

## БУРОВИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД І ДИНАМІКИ БУРИЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Б.Д.Борисевич, В.М.Мойсишин, Р.Б.Щербій, Б.В.Долішній

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42453,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

З метою дослідження процесу руйнування гірських порід і динаміки бурового інструменту авторами на базі бурового верстата СБА-500 був створений буровий стенд. Миттєві значення параметрів процесу буріння: осьової сили, обертового моменту, проходки на долото, дискретне значення частоти обертання долота та миттєві значення вібраційних прискорень корпусу долота і обертача стенда фіксувались у аналоговій і цифровій формах інформаційно-вимірним комплексом. Сигнали від обертових давачів аналогових сигналів передавались інформаційно-вимірному комплексу вертикальним струмознімачем спеціальної конструкції з мідно-графітовими щітками. Під час проведення досліджень зміна жорсткості і коефіцієнта демпфування бурового інструменту здійснювалась незалежно одне від одного спеціальними наддолотними пристроями.

Ключові слова: гірська порода, бурильний інструмент, буровий верстат.

Для исследований процесса разрушения горных пород и динамики бурильного инструмента авторами на базе бурового станка СБА-500 был создан буровой стенд. Мгновенные значения параметров процесса бурения: осевого усилия, вращательного момента, проходки на долото, дискретное значение частоты вращения долота, а также мгновенные значения вибрационных ускорений корпуса долота и вращателя стенда фиксировались в аналоговой и цифровой формах информационно-измерительным комплексом. Сигнал от вращательных датчиков аналоговых сигналов передавались информационно-измерительному комплексу вертикальным токосъемником специальной конструкции с медно-графитовыми щетками. При проведении исследований смена жесткости и коэффициента демпфирования осуществлялась независимо друг от друга специальными наддолотными устройствами.

Ключевые слова: горная порода, бурильный инструмент, буровой станок.

On the basis of drilling rig СБА-500 the authors of his paper with the view of studying the process of rock destruction and drilling tools dynamics have created a drilling bedstead. Instantaneous values of drilling process parameters: axial loading, angular moment, per bit meterage, discrete value of bit rotating velocity and instantaneous values of bit body vibration acceleration and those of the bedstead rotary mechanism were recorded both in analog and digital forms by means of an information and measuring complex.

The signals from analog signals rotary sensors were transmitted to the information and measuring complex by the vertical sled of a special purpose design with copper-graphite wipers. In the course of carrying out the investigation the change of rigidity and damping coefficient of the drilling tool occurred irrespective of one another under the action of special-purpose above-bit devices.

Ключевые слова: rock, drilling tools, drilling rig.

Процес руйнування шарошковым долотом поверхні вибою під час буріння свердловин визначається великою кількістю факторів, до яких відносять режим буріння, параметри компоновки низу бурильної колони, фізико-механічні характеристики породи і т.д. Під час взаємодії долота із поверхнею вибою генеруються позовжні, крутильні та поперечні коливання, що впливають на роботу бурильної колони та наземного обладнання. Ці коливання називають вібраціями. Для зменшення негативного впливу вібрацій на бурову колону і наземне обладнання використовують віброзахисні пристрої, які називають амортизаторами, демпферами, регуляторами динамічного режиму роботи і т.д. Аналітичні дослідження параметрів цих пристроїв на вібрацію бурової колони і процес руйнування гірських порід, внаслідок багатогранності взаємопов'язаних фізичних явищ і методів їх аналізу, є складними і наближеними.

Одним із методів вивчення впливу параметрів цих пристроїв – проведення досліджень вібрацій бурової колони в промислових умовах. Але на результати цих досліджень і їх аналіз

впливають такі чинники: відсутність достовірної інформації про фізико-механічні характеристики розбурених порід у відповідний момент часу; неможливість багаторазової зміни в заданому діапазоні факторів, які впливають на процес руйнування породи; відсутність вимірної апаратури для реєстрації параметрів процесу взаємодії долота з вибоєм безпосередньо на вибої [1].

Більш надійним способом отримання достовірних результатів є стендові експериментальні дослідження. Під час проведення цих досліджень режим буріння і параметри компоновки бурового інструмента мають строго фіксовані значення та можливість їх зміни в певних межах для конкретних фізико-механічних характеристик гірської породи. Актуальність проведення стендових досліджень зростає із збільшенням глибини розбурених свердловин. За результатами цих досліджень отримують якісні емпіричні залежності впливу тих чи інших параметрів на динаміку бурильної колони, які повинні пройти перевірку під час промислових досліджень.



