

622.243.57  
M88

Векерман

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

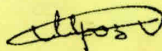
МРОЗЕК Роман Євгенійович

УДК 622.243

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ВІДБОРУ КЕРНА В ПОХИЛО СПРЯМОВАНИХ  
ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИНАХ

05.15.10 – Буріння свердловин

АВТОРЕФЕРАТ  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук



Івано-Франківськ -2004

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
Дата 07.06.09
Реєстр. № 46-27-166

*Дисертацією є рукопис*

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук,  
**Кунцяк Ярослав Васильович**,  
ЗАТ „НДІ КБ Бурового інструменту”  
генеральний директор

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Ясов Віталій Георгійович**,  
Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу,  
професор кафедри буріння  
нафтових і газових свердловин

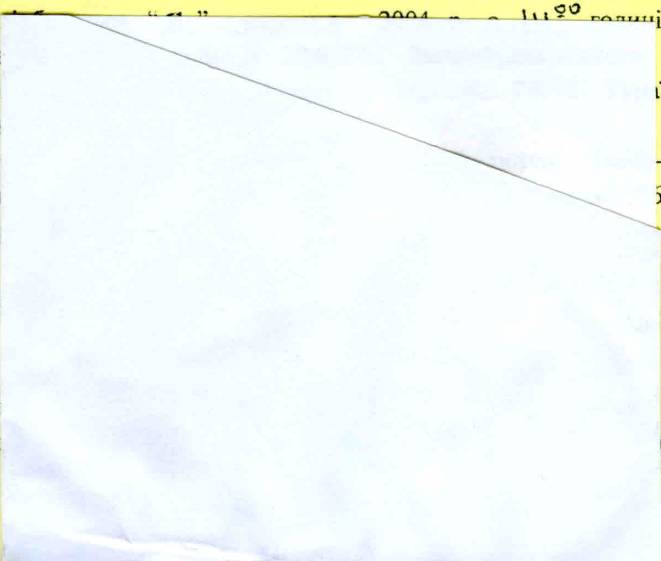


кандидат технічних наук, доцент  
**Фриз Іван Михайлович**,  
ТОВ „Бурова техніка”  
технічний директор

**Провідна установа:**

„Український науково-дослідний інститут природних газів” ДП „Наука нафтогаз”  
НАК „Нафтогаз України” (м. Харків).

Захист спеціалізованої технічної дисертації на засіданні спеціалізованої технічної комісії національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ



З дисертації вченою комісією ухвалено рішення про зарахування дисертанта до спеціалізованого навчального закладу

Автореферат вчений секретар спеціалізованої технічної комісії

2004 р. 11.00 годичі на засіданні національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ  
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, 5019, Україна,

асюк І.М.



ап759

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У відповідності з комплексною національною програмою “Нафта і газ України до 2010 року” у 2003 році досягнуто стабілізації рівня видобутку нафти і газу та передбачається поступове його збільшення. Вирішення цієї проблеми не можливе без збільшення обсягу бурових робіт, в тому числі буріння пошукових і розвідувальних свердловин. Однією з найважливіших проблем буріння при розвідці і експлуатації нафтових родовищ є високоякісний відбір керна в складних геологічних умовах. Крім того, одним із резервів стабілізації рівня видобування нафти і газу є відновлення старого і бездіючого фонду шляхом буріння похило спрямованих та горизонтальних свердловин. Це вимагає удосконалення технологічних заходів та розробки технічних засобів по відборі керна в свердловинах з великими зенітними кутами. Особливо це стосується родовищ, продуктивні горизонти яких складені слабозцементованими вапняками, піщано-глинистими відкладами, а також пухкими і слабозцементованими пісковиками.

Удосконаленню технології та технічних засобів відбору керна в складних геолого-технічних умовах присвячені розробки багатьох вітчизняних та зарубіжних дослідників: Алексеева Ю.А., Барабашкіна І.І., Барановського Є.М., Боднарука Т.М., Берштейна О.Ю., Булнасва І.Б., Гаврилова Я.С., Гельфгат М.Я., Дороднова І.П., Дубленича Ю.В., Князева І.К., Кунцяка Я.В., Мандруса В.І., Марухняка М.Й., Мессера О.Г., Нікітіна С.В., Нинарокова А.М., Панова Б.Д., Сианка-Ібара Л., Стефурака Р.І., Сулакшина С.С., Філіпова В.М., Едельмана Я.А., Ясова В.Г. та ін.

Незважаючи на те, що питанню підвищення ефективності відбору керна присвячено багато теоретичних робіт і експериментальних досліджень, накопичено великий промисловий досвід, в даний час відсутній науково обґрунтований і перевірений в промислових умовах комплекс керновідбірної техніки і технології для ефективного відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах. Тому проблема розробки технологічних заходів і технічних засобів для відбору керна є актуальною і потребує подальшого розвитку.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконана у відповідності з програмами науково-дослідних робіт за договорами по удосконаленню процесу відбору керна на нафтових і газових родовищах: № 5.23/96-97 з Державним Комітетом нафтової і газової промисловості України, № 01.98.А-9.1-79/98, № А-7.1-169-00 з Державним комітетом Республіки Татарстан по геології і використанню надр, № А1. 4/01 та №А6.1.-170./01 з Міністерством екології та природних ресурсів Республіки Татарстан, № 78/2000 з ЗАТ “Калининградская ГНДЭ”, № 08/2001 з ЗАТ “Сибирская сервисная компания”, №12/2000 з ЗАТ “Томскбурнефтегаз”, №80/2000 та № 7/2001 з ЗАТ “Нефтепром-

бурсервис”, № 43.2000 та №97.2000 з “Чернігівнафтогаз”, № 131/2000/2481 з “Охтирканафтогаз”, №57/2001 з “Каштан Петролеум ЛТД”.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності відбору керна в похило спрямованих і горизонтальних свердловинах шляхом удосконалення техніко-технологічного комплексу відбору керна.

Основні задачі дослідження:

1. Аналіз особливостей відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах.

2. Удосконалення технології відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах, в тому числі технології відбору орієнтованого керна.

