

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Васильчук Олександр Сергійович

УДК 622:662.221.4

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ
ПІД ДІЄЮ ВПЛИВУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ЧИННИКІВ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Автореферат
магістерської дисертації
на здобуття наукового ступеня магістра

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України на кафедрі геоінженерії.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент,
Вапнічна Вікторія Вікторівна,
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»,
доцент кафедри геоінженерії.

Рецензент:

кандидат технічних наук,
Виноградова Олена Петрівна,
Національна Академія наук України
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.
Бакуля, науковий співробітник.

Захист відбудеться «23» травня 2018 р. о 14 годині на засіданні ДЕК кафедри геоінженерії в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 511.

Автореферат виставлено на сайті «20» квітня 2018 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В Україні економічна ситуація значною мірою залежить від гірничо-металургійного комплексу, тому стало актуальним впровадження безпечних та ефективних вибухових речовин для видобутку корисних копалин шляхом відмови від тротилу та застосування гранульованих ВР, а саме аміачної селітри (АС). Основною перевагою вибухових речовин (ВР) на основі АС є їх дешевизна, також, вони не містять індивідуальних ВР і характеризуються високою енергією вибуху. До гранульованої аміачної селітри сільськогосподарського призначення додають 4-6 % рідкого палива (дизельне паливо, олива індустріальна), після перемішування деяка, невелика частина палива залишається на поверхні гранул і фактично не всмоктується. Така суміш отримала назву – ігданіти. Вони виготовляються на місці проведення вибухових робіт в гірничій справі як для відкритих, так для підземних робіт.

Основним недоліком ігданітів є поступове стікання з поверхні гранул рідкого палива. Через 1-2 години після змішування дизельного палива і аміачної селітри, вміст рідкого компонента знижується на 30 – 70 %, оскільки паливо стікає в нижню частину свердловини (шпура), що може призвести до зниження ефективності вибуху або до повної відсутності детонації.

Таким чином, вирішення питання збільшення утримуючої здатності аміачної селітри відносно рідкого компонента є **актуальною проблемою**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі геоінженерії ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року N 3268-VI), а також плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ ДР 0115U005398) в якій автор брав участь.

Мета роботи полягає у встановленні впливу фізико-механічних чинників на властивості вибухової речовини АС/ДП.

Відповідно до поставленої мети сформульовано наступні **задачі дослідження**:

- виконати аналіз існуючих вибухових речовин на основі аміачної селітри;
- дослідити вплив ультразвукової обробки на утримуючу здатність аміачної селітри з дизельним паливом;
- дослідити зовнішню та внутрішню структури гранул аміачної селітри;
- визначити пористість аміачної селітри після ультразвукової обробки.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси отримання стійкої вибухової речовини.

Предмет дослідження – вплив ультразвукової обробки на властивості вибухової речовини на основі АС/ДП.

Методи дослідження. Аналіз – полягає в узагальненні досягнень теорії і практики відносно вибухових речовин на основі аміачної селітри; експеримент – визначення пористості та утримуючої здатності аміачної селітри з паливним компонентом під впливом ультразвуку; порівняння; спостереження, що включає оптичну та електронну мікроскопію.

Наукова новизна отриманих результатів, представлена у наукових положеннях, в яких:

1) встановлено зміни структури гранул АС оброблених ультразвуком в порівнянні з необробленими гранулами. Гранули, які оброблені УЗ хвилями (без дизельного палива) мають гладку поверхню, це обумовлене тим, що за рахунок тертя між гранулами селітри відбувається відділення часток від гранул, які слабо з'єднані з гранулою.

2) вперше встановили залежність утримуючої здатності аміачної селітри після ультразвукової обробки і визначили, що для щільної аміачної селітри після 2, 4, 6 хвилин обробки ультразвуком утримуюча здатність

збільшиться на 28,8 %, 83,1 %, 62 % відповідно, а для пористої аміачної селітри – 22,62 %, 45,5 %, 34,6 %.