Рисунок 1 – Загальний вигляд бурового стенда

Для досліджень процесу взаємодії натурних бурових доліт та бурових головок і поверхнею вибою, на базі бурових верстатів СБА-500, ЗІФ-1200А і бурових установок були створені спеціальні стенди і установки [2,3,4].

Під час проведення стендових досліджень впливу параметрів вітрозахисних пристроїв, жорсткості і коефіцієнта демпфування, на процес руйнування гірських порід і динаміки бурильного інструменту потрібно проводити запис проходки на долото, осьової сили і обертового моменту на долоті, повздовжніх коливань долота і стенда протягом всього процесу буріння. З цією метою, на базі верстата СБА-500, створено буровий стенд (див. рис. 1).

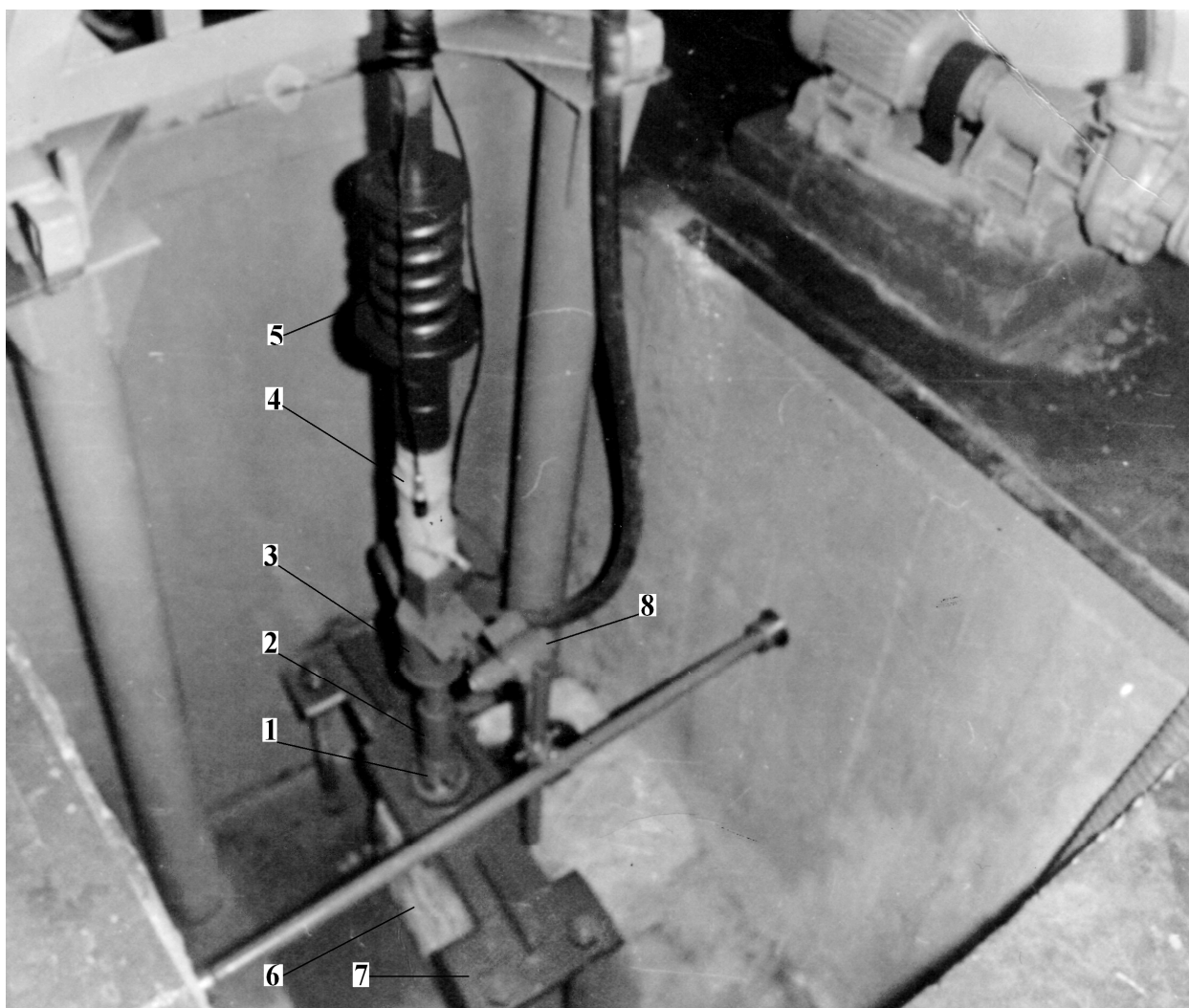
Основні технічні характеристики стенда:

1. Осьова сила на долото –  $0 \dots 42 \text{ кН}$ ;
2. Частота обертання долота – 82, 131, 188, 285, 470,  $680 \text{ хв}^{-1}$ ;

3. Витрата промивальної рідини –  $0 \dots 7 \text{ л/с}$ ;
4. Розміри блока породи –  $1 \times 1 \times 0,5 \text{ м}$ .

