

УДК 622.244.4.06

**А. І. Вдовиченко**, акад. АТН України<sup>1</sup>; **І. І. Мартиненко**, чл-кор. АТН України<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ВГНТО «Спілка буровиків України», м. Київ

<sup>2</sup>Держгеонадра України, м. Київ

## **ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ АЛМАЗНОМУ БУРІННІ ЕМУЛЬСІЙ ТА МАСТИЛ**

*Наведені результати лабораторних і експериментальних досліджень та виробничих випробувань використаннях мастил та емульсійних промивальних рідин при алмазному бурінні. Встановлені оптимальні концентрації емульсолу, які забезпечують стійкість необхідної товщини мастильної плівки на бурильних трубах з мінімальним коефіцієнтом тертя та ефективною роботою алмазного інструмента.*

**Ключові слова:** емульсол, мастила, коефіцієнт тертя, алмазне буріння.

Зростаючі екологічні вимоги, а також дефіцит і висока вартість мастил та змащувальних добавок до промивальних рідин спонукають до пошуків оптимальних технологічних засобів алмазного буріння, які забезпечують високу його ефективність при мінімальних витратах.

Практичний досвід показує, що найвищі показники алмазного буріння досягаються при використанні емульсійних промивальних рідин із високим вмістом поверхнево-активних змащувальних добавок. Проте в умовах поглинання промивальної рідини це загрожує забрудненням водоносних горизонтів та призводить до значних матеріальних перевитрат. Тому останнім часом при бурінні в складних геолого-технічних умовах використовують консистентні мастила, які порівняно із емульсійними рідинами мають суттєві недоліки.

По-перше, це відсутність змащування внутрішньої поверхні колонкової труби, що призводить до збільшення підclinювання керну, а відповідно і зменшення його виходу, а також скорочення проходки за рейс та підвищення зносу алмазної коронки.

По-друге, це відсутність впливу поверхнево-активних змащувальних добавок на ефективність роботи та підвищення стійкості алмазної коронки, що суттєво зменшує швидкість буріння та збільшує витрати алмазів.

Тому в умовах поглинання промивальної рідини виникає необхідність комплексного використання мастила та змащувальних добавок, що забезпечує економічну ефективність алмазного буріння.

Для виявлення закономірностей впливу мастила та поверхнево-активних змащувальних добавок, їх процентного співвідношення на коефіцієнт тертя, були проведені відповідні лабораторні і експериментальні дослідження.

В якості матеріалу для досліджень використовувалось мастило АНВІС та концентрат змащувальної добавки до промивальних рідин БУРВАЛ, розроблених УкрНДІНП «МАСМА» [1; 2].

Визначення коефіцієнту тертя здійснювалось за допомогою механічного індикатора тертя МІТ-1, конструкції ДГП «Південукргеологія».

Для визначення оптимальної товщини мастильних плівки на бурильних трубах були проведені дослідження впливу на коефіцієнт тертя її товщини в парах: сталь-сталь, сталь-граніт, сталь-кварцит.

Відповідно до умов триботехніки [3] мінімальна товщина змащувальної плівки на поверхні тертя повинна не менше п'яти разів перевищувати розмір нерівностей поверхні. Для бурильних труб величина нерівностей дорівнює 20–80 мкм. Виходчи з цього товщина

плівки повинна знаходитись у межах 100–400 мкм. Товщина плівки розраховувалась відповідно до маси нанесеного мастила. Досліди проводились при товщині плівки 20, 70, 100, 140, 250 і 500 мкм.

Результати досліджень (рис.1) показують, що товщина плівки по різному впливає на коефіцієнт тертя. Так в парі сталь по сталі мінімальні значення коефіцієнту тертя 0,24 отримані при товщині плівки 150 мкм. Збільшення товщини понад 200 мкм підвищує цей коефіцієнт до 0,31. Найбільший вплив мастила на коефіцієнт тертя відбувається в парі сталь–граніт де мінімальне значення коефіцієнту тертя 0,16 спостерігається уже при товщині 100 мкм. Збільшення товщини понад 200 мкм підвищує коефіцієнт тертя до 0,21. В парі сталь–кварцит вплив мастила мінімальний. При товщині плівки 100 мкм спостерігається мінімальне значення коефіцієнту тертя до 0,29, а збільшення товщини понад 150 мкм підвищує його до 0,37. У всіх випадках збільшення товщини мастила до 500 мкм залишає коефіцієнт тертя на одному рівні.

Таким чином, на підставі результатів досліджень, встановлена оптимальна товщина плівки мастила 100–150 мкм.