3) встановили залежність зміни пористості аміачної селітри від ультразвукового впливу, де відкрита пористість без ультразвукової обробки для щільної селітри більша на 4,3 % і для пористої селітри більша на 6 %.

Практичне значення. Дана вибухова речовина, після обробки ультразвуком, буде мати рівномірне розподілення рідкої фази по всьому заряду, а відповідно і стабільні вибухові характеристики, тому може бути використана в гірничій промисловості.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві:

[1] – алгоритм визначення пористості аміачної селітри, обробка результатів;
[2] – визначення експериментальним шляхом впливу ультразвукових хвиль на пористість аміачної селітри; [3] – визначення впливу ультразвукового опромінення на утримуючу здатність АС, обробка результатів дослідження.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати досліджень доповідалися, обговорювалися: на студентській науково-практичній конференції зі спеціальності 184 Гірництво, номінації «Шахтне і підземне будівництво» (м. Кривий Ріг, 21-23 березня 2018 р.); на всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, 18-19 квітня 2018 року); на X міжнародній науково-технічній конференції інституту енергозбереження та енергоменеджменту «Енергетика. Екологія. Людина». Секція «Перспективи розвитку гірничої справи та підземного будівництва» (м. Київ, 26-27 квітня 2018 року); на всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції, присвяченій Дню науки. Секція 7 «Розробка родовищ корисних копалин. Маркшейдерське забезпечення геотехнологій» (м. Житомир, 17 травня 2018 року).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 3 наукові праці, включаючи 1 у фаховому виданні і 2 збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 76 сторінок з 18 рисунками, 8 таблицями, списком літературних джерел з 49 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** виконано обґрунтування актуальності обраної теми, розкрито стан наукової проблеми та її значення, показано зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і задачі досліджень, визначена наукова новизна, викладено дані щодо апробації та публікацій результатів досліджень.

У **першому** розділі проведено аналіз стану питання, щодо вдосконалення утримуючої здатності ігданітів та вибухових речовин на основі аміачної селітри та дизельного палива. В роботах Єфремова Е.І., Вахотін А.О., Блізнюков В.Г., Вілкул Ю.Г., Ігнат'єва С.Ю., Купрін В.П. було встановлено, що головною проблемою ігданітів є стікання дизельного палива в нижні шари свердловини та мала утримуюча здатність аміачної селітри. Автори пропонують вводити в склад ігданітів домішки алюмінієвої стружки, сушити селітру перед змішуванням, змішувати аміачну селітру з дизельним паливом під тиском 0,5 мПа та ін.

Фізико-хімічні, термічні та вибухові властивості аміачної селітри було розглянуто в роботах авторів: Чернишев А.К., Колганов Е.В., Олевський В.М., Дубнов Л.В., Михайлов Ю.М.

Проаналізовано наявність вибухових речовин, їхні властивості, переваги та недоліки на основі аміачної селітри. Було розглянуто роботи авторів: Буллер М.Ф., Коваленка І.Л., Кук М.А., Крисіна Р.С., Дубнова Л.В., Ковтуна Ю.В., Кравця В.Г., Туручка І.І., Фролова О.О. Основними

перевагами таких вибухових речовин є їхня дешевизна, доступність, безпечність при перевезенні та зберіганні. Недоліком амонітів є від'ємний кисневий баланс, різна чутливість складових тротилу та аміачної селітри, існує небезпека розкладання та нещасних випадків в результаті несанкціонованого вибуху.

Тому останнім часом знайшли місце в вибуховій справі прості вибухові речовини місцевого приготування типу ігданіт до складу якого входить аміачна селітра та дизельне паливо. Недоліком даної суміші є стікання рідкого компонента в нижні шари заряду при застосуванні гранульованої аміачної селітри марки Б, яка має малу утримуючу здатність. Розв'язання даної проблеми і є основною задачею даної роботи.

У **другому** розділі розглянуто основні методи дослідження пористості аміачної селітри, утримуючої здатності відносно дизельного палива та методика дослідження впливу ультразвукової обробки на утримуючу здатність та пористість аміачної селітри.