3. Удосконалення методики розрахунку стабілізуючих компоновок для відбору керна в свердловинах з великими зенітними кутами.

4. Розробка ефективних технічних засобів для відбору керна в похило спрямованих і горизонтальних свердловинах, в тому числі малого діаметра.

5. Промислова перевірка ефективності розроблених технологічних заходів та технічних засобів відбору керна.

*Об’єкт дослідження.* 1. Керновий матеріал в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах, його властивості. 2. Технологічні заходи та технічні засоби для відбору керна.

*Предмет дослідження.* Чинники, що впливають на винос керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах в процесі його формування та підйому.

*Методи дослідження.* 1. Лабораторні експерименти з визначення параметрів технічних засобів для відбору керна в свердловинах з великими зенітними кутами. 2. Промислові дослідження по визначенню оптимальних технологічних регламентів при відборі керна. 3. Аналітична оцінка параметрів КНБК на траєкторію горизонтальних свердловин.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Розроблено нову методику та програмне забезпечення, що дозволяють розрахувати спеціальні компоновки з метою стабілізації та корегування зенітного кута при відборі керна в свердловинах з великими зенітними кутами. Визначена залежність місця розташування ковзаючого центратора на корпусі керноприймального пристрою у залежності від основних техніко-технологічних чинників проводки свердловин (кута нахилу, співвідношення між габаритними розмірами керноприймального пристрою, бурильної головки, ковзаючого центратора та вибійного двигуна, навантаження при бурінні з відбором керна).

### **Практичне значення одержаних результатів.**

1. Вперше удосконалено технічні засоби та технологію процесу буріння з відбором керна в горизонтальних та похило спрямованих свердловинах, що забезпечують високий винос керна.

2. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблені технологічні рекомендації по відборі керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах.

3. Удосконалено конструкційні елементи керноприймальних пристроїв (керновідривачів, кулькових підвісок) із врахуванням умов роботи в свердловинах з великими зенітними кутами, що забезпечують їх надійність та довговічність в роботі.

4. Розроблено техніко-технологічний комплекс, що дозволяє з високою ефективністю проводити відбір орієнтованого керна в свердловинах з великими кутами, у тому числі малого діаметра.

5. Вперше в світовій практиці проведено суцільний відбір 100,0 м керна в горизонтальній ділянці свердловини № 1073 г Чегодаївська.

6. Проведене промислове впровадження техніко-технологічного комплексу при відборі керна в семи свердловинах у різноманітних геолого-технічних умовах підтвердило високу ефективність та скоротило загальний час будівництва свердловин. При загальному об'ємі буріння 282,9 м винос керна склав 98,8 %.

**Особистий внесок здобувача.** Проведені дослідження і аналіз впливу основних факторів, що впливають на ефективність відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах. Експериментально встановлено вплив окремих конструкційних елементів керноприймальних пристроїв на ефективність відбору керна. [2] Приведені роботи виконані здобувачем особисто.

У співпраці з іншими науковими дослідниками розроблено технічні засоби та їх конструкційні елементи для відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах у співтворстві [1-4,7], де особистий внесок здобувача складає 60 %; розроблено математичну модель та програмне забезпечення для розрахунку стабілізуючих та корегуючих компоновок [5] у співтворстві, де особистий внесок здобувача складає 50 %. Удосконалений спосіб відбору орієнтованого керна [6,11], де особистий внесок здобувача складає 60 %. Проведено промислове впровадження розробленого техніко-технологічного комплексу [8-10, 12], де особистий внесок здобувача складає 50 %.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-технічному семінарі “Проблеми горизонтального буріння”- м. Іжевськ (Росія) 1998 р., семінарі технологів бурових підприємств “Держкомнафтогазпрому” та АТ “Метса Спешелти Кемкалз”- м. Аанекоскі (Фінляндія) 1996 р., міжнародній науково-технічній конференції

„Геопетрол”- м. Краків (Польща) 2002 р., технічних радах ВАТ „Татнафта” - м. Альметьєвськ (Росія) та Охтирського НГВУ 1997-2003 рр., засіданні секції буріння УНГА - м. Київ 2002р., міжнародній технічній конференції “10-ти річчя НДІКБ БГ”- м. Київ 2003р.

У повному об’ємі результати досліджень доповідались на науково-технічних радах ВАТ „УкрНГП” по проблемах інтенсифікації видобутку шляхом зарізки бокових стволів свердловин, м. Київ 2002-2003 рр., засіданнях кафедри буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу в 2001-2004 рр.

**Публікації.** За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 12 наукових праць, в тому числі 1 самостійна та 2 авторських свідоцтва.

**Структура дисертаційної роботи.** Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, висновків і додатків. Загальний об’єм роботи 127 сторінок і включає 37 рисунків, 16 таблиць, список літератури із 105 найменувань та 7 додатків.

Автор щиро вдячний науковому керівникові к.т.н. Кунцяку Я.В. та всьому колективу ЗАТ «Науково дослідне та конструкторське бюро бурового інструменту» за постійну увагу і допомогу при роботі над дисертацією.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, яка досліджена автором, і дана її загальна характеристика.

**Перший розділ** присвячено аналізу сучасного стану техніки та технології відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах. Аналіз геолого-технічних умов відбору керна існуючими технічними засобами з використанням традиційної технології на прикладі родовищ республіки Татарстан та північно-західної частини ДДз свідчать про різноманітність та неоднорідність літологічного середовища, що значно ускладнює процес відбору керна. В першу чергу це стосується продуктивних горизонтів, у складі яких наявні піщано-глинисті слабцементовані і пухкі відклади. Існує цілий комплекс факторів, що впливають на ефективність відбору керна. Детальна та найгрунтовніша класифікація таких факторів приведена Я.А. Едельманом, де вони виділені в дві групи: постійні у певному інтервалі (геологічні) та підвладні удосконаленню (технічні, технологічні та організаційні). Однак вивченню особливостей цих факторів при відборі керна в свердловинах з великими зенітними кутами до теперішнього часу не було приділено значної уваги.