При добавленні води коефіцієнт тертя зменшується (табл.1). Найбільше зменшення відбувається в парі сталь–кварцит, найменше – в парі сталь–граніт.

Таблиця 1. Вплив води на коефіцієнт тертя при товщині плівки мастила 150 мкм

Тип промивальної рідини	Коефіцієнт тертя в парах:		
	сталь–сталь	сталь–граніт	сталь–кварцит
Без води	0,27	0,16	0,29
З водою	0,16	0,16	0,21

Для встановлення впливу комплексного використання мастила та емульсолу на коефіцієнт тертя були проведені дослідження з нанесенням мастила АНВІС товщиною плівки 150 мкм та добавкою до води емульсолу Бурвал 1С концентрацією від 0,5 до 5,0%.

Результати досліджень (рис. 2) показують, що незначні добавки емульсолу Бурвал1С підвищують коефіцієнт тертя, що свідчить про змив мастила поверхнево-активними речовинами. При цьому найбільша інтенсивність змиву відбувається в парі сталь–граніт, найменша – в парі сталь–кварцит. Рецептuru емульсолу Бурвал 1С не є оптимальною для комплексного використання із мастилом типу АНВІС.

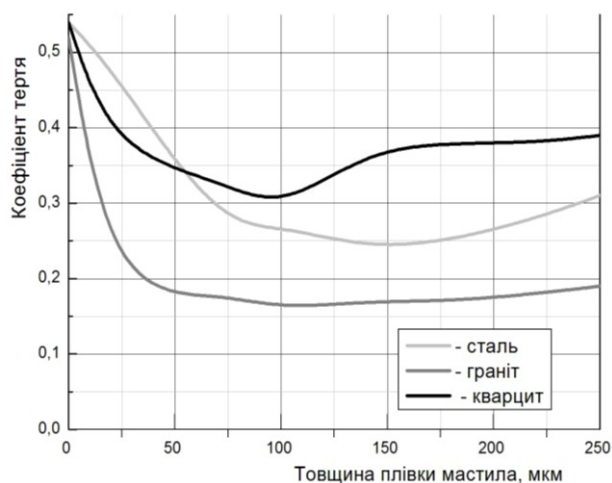


Рис.1. Залежність коефіцієнту тертя від товщини плівки мастила АНВІС

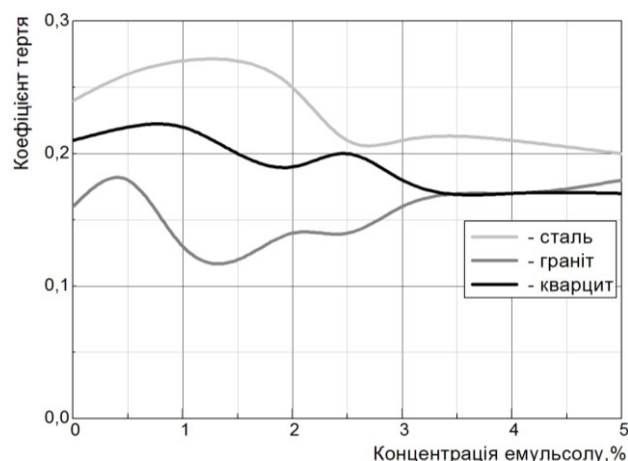


Рис.2. Залежність коефіцієнту тертя від концентрації емульсолу Бурвал 1С при товщині мастила АНВІС 150 мкм

Для удосконалення рецептури були проведені дослідження впливу вмісту складових емульсолу на коефіцієнт тертя. Порівнювались наступні рецептури емульсолів:

Бурвал 1С на основі натрієвого мила рапсового масла із синтетичними жирними кислотами (СЖК) фракції С7–С9 (5,0%) з добавками індустріального масла (10%);

Бурвал 2С такого ж складу але на основі калієвого мила;

Бурвал 3С на основі калієвого мила із СЖК С10 – С16 (10%) та індустріального масла (10%);

Бурвал 4С на основі калієвого мила із збільшеним вмістом масла індустріального та зниженими миючими властивостями;

ОСГ – омилена суміш гудронів 20%;

ЕН-4 – емульсол нафтохімічний на основі кубових залишків від дистиляції тваринних і рослинних жирів (40%), масло індустріальне (40%), допоміжна речовина ОП-10 (20%).