Дослідження пористості аміачної селітри здійснювали згідно з ГОСТ 33832. Дану методику для визначення пористості, застосовують для аміачної селітри і добрив на її основі, для прилірованих і гранульованих добрив, які не вміщують речовин, розчинних в оліві.

Спочатку виконано сушку дослідних зразків. Проби масою 70 г, поміщали в конічні колби об'ємом 250 см³ і закривали герметичною пробкою, щоб уникнути утворення конденсату, після чого розміщували їх в сушильну шафу (рис. 1).



Рис. 1. Зразки аміачної селітри, які розміщені в сушильній шафі

Далі проби аміачної селітри змішували з оливою індустріальною (рис.2), після чого фільтрували на ситі надлишкову оливу (рис. 3), а потім катали гранули на фільтраційному папері (рис. 4) і зважували.



Рис. 2. Проби аміачної селітри, змішаної з індустріальною оливою



Рис. 3. Фільтрація оливи через сито



Рис. 4. Проба аміачної селітри після процедури катання на фільтраційному папері

Для кожного із проведених дослідів розраховуємо за формулою відкриту пористість X , %,

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_1}, \quad (1)$$

де m_2 – маса випробуваної проби після просіювання, яка дорівнює 50 г; m_1 – маса проби після оброки, г.

Середнє арифметичне значення двох паралельних визначень:

$$X_{cp} = \frac{X_1 + X_2}{2}. \quad (2)$$

Закрита пористість:

$$m_{закр} = m_{повна} - X_{cp}, \quad (3)$$

де $m_{повна}$ – повна пористість, %, X_{cp} – відкрита пористість, %.

Визначення утримуючої здатності відносно дизельного палива проводили за найбільш поширеною в країні методикою визначення залишку рідкого пального (зокрема, ДП) в суміші з АС під дією сил тяжіння – статичний метод.

Проби АС масою 100 г засипалися в склянку місткістю 600 см³. Наважку ДП масою 20 г наливали в хімічний стакан і переносили в склянку з аміачною селітрою так, щоб рідина рівномірно змочила всі гранули, аміачну селітру і дизельне паливо ретельно перемішували, щоб всі гранули були змочені. Просочення гранул тривало протягом 20 хв, після чого суміш розміщували на сито і не вбране в гранул дизельне паливо вільно стікало з сита протягом 1 доби.

Ультразвукову обробку аміачної селітри з дизельним паливом виконували в ванній заповненій водою (рис. 5)



Рис. 5 Розміщена проба АС/ДП на діафрагмі з заповненою водою

Джерелом ультразвукових хвиль є ультразвуковий генератор УЗГ5-1,6/22 (рис. 6) з такими параметрами (таб. 1):

Таблиця 1 – Режим роботи УЗГ5-1,6/22

Назва	Величина
Напруга живлячої мережі, В	220/380
Число фаз	3 з нулем
Частота живлячої мережі, Гц	50
Максимальна потужність, споживана від мережі, кВА	4
Потужність вихідна номінальна, кВт	1,6
Робоча частота, кГц	22±1,65
Струм підмагнічування, А	10
Вага, кг	235



Рис. 6 Ультразвуковий генератор УЗГ5-1,6/22

Від ультразвукового генератора УЗГ до обмотки перетворювача підводиться дві напруги: постійна і змінна. Під дією постійної напруги через обмотки 8-ми пакетів протікає постійний струм поляризації. Перемінна напруга створює струм збудження. В двигуні, таким чином, створюються поздовжні механічні коливання. Ці коливання передаються на діафрагму (на якій розміщена суміш АС/ДП) і далі на воду, яку наливають таким чином, щоб рівень води був рівний суміші АС/ДП в склянці (рис. 5). Кавітація, яка утворює умови для переходу суміші у високодисперсний стан з утворенням однорідної і хімічно чистої суміші. В процесі обробки, при виборі оптимального значення інтенсивності ультразвуку варто мати на увазі, що при занадто малій інтенсивності кавітаційні процеси не розвиваються, а надмірне підвищення інтенсивності для даної частоти приводить до значного зростання розтягу максимального радіуса кавітаційної площини, що приводить до послаблення кавітаційних процесів. Поріг кавітації залежить від фізико-хімічних властивостей рідини і особливо від частоти ультразвуку.