Аналіз існуючих технічних засобів, що використовуються в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах показав, що їх конструкції не в повній мірі враховують особливості відбору керна в таких умовах. Це підтверджується результатами відбору керна в трьох геологічних регіонах: Дніпровсько-Донецькій

западині, республіці Татарстан та Забайкаллі. В залежності від типу колектора в свердловинах з zenітними кутами  $15^{\circ}$ ... $30^{\circ}$  винос керна коливався в межах 75-50%, при zenітних кутах  $30^{\circ}$ ... $60^{\circ}$  - склав 50-30%, в горизонтальних свердловинах винос керна знижувався до 13%. Зроблено висновок про залежність виносу керна від кута свердловини, причому така залежність особливо чітко спостерігається в породах III-IV категорій по складності відбору.

Проаналізовані відомості про способи відбору орієнтованого керна. Одні з них (приладні) через складність механізмів та ненадійність їх роботи не в повній мірі задовільняють вимогам, що ставляться до них. Інші (безприладні) не забезпечують надійної орієнтації і проведення таких технологічних операцій та нерідко призводять до зменшення виносу керна.

Проведений аналіз теоретичних, експериментальних і промислових робіт, присвячених техніці та технології відбору керна, став основою для формування мети та задач дослідження.

**Другий розділ** присвячений удосконаленню режимно-технологічних параметрів відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах. Необхідно відзначити, що вихідною умовою для проведення цих досліджень є те, що в ВАТ „Укрнафта” та АТ „Татнафта” буріння з відбором керна в свердловинах з великими zenітними кутами проводиться з використанням вибійних двигунів.

Розроблений експрес-метод вибору оптимального навантаження при бурінні з відбором керна в горизонтальних та похило спрямованих свердловинах для будь-яких геолого-технічних умов. Така методика складається з наступних етапів:

1. Вибір бурильної головки оптимального типорозміру, розрахунок керноприймального пристрою такої габаритної довжини і діаметра, що забезпечує вільне проходження в інтервалах набору кривизни разом з вибійним двигуном.

2. Проведення першого довбання при постійній частоті обертання та кількості промивальної рідини. Починають буріння з навантаження 10 кН, поступово збільшуючи його на одну і ту ж величину (від 5 до 10 кН). Визначаючи механічну швидкість буріння при збільшенні навантаження, будують графік цієї залежності. Збільшення навантаження проводиться до тих пір, поки будуть відмічені постійні зупинки вибійного двигуна.

3. Визначення зони найвищої швидкості та межі оптимального навантаження на побудованому графіку залежності механічної швидкості буріння з відбором керна від навантаження.

4. Подальший відбір керна до повного запланованого об'єму проводиться при визначеному навантаженні. У випадку зміни однієї з геолого-технічних умов (типу гірської породи, типорозміру вибійного двигуна, керноприймального пристрою або бурильної головки) рекомендується повторити операції описані в п. 2).

З використанням цього методу були проведені промислові дослідження в ряді свердловин, як малого, так і великого діаметрів. Для конкретних геолого-технічних умов оптимальним буде навантаження 70-90 кН при бурінні свердловин нормального діаметра та 30-40 кН для свердловин малого діаметра. При навантаженні менше цієї величини проходить падіння механічної швидкості буріння. При перевищенні - проходить падіння механічної швидкості до нуля, що свідчить про зупинку вибієного двигуна. Для його запуску необхідно зняти навантаження з бурильної головки, що приводить до відриву керна від вибою.

Проведений комплекс промислових досліджень по визначенню залежності виносу керна від кількості промивальної рідини при визначених граничних умовах. З однієї сторони ця величина обмежена мінімальною продуктивністю насосів, при якій забезпечується безперебійна робота вибієного гвинтового двигуна, а з другої - максимальною продуктивністю, яку можуть створити насоси.

Експериментальні дослідження проводилися у двох регіонах: в північно-західній частині Дніпровсько-Донецької западини та нафтогазовому регіоні Республіки Татарстан. Так, у свердловині №155 Качанівського родовища відбір керна проводився в слабозцементованих, пухких пісковиках. Для конкретних геолого-технічних умов визначено, що при продуктивності насосів 0,006-0,007 м<sup>3</sup>/с. винос керна склав 95-100%. При збільшенні продуктивності до 0,009-0,010 м<sup>3</sup>/с. відбувалось часткове розмивання новоутвореного зразка керна потоком промивальної рідини. Це призвело до того, що винос керна в цих двох дованнях склав 80 і 75%. Коли подача промивальної рідини збільшувалася до 0,011-0,012 м<sup>3</sup>/с., розмивання гірської породи було настільки значним, що винос керна склав 50-60%.

При відборі керна в свердловині № 38238<sup>а</sup> Куакбашського родовища в міцних, каверзованих, тріщинуватих вапняках незалежно від підвищення кількості промивальної рідини, що подається на вибій, винос керна не змінився.

За результатами досліджень встановлено, що при відборі керна в пухких і слабозцементованих породах необхідно зменшувати продуктивність насосів до мінімальної, яка тільки дозволяє проводити процес буріння з використанням гвинтових вибієних двигунів. У щільних, зцементованих породах можливе підвищення кількості подачі промивальної рідини, яке не впливає на винос керна.

Наступним етапом роботи стала розробка компоновки, що дозволяє стабілізувати та корегувати зенітний кут свердловини. З цією метою в КНБК включають центруючі елементи, котрі встановлюють на корпусі керноприймального пристрою.

Розглянемо випадок, коли колона лягає на стінку свердловини гвинтовим вибієним двигуном (рис.1 а).





Рис. 1. Розрахункова схема.