Таблиця 2. Результати досліджень впливу рецептури емульсії на коефіцієнт тертя

Промивальна рідина та добавки	Коефіцієнт тертя в парах сталі по:				
	сталі	граніту	габро	гнейсу	кварциту
Вода без добавок	0,48	0,48	0,48	0,52	0,49
Вода з добавкою емульсолу (1%):					
Бурвал 1С	0,31	0,12	0,19	0,30	0,26
Бурвал 2С	0,29	0,17	0,18	0,24	0,22
Бурвал 3С	0,24	0,12	0,17	0,20	0,17
Бурвал 4С	0,16	0,09	0,12	0,16	0,14
ОСГ	0,29	0,16	0,19	0,21	0,21
ЕН-4	0,26	0,13	0,19	0,21	0,20

Результати досліджень, наведені в табл.2 показують, що найкращі показники зниження коефіцієнту тертя отримані при використанні добавок емульсолу Бурвал 4С на основі калієвого мила з добавками СЖК10–СЖК16 та пониженими миючими властивостями.

Дослідженнями були встановлені також мінімальні добавки емульсолу, які суттєво впливають на зменшення коефіцієнту тертя. Оптимальні концентрації Бурвалу 4С більше ніж у двічі нижчі (0,15–0,3%) порівняно із Бурвалом 3С (0,4–0,8%) в умовах тертя пари сталі по граніту (рис. 3).

На підставі проведених лабораторних досліджень була встановлена оптимальна рецептура емульсолу Бурвал 4С, яка забезпечує при концентрації сумісне його використання із мастилом АНВІС.

Експериментальні дослідження проводились на буровій установці УКБ-4П, укомплектованій контрольно-вимірювальними приладами: ваттметр-самописець Н-395; витратомір промивальної рідини ВПР; вимірювач тиску МІД-1; обмежувач моменту ОМ-40.

Буріння здійснювалось в інтервалі 140–160 м алмазними коронками діаметром 59 мм в габро-анортизитових породах ІХ категорії по буримості середньої тріщинуватості з частковим поглинанням промивальної рідини.

На очищену бурильну колонну наносилось мастило АНВІС товщиною плівки 100–150 мкм. Вимірювались витрати потужності під час холостого обертання бурильного валу на різних швидкостях при глибині вибою 142 м. Результати вимірювань наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Витрати потужності при холостому обертанні бурильного валу

Швидкість обертання, об/хв	390	435	640	710	1100	1600
Потужність, квт	1,2	2,5	3,6	4,8	7,2	16,8

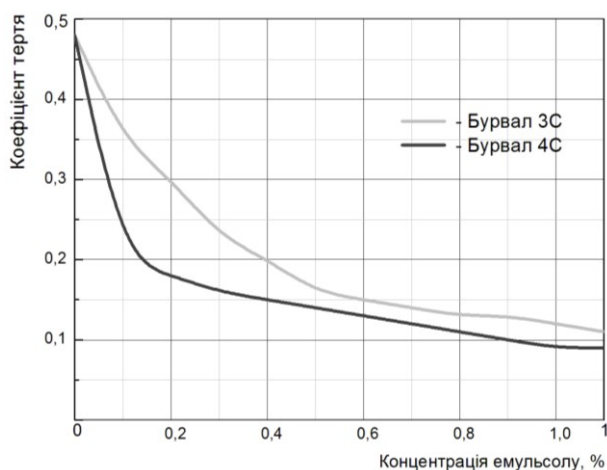


Рис. 3. Залежність коефіцієнту тертя сталі по граніту від концентрації емульсолу в промивальній рідині

Витримувався наступний режим буріння: швидкість обертання – 710 об/хв; навантаження на коронку 1200–1800 кгс; подача промивальної рідини – 20 л/хв.

Перший рейс було пробурено з використанням мастила і чистої води у якості промивальної рідини, а другий – у комплексі з використанням мастила та емульсійної промивальної рідини (ЕПР) на основі емульсії Бурвал 4С концентрацією 0,5%. Результати випробувань (табл. 4) показують, що комплексне використання мастила та ЕПР в незначних концентраціях емульсолу дозволяє збільшити механічну швидкість буріння в 1,6 раза, а питомі витрати електроенергії на 1 м буріння зменшити майже удвічі. При цьому

відзначається підвищення середньої потужності буріння з емульсолем внаслідок збільшення кількості енергії на руйнування породи при підвищенні механічної швидкості буріння.