Акустична кавітація є ефективним засобом перетворення енергії звукової хвилі низької щільності в енергію високої щільності, пов'язану з пульсаціями і утворенням кавітаційних бульбашок. У фазі розрідження акустичної хвилі в рідині утворюється розрив у вигляді порожнини, яка заповнюється насиченою парою цієї рідини. У фазі стиснення під дією

підвищеного тиску і сил поверхневого натягу порожнина зачиняється. Через стіни порожнини в неї проникає розчинений у рідині газ, який потім піддається сильному адіабатичному стисненню.

Після чого за формулами (4-5) було визначено утримуючу здатність аміачної селітри:

- середню масу аміачної селітри з утриманим дизельним паливом визначаємо за формулою:

$$m_{\text{сер}} = \frac{m_1 + m_2}{2}, \quad (4)$$

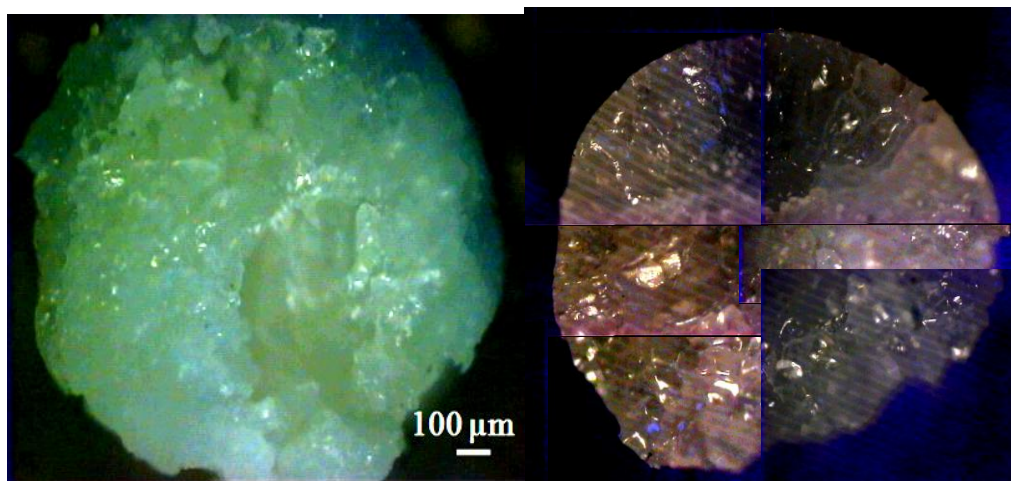
де m_1, m_2 – маса двох зразків аміачної селітри з утриманим дизельним паливом, г;

- утримуючу здатність аміачної селітри відносно дизельного палива розраховуємо за формулою:

$$X = \frac{m_{\text{сер}} - m}{m_{\text{сер}}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де $m_{\text{сер}}$ – середня маса утриманого дизельного палива з аміачною селітрою, г;
 m – маса проби аміачної селітри, г.

У третьому розділі наведено основні результати дослідження. Було досліджено внутрішню та зовнішню структури гранул аміачної селітри до та після ультразвукової обробки (рис. 6-7).



а

б

Рис. 6. Зображення сколу гранул аміачної селітри (а) та сколу півсфери гранули аміачної селітри з дизельним паливом після ультразвукової обробки (б)

Поверхня гранул є щільною та блискучою. Екваторіальний скол гранули показує, що в ній наявний канал. Поверхня гранул має тріщинуватий характер.

Наведено основні результати досліджень (табл. 2) пористості аміачної селітри до та після ультразвукової обробки.