Диференціальні рівняння пружної лінії колони на I, II, III ділянках мають вид:

$$EI_1 \frac{d^2 y_1}{dx_1^2} = -Py_1 - Qx_1 - \frac{1}{2} q_1 x_1^2; \quad (1)$$

$$EI_1 \frac{d^2 y_2}{dx_2^2} = -Py_2 - Q(l_1 + x_2) + R_1 x_2 - \frac{1}{2} q_1 (l_1 + x_2)^2; \quad (2)$$

$$EI_2 \frac{d^2 y_3}{dx_3^2} = -Py_3 - Q(l_1 + l_2 + x_3) - q_1 (l_1 + l_2) \left( \frac{l_1 + l_2}{2} + x_3 \right) + R_1 (l_2 + x_3) - \frac{1}{2} q_2 x_3^2. \quad (3)$$

Розв'язки цих рівнянь:

$$y_1 = A_1 \sin k_1 x_1 + A_2 \cos k_1 x_1 - \frac{Qx_1}{P} - \frac{q_1 x_1^2}{2P} + \frac{q_1}{k_1^2 P}; \quad (4)$$

$$y_2 = C_1 \sin k_1 x_2 + C_2 \cos k_1 x_2 - \frac{q_1 x_2^2}{2P} + \frac{1}{P} (R_1 - q_1 l_1 - Q) x_2 - \frac{Ql_1}{P} - \frac{q_1 l_1^2}{2P} + \frac{q_1}{k_1^2 P}; \quad (5)$$

$$y_3 = B_1 \sin k_2 x_3 + B_2 \cos k_2 x_3 - \frac{q_2 x_3^2}{2P} + \frac{R_1 - Q - q_1(l_1 + l_2)}{P} x_3 - \frac{Q(l_1 + l_2)}{P} + \frac{R_1 l_2}{P} - \frac{q_1(l_1 + l_2)^2}{2P} + \frac{q_2}{k_2^2 P} \quad (6)$$

де  $EI_1$ ,  $EI_2$  – відповідно жорсткість керноприймального пристрою і гвинтового вибійного двигуна;  $q_1$ ,  $q_2$  – поперечні складові від ваги одиниці довжини керноприймального пристрою і гвинтового вибійного двигуна;  $P$  – осьове навантаження на бурильну головку;  $Q$  – поперечна реакція вибою;  $R_1$ ,  $R_2$  – реакції стінки свердловини в точці контакту центратора і гвинтового вибійного двигуна;  $l_1$  – відстань від долота до центратора;  $l_2$  – відстань від центратора до гвинтового вибійного двигуна;  $l_3$  – відстань від початку гвинтового вибійного двигуна до точки його дотику із стінкою свердловини.

$$k_1 = \sqrt{\frac{P}{EI_1}}; \quad k_2 = \sqrt{\frac{P}{EI_2}}. \quad (7)$$

Довільні сталі, довжина  $l_3$  і реакції  $Q$ ,  $R_1$ , визначаються з граничних умов.

Граничні умови на кінцях і в точках спряження ділянок мають вигляд:

$$y_1 \Big|_{x_1=0} = 0; \quad \frac{d^2 y_1}{dx_1^2} \Big|_{x_1=0} = 0; \quad (8)$$

$$y_1 \Big|_{x_1=l_1} = -r_1; \quad y_2 \Big|_{x_2=0} = -r_1; \quad (9)$$

$$\frac{dy_1}{dx_1} \Big|_{x_1=l_1} = \frac{dy_2}{dx_2} \Big|_{x_2=0} = 0; \quad (10)$$

$$y_2 \Big|_{x_2=l_2} = y_3 \Big|_{x_3=0} = 0; \quad \frac{dy_2}{dx_2} \Big|_{x_2=l_2} = \frac{dy_3}{dx_3} \Big|_{x_3=0}; \quad (11)$$

$$\frac{dy_3}{dx_3} \Big|_{x_3=l_3} = 0; \quad \frac{d^2 y_3}{dx_3^2} \Big|_{x_3=l_3} = 0; \quad (12)$$

$$y_3 \Big|_{x_3=l_3} = -r_2, \quad (13)$$

де  $r_1$  – радіальний зазор між центратором і стінкою свердловини;  $r_2$  – радіальний зазор між гвинтовим вибійним двигуном і стінкою свердловини.

Провівши відповідні підстановки, одержимо алгебраїчну систему рівнянь по визначенню довільних сталих  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ , невідомих реакцій  $Q$ ,  $R_1$  і довжини  $l_3$ . Одержана система є нелінійною системою 9-го порядку. Аналогічні системи розглядалися Султановим Б.З., Ішемгужиным Н.Х., де для їх розв'язку складалась окрема програма, яка є складною і настільки громіздкою, що не була приведена в монографії. На відміну від цього, запропоновано, попередньо задавшись величиною  $l_3$ , розв'язати алгебраїчну лінійну систему 8-го порядку за методом Гауса. На базі розробленої схеми створена комп'ютерна програма, за допомогою якої система розв'язується за дуже короткий час.

Для випадку, коли компоновка торкається свердловини в точці В і лягає на стінку свердловини вже бурильними трубами, розташованими за гвинтовим вибійним двигуном, розрахункова схема показана на рис. 1 б і має 4 ділянки.

На основі розроблених залежностей побудовані номограми для типових техніко-технологічних умов відбору керна ВАТ „Укрнафта” та АТ „Татнафта”, що дають можливість у польових умовах визначити параметри КНБК, в залежності від технічного завдання (рис 2.)

Q, кН

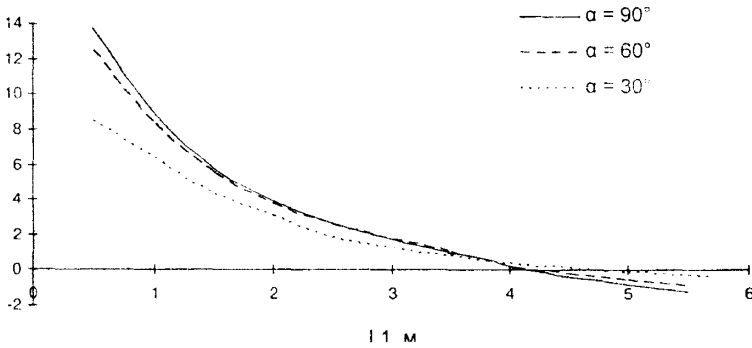


Рис. 2. Залежність поперечної реакції вибою від місця установки центратора.

