres. According to the tests carried out using this technique, it is simulated that a hydroperite solution of concentrations of 2% and 4% is in contact with petroleum products in the pipe space of an oil well, under various injection modes of the solution. The object of the tests was mixtures consisting of a hydroperite solution with concentrations of 2 % and 4 % and various fuels and lubricants (oil samples from the field, Shell oil, MG-15V oil, Armatek grease), as well as products of their interaction and mutual oxidation. The article describes the equipment that was manufactured specifically for these tests, provides a general diagram of this experimental equipment, indicating the main components of the principle of operation of the recording sensors and the procedure for performing work on the tests. The used measuring instruments (SI) for recording and processing data received from recording sensors, the results of processing and the analysis of the data obtained are indicated. The results of the tests were summarized and summarized in the table given in this article.

For citation: Basarnov A.I., Timoshenko A.I. Determination of the explosion hazard of a mixture of hydroperite solution in a nitrogen environment. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 5(171):137-146. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-5-137-146, EDN: ITPBOS

REFERENCES

1. Krylov V.I., Krecul V.V., Gimazetdinov V.M. Osnovnye faktory, vliyayushchie na zagryaznenie produktivnykh plastov, i razrabotka rekomendatsiy po povysheniyu produktivnosti skvazhin. *Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i more*. 2015; 12:31–36.
2. Mihajlov D.N., Ryzhikov N.I., Shako V.V. Kompleksnyj eksperimental'nyj podhod k opredeleniyu parametrov proniknoveniya i zahvata komponentov burovogo rastvora i soputstvuyushchego izmeneniya pronicaemosti porody kollektora. *Trudy Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta nefti i gaza im. I. M. Gubkina*. 2013; 4(273):65–78.
3. Ahmetova V.M. Novye effektivnye himicheskie destruktory dlya likvidacii polimernogo zagryazneniya (blokad) plasta pri pervichnom vskrytii i kapital'nom remonte skvazhin. *Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more*. 2011; 6:35–37.
4. Glinka N.L. Obshchaya himiya: uchebnoe posobie. M.: KNORUS; 2012. 752 s.
5. Korolev V.N., Lun-Fu A.V. Teoriya goreniya i vzryva. Ekaterinburg: UGTU-UPI; 2010. 124 s.
6. Korolev V.N., Tolmachev E.M. Tekhnicheskaya termodinamika: uchebnoe posobie. Ekaterinburg: UGTU-UPI; 2001. 180 s.
7. Pomerancev V.V. [i dr.] Osnovy prakticheskoy teorii goreniya: uchebnoe posobie dlya vuzov. Pod red. V. Pomeranceva. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Energoatomizdat: Leningradskoe otdelenie Akademii nauk SSSR; 1986. 312 s.
8. Korol'chenko A.Ya. Processy goreniya i vzryva. M.: Pozhnauka; 2007. 266 s.

9. Dubnov L.V., Baharevich N.S., Romanov A.I. Promyshlennyye vzryvchatyye veshchestva. M.: Nedra; 1988. 358 s.
10. Razygraev A.V. Gomocistein Peroksidaznaya aktivnost' plazmy krovi krys. Stekhiometriya i fermentativnyy harakter reakcii (rus.) *Biomeditsinskaya himiya*. 2013; (6):636–643.
11. Krysin N.I., Krapivina T.N. Povyshenie skorostej bureniya i debitov neftegazovykh skvazhin. Razrabotka i sovershenstvovanie sostavov burovyykh rastvorov, tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv pervichnogo i vtorychnogo vskrytiya produktivnykh plastov: Monografiya. M.: Infa-Inzheneriya; 2018. 340 s.
12. Karpov K.A. Tekhnologiya bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin: uchebnoe posobie dlya SPO. Sankt-Peterburg: Lan'; 2025. 188 s.
13. Yushin E.S. Oborudovanie i tekhnologii tekushchego i kapital'nogo remonta neftyanykh i gazovykh skvazhin: teoriya i raschet. Moskva – Vologda: Infa-Inzheneriya; 2022. 380 s.
14. Popov A.N. Tekhnologiya bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin. Moskva – Vologda: Infa-Inzheneriya; 2023. 228 s.
15. Hakim'yanov M.I. Upravlenie elektroprivodami skvazhinnykh nasosnykh ustanovok: monografiya. M.: Infa-Inzheneriya; 2017. 138 s.
16. Kamenskiy S.V. Preduprezhdenie i likvidatsiya oslozhneniy i avariyn pri burenii i kreplenii neftyanykh i gazovykh skvazhin. Moskva – Vologda: Infa-Inzheneriya; 2024. 272 s.
17. Karnauhov M.L., Pyankova E.M. Sovremennyye metody gidrodinamicheskikh issledovaniy skvazhin: Spravochnik inzhenera po issledovaniyu skvazhin. M.: Infa-Inzheneriya; 2010. 423 s.
18. Brown K.E. The technology of artificial lift methods. Volume 1. Inflow performance. Multiphase flow in pipes. The flowing well. Pennwell Books, 1977. 487 p.
19. Economides M.J., Ehlig-Economides C., Hill A.D. Petroleum production systems. Prentice-Hall Inc, 1993. 609 p.
20. Somerville J., Todd A. Reservoir engineering. *Department of petroleum engineering*. 2001. 778 p.
21. Kraft B.S., Hokins M.F. Prikladnoy kurs tekhnologii dobychi nefti. M., 1963. 457 s.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Artem I. Basarnov, Researcher at the Laboratory of Safety of Blasting operations, JSC «Scientific Center of VostNII for Industrial and Environmental Safety in the mining industry», Kemerovo, Institutskaya str., building 3, room 1, SPIN-код: 2698-6100, AuthorID: 1125353, e-mail: art-855860@mail.ru

Andrey I. Timoshenko, research engineer at the Laboratory of safety of explosive works, JSC «Scientific Center of VostNII for Industrial and Environmental Safety in the mining industry», Kemerovo, Institutskaya str., building 3, room 1, e-mail: Timoshnkodvo@gmail.com

Contribution of the authors:

Artem I. Basarnov – made a significant contribution to the writing of the article: collecting and analyzing information, interpreting the results of the experiment, compiling a literary review, writing the text of the article, drawing up graphs, tables, working with photographic materials, final approval of the version for publication.

Andrey I. Timoshenko – collection and processing of material, interpretation of experimental results, writing the text of the article.

All authors have read and approved the final manuscript.