Таблиця 2 – Результати досліджень пористості до та після ультразвукової обробки

АС	Повна пористість, %	Відкрита пористість, %	Закрита пористість, %
Гранульована (щільна) АС	51	7,575	43,425
Пориста АС	50,5	7,14	43,36
Гранульована (щільна) АС після ультразвукової обробки	51	7,26	43,74
Пориста АС після ультразвукової обробки	50	6,73	43,27

Було встановлено залежність часу обробки ультразвуком на утримуючу здатність щільної та пористої аміачної селітри відносно дизельного палива. Результати наведені на рис. 8-9.



Рис. 8 Залежність утримуючої здатності від часу обробки УЗ щільної аміачної селітри

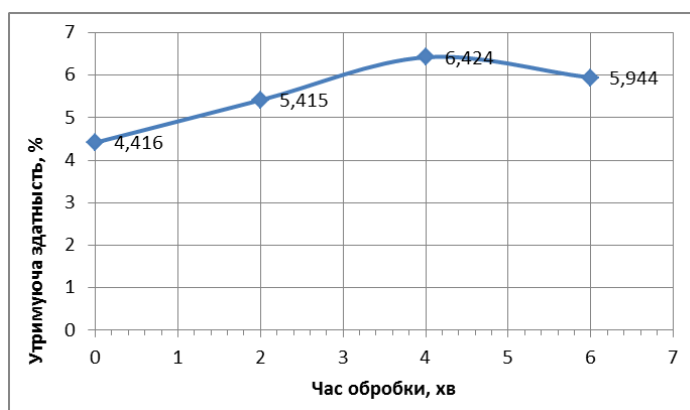


Рис. 9 Залежність утримуючої здатності від часу обробки УЗ пористої аміачної селітри

У **четвертому** розділі наведено правила поводження з аміачною селітрою, ігданітом та ультразвуковим генератором.

Висновки

1. Гранули, які оброблені УЗ хвилями (без дизельного палива) (рис. 6) на поверхні гладенькі, це обумовлене тим, що за рахунок тертя між гранулами селітри відбувається відділення часток від гранул, які слабо з'єднані з гранулою.

2. Показники відкритої пористості для зразків аміачної селітри не обробленої ультразвуком (без дизельного палива) для щільної селітри більші на 4,3 % і для пористої селітри більші на 6 %, ніж для селітри обробленої ультразвуком. Вплив ультразвукових хвиль на оброблювану аміачну селітру супроводжується наступними ефектами: інтенсифікуються процеси переносу ваги, підвищується температура оброблюваного матеріалу, відбувається розподіл тиску і щільності за обсягом пресування стає більш рівномірним через зниження пристінного тертя, а за рахунок тертя між гранулами селітри відбувається руйнування гранул, але досягається більш щільна упаковка і, відповідно, більш висока щільність аміачної селітри.

3. Після ультразвукової обробки значення утримуючої здатності для щільної АС після 2 хвилин обробки становить 3,66 % (збільшилася на 28,8 % в порівнянні з початковою) та після 6 хвилин обробки становить – 4,6 % (збільшилася на 62 % в порівнянні з початковою), що також не задовольняє фізичну стабільність даної простої вибухової речовини АС/ДП. Найбільш оптимальними значеннями утримуючої здатності для щільної АС після 4 хвилин обробки, що становить 5,2% (збільшилася на 83,1 %). Для пористої АС утримуюча здатність після обробки її протягом 2, 4, 6 хвилин становить відповідно: 5,415 %, 6,424 %, 5,944 % (утримуюча здатність збільшилася на 22,62 %, 45,5 %, 34,6 % відповідно)

4. Найбільше значення утримуючої здатності досягається після 4 хвилин обробки ультразвуком.

Основні положення і результати магістерської дисертації опубліковані у роботах:

1. Васильчук О.С. Визначення пористості аміачної селітри // О.С. Васильчук, В.В. Вапнічна, А.Л. Ган / Тези всеукраїнської науково-практичної Інтернет конференції, присвяченої Дню науки. – Ж. – 2018. – С. 16.

2. Васильчук О.С. Вплив ультразвукових хвиль на пористість аміачної селіти // О.С. Васильчук, В.В. Вапнічна / Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». – Ж. – 2018. – С. 18-20.