**Третій розділ** присвячений удосконаленню технічних засобів для відбору керна та їх конструкційних елементів.

При розробці та удосконаленні загальної схеми керноприймального пристрою для відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах, перш за все, необхідно було вирішити задачу надійного центрування керноприймальної труби, зменшення загальної довжини пристрою, надійності керновідриву та відбору орієнтованого керна.

Оскільки основними конструкційними елементами, які впливають на ефективність та довговічність роботи керноприймального пристрою, є керновідривач та кулькова підвіска, було проведено ряд експериментальних досліджень, спрямованих на їх удосконалення.

З метою підбору методу наплавки важільків керновідривача були проведені їх стендові випробування, що імітують роботу в абразивних породах. В результаті випробувань важільків на стенді встановлено матеріал їх виготовлення. Для визначення матеріалу виготовлення пружин та їх конструкцій були проведені експериментальні дослідження та зроблені розрахунки.

На основі проведених стендових випробувань та розрахунків була визначена конструкція керновідривача, що включає матеріал виготовлення важільків та пружин, спосіб наплавки важільків та конструкцію пружинок.

Розроблені нові конструкції керновідривачів:

1. Для роботи у в'язких піщано-глинистих породах, що дозволяє за рахунок додаткових схем промивки виключити залипання важільків та проводити ефективний процес відбору керна.

2. Керновідривача без обойми (захищений авторським свідоцтвом), що дозволяє за рахунок конструктивних удосконалень зміцнити важільки та проводити відбір керна в породах з високою міцністю на зріз.

З метою підвищення довговічності роботи кулькової підвіски була розроблена удосконалена конструкція кулькової підвіски з двома стандартними радіально-опорними підшипниками. Вона включає виконаний разом з муфтою вал, де встановлюється внутрішнє кільце підшипників, які притискаються через шайбу гайкою. Запобігас самовільному відкручуванню гайки стопорний гвинт. Підшипниковий вузол герметизується чотирма O-подібними ущільнюючими кільцями. Виконання валу разом з муфтою дозволило виключити з конструкції пристрою перехідник з кулькової підвіски на керноприймальну трубу та збільшити довжину керноприйому.

Із врахуванням характеру навантаження підшипників при роботі в горизонтальних свердловинах розроблено нову конструкцію кулькової підвіски, де в якості опори використані стандартні кулькові підшипники, що розташовані в отворі регульовального гвинта. Вал разом з внутрішньою поверхнею гвинта утворюють підшипники ковзання. Підвіска поєднує в собі два вузли – підвіску та регульовальний гвинт, що значно зменшує її габаритні розміри. Крім того, був проведений комплекс досліджень, спрямованих на подовження терміну дії кулькового підшипника.

В результаті промислових та експериментальних досліджень створено керноприймальні пристрої ПКГ 172/100 різної довжини від 2,0 м до 6,0 м. Це дає можливість проводити відбір керна в свердловинах з різними інтенсивностями набору кривизни.

Крім того, розроблені керноприймальні пристрої ПКГ 172/100 мають різні конструкції. Одні (з біметалічною керноприймальною трубою) дозволяють відбирати орієнтований kern. Інші (з ковзаючим центратором на корпусі) дають можливість керувати траєкторією свердловини. Для попередження руйнування кернового матеріалу в процесі надходження його в керноприймальну трубу передбачена наявність центруючих пристроїв. Останні дозволяють відцентрувати керноприймальну трубу в середині корпусу, а також забезпечити її нерухомість.

З поширенням практики відновлення бездіючого фонду шляхом забурювання похилих та горизонтальних стволів малого діаметра постала проблема відбору зерна в свердловинах малого діаметра. Для її вирішення були розроблені керноприймальні пристрої ПКГ 127/67 та ПКГ 106/52.

Однією з задач роботи було створення керноприймального пристрою з максимальною довжиною керноприйому. Для кількісної оцінки такої величини скористаємося коефіцієнтом корисної довжини, що розраховується як відношення корисної довжини керноприйому до габаритних розмірів пристрою.

$$K_{\text{кл}} = L_{\text{т}} / L_{\text{кл}}, \quad (14)$$

де  $K_{\text{кл}}$  – коефіцієнт корисної довжини;

$L_{\text{т}}$  – габаритна довжина керноприймального пристрою, м;

$L_{\text{кл}}$  – максимально можлива величина проходки за одне довбання, м.

Проведемо розрахунок  $K_{\text{кл}}$  для керноприймальних пристроїв „Недра” та ПКГ – 172/100-4. Припустимо, що за умови вільного проходження в інтервалах набору кривизни, стандартну габаритну довжину пристрою „Недра” ( $L_{\text{т}}$ ) скоротили до 6,0 м. У цьому випадку  $L_{\text{кл}}$  буде складати 4,0 м. Для керноприймального пристрою ПКГ 172/100-4 ці величини відповідно будуть складати  $L_{\text{т}} = 6,0$  м, а  $L_{\text{кл}} = 5,0$  м.

Отже,  $K_{\text{кл}}$  для керноприймальних пристроїв „Недра” та ПКГ 172/100 буде відповідно складати 0,66 та 0,83. Тобто, при запланованому об’ємі відбору зерна 20,0 м при використанні ПКГ 172/100-4 необхідно зробити чотири довбання, а при використанні серійної техніки – п’ять.

**Четвертий розділ** присвячений удосконаленню технології відбору зерна. Запропоновано удосконалений спосіб відбору орієнтованого зерна, що реалізується за допомогою спеціальних технічних засобів та технології. У конструкцію керноприймального пристрою включається керноприймальна труба, що складається з двох напівтрубок, одна з яких має більшу масу і за рахунок гравітаційних зусиль при відборі зерна в горизонтальних свердловинах займає строго орієнтоване положення відносно апсидальної площини. При відборі зерна протягом 10-15 хвилин проводиться буріння без подачі навантаження на бурильну головку і на відміну від існуючих способів подальше буріння проводиться без відриву КНБК від вибою. За цей час керноутворюючі зубці бурильної головки утворюють на керні концентричну канавку. Завдяки дії гравітаційних сил, які намагаються вивести компоновку з горизонтального положення, канавка буде мати різну глибину по зовнішній поверхні взірця зерна. Після нанесення мітки продовжується відбір зерна. Операція по нанесенню мітки на керн проводиться з визначеною періодичністю, в залежності від розбурюваної породи.