Основною відмінністю цього стенда від уже існуючих є наявність спеціальної компоновки бурового інструмента у склад якої входить пристрої, що дають змогу змінювати жорсткість і коефіцієнт демпфування бурового інструменту незалежно одне від одного (див. рис. 2). Контейнер 4 з давачами осьової сили, обертового моменту і повздовжніх коливань долота встановлено у безпосередній близькості від долота 1, над вертлюгом 3. Блок породи під час буріння фіксується пристроєм 7, у склад якого входить металічна плита, яка притягується до основи стенда болтами. Втулка, яка є центратором долота на початку буріння, встановлюється у металічній плиті.

Сигнали від цих давачів передаються інформаційно-вимірювальному комплексу через



1 – шарошкове долото; 2 – перехідник; 3 – вертлюг; 4 – контейнер з давачами осьової сили, обертового моменту і повздожніх коливань на долоті; 5 – віброзахисний пристрій з постійним значенням коефіцієнта демпфування і змінною жорсткістю; 6 – блок гірської породи; 7 – пристрій фіксації блока під час буріння; 8 – дискретний фотодіодний давач проходки на долото

**Рисунок 2 – Компонівка бурильного інструмента**

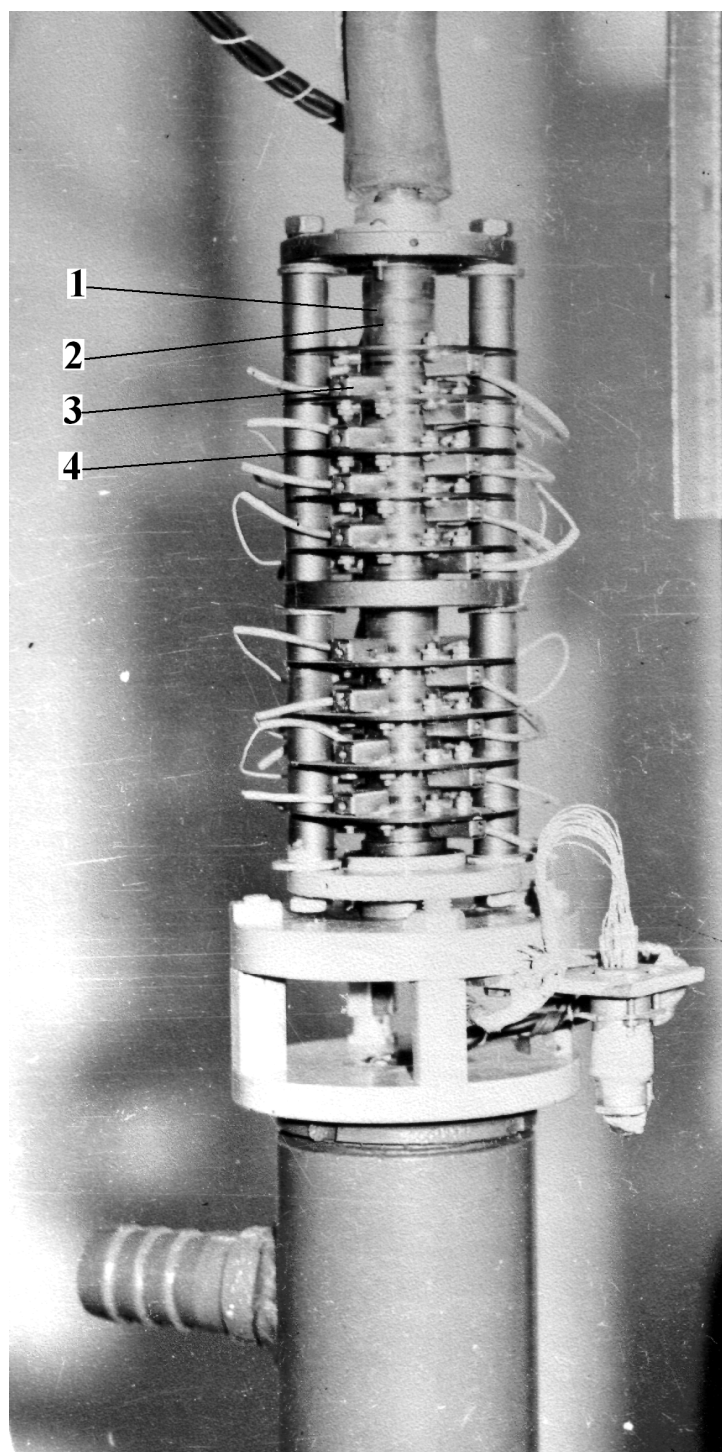
індивідуально виготовлений вертикальний струмознімач спеціальної конструкції з мідно-графітовими щітками (див. рис. 3). Струмознімач складається із мідних кілець 1, розділених між собою ізоляційними кільцями 2. Для передачі сигналу від обертових мідних кілець використовують мідно-графітні щітки, які розміщують у корпусах 3. Корпуси щіток встановлено на текстолітових ізоляційних дисках 4, по парі на кожне мідне струмопровідне кільце.