3. Васильчук О.С. Дослідження впливу ультразвукового опромінення на утримуючу здатність дизельного палива відносно аміачної селітри // О.С. Васильчук, В.В. Вапнічна, А.Л. Ган / ВІСНИК Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – № 1 (82). – 2018. – С. 181–188.

Анотація

Васильчук О.С. Удосконалення властивостей вибухової речовини під дією впливу фізико-механічних чинників. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 – Гірництво – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

Дисертація присвячена покращенню утримуючої здатності аміачної селітри відносно рідкого палива, яка забезпечує стабільне підривання.

Було проведено аналіз існуючих вибухових речовин та їх властивості на основі аміачної селітри. Було досліджено основні хімічні, термічні та вибухові властивості нітрату амонію.

Було досліджено вплив ультразвуку на пористість аміачної селітри і встановлено, що внаслідок тертя гранул між собою, а також руйнування, пористість гранул зменшується.

Експериментально встановлено залежність зміни утримуючої здатності аміачної селітри від часу обробки і визначено, що після обробки утримуюча здатність збільшується. Це зумовлено тим, що частина гранул руйнується і збільшується активна площа, яка утримує дизельне паливо.

Новизна полягає в тому, що вперше було досліджено і встановлено найбільш оптимальний час обробки ультразвуком внаслідок якого утримуюча здатність матиме максимальні показники. Дану вибухову речовину можна використовувати на місці приготування.

Ключові слова: аміачна селітра, дизельне паливо, ультразвук, ігданіт, вибухова речовина.

ABSTRACT

Vasylchuk O.S. Improvement of explosive properties under the influence of physical and mechanical factors. - The manuscript.

Thesis for a Master's Degree in specialty 184 - Mining. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to improvement of the retaining capacity of ammonium nitrate relative to liquid fuel, which ensures stable blasting.

An analysis of existing explosives and their properties on the basis of ammonium nitrate was carried out. The main chemical, thermal and explosive properties of ammonium nitrate were investigated.

The influence of ultrasound treatment on the porosity of ammonium nitrate has been investigated and it has been established that due to the friction of the granules among themselves, as well as the destruction, the porosity of the granules decreases.

The dependence of the change in the holding capacity of ammonium nitrate on the time of treatment has been experimentally determined and it is determined

that after processing the retaining ability increases. This is due to the fact that part of the granules collapses and increases the active area that holds diesel fuel.

The novelty lies in the fact that for the first time the most optimal time of ultrasound processing was investigated and established, as a result of which the retaining ability will have maximum values. This explosive can be used at the place of cooking.

Key words: ammonium nitrate, diesel fuel, ultrasound, igdanite, explosive substance.

Аннотация

Васильчук А.С. Совершенствование свойств взрывчатого вещества под действием влияния физико-механических факторов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 184 – Горное дело. - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2018.

Диссертация посвящена улучшению удерживающей способности аммиачной селитры относительно жидкого топлива, которая обеспечивает стабильное взрывания.

Был проведен анализ существующих взрывчатых веществ и их свойства на основе аммиачной селитры. Были исследованы основные химические, термические и взрывные свойства нитрата аммония.

Было исследовано влияние обработки ультразвуком на пористость аммиачной селитры и установлено, что вследствие трения гранул между собой, а также разрушения, пористость гранул уменьшается.

Экспериментально установлена зависимость изменения удерживающей способности аммиачной селитры от времени обработки и определено, что после обработки удерживающая способность увеличивается. Это обусловлено тем, что часть гранул разрушается и увеличивается активная площадь, которая удерживает дизельное топливо.

Новизна заключается в том, что впервые было исследовано и установлено наиболее оптимальное время обработки ультразвуком в результате которого удерживающая способность имеет максимальные показатели. Данное взрывчатое вещество можно использовать на месте приготовления.

Ключевые слова: аммиачная селитра, дизельное топливо, ультразвук, игданит, взрывчатое вещество.

Васильчук Олександр Сергійович

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ
ПІД ДІЄЮ ВПЛИВУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ЧИННИКІВ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Автореферат