Запропонований спосіб використовувався в горизонтальних свердловинах ВАТ „Укрнафта” та АТ „Татнафта”. В свердловинах №1073<sup>1</sup> Чегодайського родо-

вища. №38275<sup>г</sup> Куакбашського родовища та №155 Качанівського родовища при загальному об'ємі буріння з відбором керна 211,6 м проведена його часткова орієнтація. У свердловині №4583<sup>г</sup> Бавлинського родовища проведені роботи по відбору 20,0 м орієнтованого керна малого діаметра.

Промислові експериментальні дослідження розробленого керноприймального пристрою з ковзаючим центратором на корпусі, відстань установки якого від бурильної головки була визначена за методикою описаною вище, проводились на родовищах АТ „Татнафта”. У свердловині № 38275<sup>г</sup> Куакбашського родовища використання стабілізуючої компоновки дозволило зберегти зенітний кут свердловини постійним протягом 87,0 м відбору керна. А в свердловині № 1073<sup>г</sup> Чегодаївського родовища використання ковзаючого центратора діаметром 210,0 мм дозволило досягнути стабілізації кута протягом 60,0 м буріння з відбором керна. При подальшій заміні діаметра центратора до 209,0 -208,0 мм було досягнуто падіння зенітного кута на 3 °, що передбачалося технічним завданням (рис. 3).

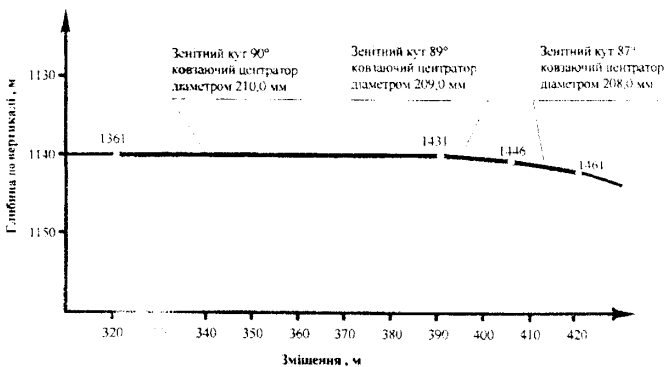


Рис. 3. Траєкторія свердловини № 1073<sup>г</sup> Чегодаївського родовища.

Базуючись на експериментальних дослідженнях, розроблені основні методичні рекомендації по технологічних режимах відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах для геолого-технічних умов буріння свердловин ВАТ „Укрнафта” та АТ „Татнафта” (табл. 1).

Розроблено технологію відриву керна, що впливає на ефективність його відбору. При бурінні в цементованих гірських породах вибійними двигунами запропонована наступна технологія відриву:

1. За 0,15 - 0,2 м до закінчення запланованої проходки за довбання припиняється подача навантаження на інструмент на 10-15хв, без зупинки насосів. Цей час є достатнім для утворення на бічній поверхні керна концентричної канавки.

Рекомендовані технологічні параметри режиму відбору керна

Режимно-технологічні параметри	Тверді, зцементовані породи		Пухкі, слабозцементовані породи	
	свердловини нормального діаметра	свердловини малого діаметра	свердловини нормального діаметра	свердловини малого діаметра
Продуктивність насоса, м <sup>3</sup> /с.	не регламентується	не регламентується	0,008-0,01	0,006-0,01
Навантаження, кН	70-90	30-40	70-90	30-40
Частота обертання, об./хв	Регламентується техніко-технологічною характеристикою вибійного двигуна			

2. Проводиться буріння з відбором керна до запланованого об'єму.

3. Припиняється подача навантаження на інструмент, без зупинки насосів на 5-10 хв.

4. Зупиняються бурові насоси та проводиться плавний відрив інструменту від вибою. В цей час важільки керновідривача попадають в утворену концентричну канавку, що дозволяє гарантовано уникнути проковзування важільків по керну.

Розроблена методика відриву керна використовувалася при бурінні в зцементованих гірських породах, де проводилися промислові випробування. У всіх випадках після підйому керна на поверхню було відмічено, що важільки керновідривача не проковзують по його поверхні.

**В п'ятому розділі** приведені результати промислових випробувань запропонованого техніко-технологічного комплексу та економічна ефективність від його використання.

Роботи по відборі керна з використанням розроблених технологічних заходів та технічних засобів пройшли перевірку в семи похило спрямованих та горизонтальних свердловинах бурових підприємств України та Росії (табл. 2).

Промислові дослідження були проведені в породах різної категорії складності по відборі керна. Особливий інтерес представляють собою роботи по відборі керна в пілотному стволі свердловини № 155 Качанівська, що дали змогу уточнити траєкторію горизонтальної частини свердловини. Подальший відбір керна в горизонтальній свердловині підтвердив правильність такого рішення.

Впровадження техніко-технологічного комплексу по відборі керна в промислових умовах дозволило провести корегування двох горизонтальних свердловин по результатах відбору керна.

## Результати впровадження техніко-технологічного комплексу по відбору зерна

№ свердловини	Діаметр, мм		Про-ходка, м	Винос зерна		Зенітний кут, град.
	свердло-вини	зерна		м	%	
Чегодаївська №1073 <sup>Г</sup>	215,9	100,0	100,0	99,0	99,0	90-91
Бавлинська № 4583 <sup>Г</sup>	139,7	52,0	20,0	20,0	100	89,5-90,5
Качанівська №155	120,6	52,0	24,6	22,55	91	44-91
Куакбашська №38275 <sup>Г</sup>	215,9	100,0	87,0	87,0	100	77,0
Куакбашська №38288 <sup>Г</sup>	144,6	67,0	7,0	7,0	100	90,0
Пд.- Панасівська №172	215,9	100,0	28,8	28,8	100	50,0
Бавлинська № 3201 <sup>Г</sup>	215,0	100,0	15,5	15,2	98,1	77,0 - 89,1
Всього			282,9	279,5	98,8	

В результаті аналізу проведених робіт можна зробити висновок, що всі розроблені технологічні регламенти та конструктивні елементи (керновідривачі, кулькові підвіски) довели свою ефективність надійність, та довговічність в роботі. Розроблені керноприймальні пристрої серії ПКГ при комплексному використанні з запропонованою технологією дозволили вирішити задачу відбору зерна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах з високою ефективністю.