Таблиця 4. Результати експериментального випробування комплексного використання мастила та ЕПР

Вид промивальної рідини	Пробурено, м	Середня механічна швидкість буріння, м/год	Середня потужність на буріння, КВт	Питомі витрати електроенергії, квт-год/м
Вода	8,75	1,77	9,0	4,6
ЕПР	7,45	2,83	9,3	2,4

Виробничі випробування здійснювались в гірничо-геологічних умовах північно-західної частини Українського щита в породах типу габро-анортозитів, гранітів та мігматитів ІХ–Х категорії з буримості, середньо та сильно тріщинуватих з частковим та повним поглинанням промивальної рідини. В якості мастила використовувався АНВІС, а ЕПР – на базі Бурвалу 4С (0,25–0,50%). За базу порівняння взяті обсяги буріння в аналогічних умовах з використанням мастила КАВС-45 з промивкою водою без емульсії.

Комплексне використання емульсій з мастилом в умовах буріння з поглинанням промивальної рідини дозволяє збільшити середню механічну швидкість буріння на 27%, середню проходку на коронку на 20%, а витрати мастила зменшити майже в 10 разів (табл. 5). Враховуючи, що вартість емульсолу вдвічі нижче за мастило, в цілому зменшуються витрати по змашувальним матеріалам.

Таблиця 5. Результати виробничих випробувань сумісного використання мастила і ЕПЖ

Вид промивальної рідини	Пробурено, м	Середня механічна швидкість буріння, м/год	Середня проходка на коронку, м	Питомі витрати на 1 м буріння, кг	
				мастила	емульсолу
Вода	282	1,5	17,6	1,06	–
ЕПЖ	317	1,9	21,1	0,11	1,4

## Висновки

1. Лабораторними дослідженнями доведено:

– оптимальна товщина шару мастила на поверхні бурильних труб перебуває в межах 100–150 мкм. Нанесення більшої товщини шару не знижує коефіцієнта тертя, а лише призводить до перевитрат мастила та виникнення сальників і ускладнення у свердловині;

– найбільше зниження коефіцієнту тертя досягається при використанні емульсій типу Бурвал 4С на основі калієвих мил рапсового масла із синтетичними жирними кислотами фракції С10–С16 (до 10%) і мінерального масла (до 10%);

– оптимальні концентрації емульсолу типу Бурвал 4С у промивальній рідині перебуває в межах 0,5–1,0%. При комплексному використанні з мастилом оптимальна концентрація зменшується до 0,25–0,50%.

2. Експериментальними дослідженнями доведено:

комплексне використання мастила АНВІС з емульсійною промивальною рідиною на базі емульсолу Бурвал 4С дозволяє збільшити механічну швидкість буріння в 1,7 рази, зменшити витрати електроенергії в 1,7 рази, а мастила у 2 рази; емульсії – в 4 рази.

3. Виробничі випробуваннями показали:

комплексне використання мастила АНВІС із ЕПР на основі Бурвалу 4С (0,25–0,50%) при бурінні габроїдних та гранітних порід в умовах поглинання промивальної рідини дозволяє підвищити механічну швидкість буріння на 27%, стійкість алмазних коронок на 20% та суттєво зменшити питомі витрати мастила та емульсолу.

*Приведены результаты лабораторных и экспериментальных исследований и производственных испытаний использования смазок и эмульсионных промывочных жидкостей при алмазном бурении. Установлены оптимальные концентрации эмульсола, которые обеспечивают стойкость необходимой толщины смазочной пленки на бурильных трубах с минимальным коэффициентом трения и эффективной работой алмазного инструмента.*

**Ключевые слова:** *емульсол, смазка, коэффициент трения, алмазное бурение.*

*The results of laboratory and experimental studies and industrial tests of the compatible use of luboils and emulsive washings liquids are at the diamond boring. The optimum concentrations of emulsol are set, which provides firmness of necessary thickness of lubricating tape on borings pipes with minimum coefficient of friction and by effective work of diamond instrument.*

**Key words:** *emulsol, luboil, coefficient frictions, diamond boring*

## Литература

1. Мартиненко І. І., Процишин В. Т., Вдовиченко А. І. Нова змащувальна добавка до промивальних рідин для буріння геологорозвідувальних свердловин // Мінеральні ресурси України. – 1997. – №3. – С. 40–41.
2. Вдовиченко А. І., Мартиненко І. І. Перспективи використання змащувальних добавок при бурінні та обробці порід алмазним інструментом // Породоруйнівний та металообробний інструмент – техніка та технологія його виготовлення та використання: Зб. тез доп. – К.: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2000. – Вип. 3. – С. 19–21.
3. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. – В 3 т., Т.1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

*Поступила 09.07.13*