Крім задачі виносу зерна, запропоновані керноприймальні пристрої з ковзаючими центраторами на корпусі забезпечують управління зенітним кутом горизонтальних свердловин.

Загальний економічний ефект від впровадження техніко-технологічного комплексу за рахунок підвищення виносу зерна складає 246,1 тис. грн. Особливо слід відмітити, що інформативність зерна значно підвищується при його виносі понад 80 %.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-практичної задачі відбору зерна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах із врахуванням умов роботи. Одержані наступні основні результати.

1. На основі статистичного аналізу зроблено висновок про залежність виносу зерна від зенітного кута свердловин.

2. На основі теоретичних розрахунків розроблено нову методику розрахунку та програмне забезпечення спеціальних компоновок з метою стабілізації та керування зенітним кутом свердловини при довгих інтервалах відбору зерна. З їх допомогою визначається залежність місця розташування ковзаючого центратора на корпусі керноприймального пристрою у залежності від основних техніко-



технологічних чинників проводки похило спрямованих і горизонтальних свердловин (кута нахилу свердловини, співвідношення між габаритними розмірами керноприймального пристрою, бурильної головки, ковзаючого центратора та вибірного двигуна, навантаження при бурінні з відбором керна).

3. У результаті експериментальних досліджень визначено раціональні конструкції найвідповідальніших вузлів і деталей керноприймальних пристроїв для відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах. Визначено матеріал виготовлення важільків керновідривачів та методику їх наплавки, конструкцію пружинок керновідривачів та на цій основі розроблені нові конструкції керновідривачів. Розроблено технічні засоби різного діаметра, габаритних розмірів для відбору керна в свердловинах з великими зенітними кутами та в різноманітних геолого-технічних умовах, що забезпечують стабільно високий винос керна та скорочують час будівництва свердловин.

4. Завдяки удосконаленню технічних засобів та технологічних прийомів удосконалено техніко-технологічний комплекс по відборі орієнтованого в просторі керна в свердловинах з великими зенітними кутами.

5. У результаті промислових досліджень визначені оптимальні навантаження на породоруйнівний інструмент, кількість подачі промивальної рідини та на їх основі розроблено основні методичні рекомендації по відборі керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах.

6. Розроблені в дисертаційній роботі технологічні заходи і керноприймальні пристрої пройшли промислову перевірку та впровадження в семи свердловинах у різноманітних геолого-технічних умовах буровими підприємствами України та Росії, довели високу ефективність відбору керна (98,8 %), при загальному об'ємі буріння з відбором керна 282,9 м та скоротили загальний час будівництва свердловин. Вперше в світовій практиці проведено суцільний відбір 187,0 м орієнтованого керна в горизонтальних ділянках свердловин № 1073<sup>Г</sup> Чегодаївська та № 38275<sup>Г</sup> Куакбашська.

#### ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. Мартинюк Д.М., Мрозек Р.Є. Удосконалення важількових керновідривачів для відбору керну в похило-спрямованих та горизонтальних свердловинах // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2002.- №2. - С. 80-82.

2. Мрозек Р.Є. Експериментальні дослідження конструкції важількових керновідривачів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2002. - №4. - С.92-94.

3. Керноприймальний пристрій. А.с. 49398А. Україна, Кл. Е21 В 25/00. Р.Н. Сейфи, Д.М. Мартинюк, Я.В. Кунцяк, Я.С. Гаврилов, Р.С. Мрозек (UA) - 2001118173; Заявлено 29.11.01; Опубл. 16.09.02 Бюл. № 9.

4. Керновідривач. А.с. 51017А, Україна, Кл. Е 21В25/14 / Р.Н. Сейфи, Д.М. Мартинюк, Я.В. Кунцяк, Я.С. Гаврилов, Р.С. Мрозек (UA) - 2001118172; Заявлено 29.11.01; Опубл. 16.09.02 Бюл. № 11.

5. Лев О.М., Мрозек Р.С. Визначення місця встановлення центратора при бурінні горизонтальних свердловин з відбором керна // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - 2003. - №1. - С.18-21.

6. Дубленич Ю.В., Мрозек Р.С. Пристрій для орієнтованого відбору керна в горизонтальних свердловинах // Розробка і розвідка нафтових і газових родовищ. Івано-Франківськ. - 1999. - № 36. - С.44-49.

7. Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Дубленич Ю.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.С., Зубарев В.И., Куринов А.И. Технические средства для отбора керна из горизонтальных скважин // Бурение и нефть. - 2003.- №3. - С. 40-42.

8. Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Мрозек Р.С., Муслімов Р.Х., Назінов А.К., Хісамов Р.С., Нафіков А.З. Буріння з відбором керна в горизонтальних стовбурах свердловин ВАТ „Татнефть” // Нафтова і газова промисловість. -2003.- №3. – С. 37-38.

9. Кунцяк Я.В., Мрозек Р.С., Мартинюк Д.М. Особливості відбору керна в похило-спрямованих і горизонтальних свердловинах на родовищах ВАТ „Укрнафта” // Мінеральні ресурси України. -2002. - №3. - С.30-31.

10. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.С. Промислові випробування технічних засобів для відбору керна в похило-спрямованих та горизонтальних свердловинах // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2001. - № 1. - С. 84-85.

11. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.С. Відбір керна в горизонтальній свердловині малого діаметра // Нафтова і газова промисловість. - 2002.- №4. - С. 22-23.

12. Кунцяк Я.В., Мрозек Р.С., Новіков В.Д. Корегування траєкторії свердловини за результатами відбору керна // Збірник наукових праць ВАТ “УкрНГП”. - 1999.- № 1. - С. 16-20.

#### АНОТАЦІЯ

Мрозек Р.С. Удосконалення техніки та технології відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин. -Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2004.

Захищається 12 наукових праць, які містять теоретичні дослідження в області технічних засобів та технології відбору керна в похило спрямованих та

горизонтальних свердловинах. Розроблено нову методику розрахунку спеціальних компоновок з метою стабілізації та корегування зенітного кута при відборі керна в свердловинах з великими зенітними кутами. Вперше удосконалено технічні засоби та технологію процесу буріння з відбором керна в горизонтальних та похило спрямованих свердловинах, що забезпечує високу ефективність відбору керна. Розроблено техніко-технологічний комплекс, що дозволяє проводити відбір орієнтованого керна та управляти траєкторією свердловини.

Запропоновані технологічні заходи і технічні засоби пройшли промислову перевірку та впровадження в семи свердловинах у різноманітних геолого-технічних умовах.

Ключові слова: керн, керноприймальний пристрій, керновідривач, кулькова підвіска, ковзаючий центратор, похило спрямована свердловина, горизонтальна свердловина.

## АННОТАЦИЯ

Мрозек Р.Е. Усовершенствование техники и технологии отбора керна в наклонно направленных и горизонтальных скважинах.- Рукопись.

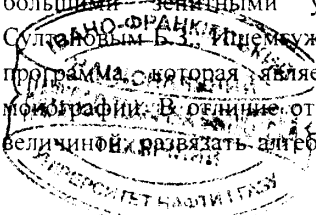
Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 – Бурение скважин. Ивано – Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2004.

Защищается 12 научных трудов, которые содержат теоретические исследования в области технических средств и технологии отбора керна в наклонно направленных и горизонтальных скважинах.

Проведено усовершенствование технологических регламентов для отбора керна. Разработан экспрес-метод выбора оптимальной нагрузки при бурении с отбором керна в скважинах с большими углами в любых геолого-технических условиях.

Проведен комплекс промышленных исследований по определению зависимости процента выноса керна в зависимости от количества промывочной жидкости, подаваемой на забой. Эта величина ограничена с одной стороны минимальной продуктивностью, при которой обеспечивается бесперебойная работа забойного двигателя, с другой стороны - техническими характеристиками насосов.

Разработано новую методику расчета специальных компоновок с целью стабилизации и коррекции зенитного угла при отборе керна в скважинах с большими зенитными углами. Аналогичные системы рассматривались Султановым Б.З. и Ицмужиним Н.Х., где для их решения составлялась отдельная программа, которая является настолько большой, что не была приведена в монографии. В отличие от этого, предложено предварительно задавшись искомой величиной, решать алгебраическую линейную систему 8-го порядка за методом



Гаусса. На базе разработанной схемы предложена компьютерная программа, с помощью которой система решается за короткое время. На основе полученных зависимостей построены номограммы для типичных технико-технологических условий отбора керна в ОАО „Укрнефть” и АО „Татнефть”, которые дают возможность в полевых условиях определить параметры КНБК, в зависимости от технического задания.

Поскольку основными конструкционными элементами, которые влияют на эффективность и долговечность работы керноприемного устройства, является кернорватель и шаровая подвеска, было проведено ряд экспериментальных исследований, направленных на их усовершенствование. Разработаны конструкции кернорвателей, учитывающих условия работы в скважинах с большими углами. Предложены новые усовершенствованные конструкции шаровых подвесок, сокращающих габаритную длину керноприемного устройства при постоянной полезной длине керноприема.

Впервые усовершенствованы технические средства серии УКГ для отбора керна в горизонтальных и наклонно направленных скважинах, обеспечивающие стабильно высокий процент выноса керна независимо от технико-технологических условий.

Разработано технико-технологический комплекс, позволяющий проводить отбор ориентированного керна за счет комплексного использования усовершенствованных технических средств и технологических приемов. Способ отбора ориентированного керна успешно использовался в ряде скважин ОАО „Укрнефть” и АО „Татнефть”.

Предложенные технологические мероприятия и технические средства прошли промышленную проверку и внедрение в семи скважинах в различных геолого-технологических условиях. При общей проходке с отбором керна 282,9 м средний вынос керна составил 98,8 %.

Особый интерес представляют собой работы по корректировке траектории скважин за результатами отбора керна в горизонтальных участках. В другом случае успешно проведенный отбор керна в пилотном стволе скважины № 155 Качановская позволил скорректировать горизонтальный ствол, что в итоге привело к существенному увеличению дебита нефти.

Ориентированный в пространстве керн в комплексе с высоким его выносом значительно повысил информативность керна, что не достигается при использовании традиционной техники и технологии.

Ключевые слова: керн, керноприемное устройство, кернорватель, шаровая подвеска, скользящий центратор, наклонно направленная скважина, горизонтальная скважина.

## ANNOTATION

Mrozek R.E. Improvement of technique and technology of stippler selection in the aslope directed and horizontal mining holes. - Manuscript

Dissertation for reception of candidate's scientific degree of engineering sciences after speciality of 05.15.10 - Drilling mining holes. Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, Ivano-Frankivsk, 2004.

There are on the defensive 12 scientific labours which are containing theoretical researches in the region of hardwares and technology of stippler selection in the aslope directed and horizontal mining holes. A new method of the special arrangements calculation is developed with the purpose of zenithal corner stabilization and adjustment at the stippler selection in mining holes with large zenithal corners. Hardwares and technology of drilling process are first improved with the selection of stippler in horizontal and aslope directed mining holes, that provides high efficiency of stippler selection. A technically-technological complex, that allows to select oriented stippler and manage the trajectory of mining hole is developed.

The offered technological measures and hardwares passed industrial verification and introduction in seven mining holes in various geologically-technical terms.

Keywords: stippler, core receiving device, core catcher device, ball-shaped pendant, sliding centrator, aslope directed mining hole, horizontal mining hole.