Інформаційно-вимірний комплекс складається з давачів аналогових сигналів, струмознімача, блоку підсилювачів постійного струму, виконаних на базі інтегральних мікросхем К153УД5 (див. рис. 4), магнітографа, аналогово-цифрового перетворювача, ПЕОМ. Давачі осьової сили і обертового моменту на долоті представляють собою повні тензومترічні місти, збалансовані резистором ППЗ-43. Тарування давача осьової сили здійснювалось за допомогою вірцевого динамометра ДОСМЗ-5. Пристрій тарування давача обертового момента

зображений на рисунку 6. Сила, що прикладена до кінця важіля 5, створюється під час обертання ходової гайки-штурвала 4 і фіксується вірцевим динамометром ДПУ-0,2. Тарувальна діаграма фіксується у вигляді аналогового сигналу швидкодіючим самописцем і у вигляді цифрового сигналу ПЕОМ.

Як задавач вібраційного прискорення використовували низькочастотні п'єзоелектричні акселерометри двох типів АНС-014-01 і АНС-014-03. Частотний діапазон акселерометрів АНС-014-01 – 10...1000Гц, чутливість у вертикальному напрямі – 2...3мВс<sup>2</sup>/м. Діапазон цих параметрів акселерометрів АНС-014-03 – 1...125Гц, 12...13мВс<sup>2</sup>/м. Для компенсації постійної складової вихідної напруги акселерометрів на другий диференційний вхід підсилювача подається напруга, рівна по величині вихідній напрузі акселерометрів і протилежна по знаку (див. рис. 5).

Реостатний давач проходки на долоті 1 встановлений на направляючому штоці обер-



1 – мідне струмопровідне кільце, 2 – ізоляційне кільце, 3 – корпус мідно-графітової щітки;  
4 – ізоляційний текстолітовий диск

**Рисунок 3 – Вертикальний струмознімач з мідно-графітовими щітками**

тача (див. рис. 7). Дискретний давач частоти обертання долота складається з постійного магніта 2 і геркона 3, які кріпляться відповідно на приводній муфті шпінделя та корпуса обертача (див. рис. 7). Під час проходження магніта повз геркон контакти останнього замикаються і електричний імпульс фіксується інформаційно-вимірювальним комплексом.

Один із варіантів дослідження внутрішньої структури параметрів процесу буріння – частото-

тно-амплітудний аналіз за записами, одержаними під час використання аналогових фільтрів з інтервалами пропускання частот 0...15Гц, 25...30Гц і 35...50Гц.

Під час проведення досліджень установленна висока відтворюваність їх результатів. За рівнем надійності 0,95 відносна похибка під час вимірювання відповідних параметрів знаходилась у межах 6...9%.

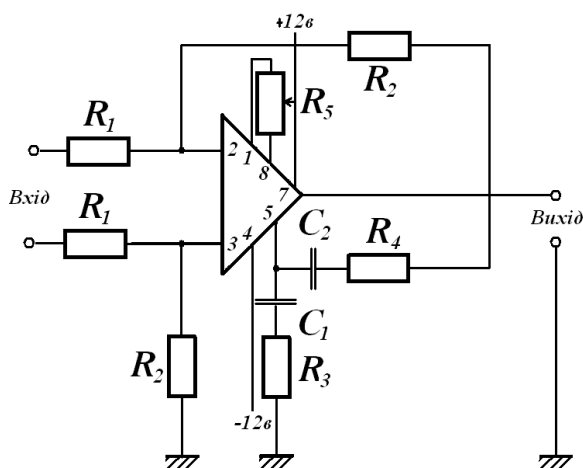


Рисунок 4 – Схема підсилювача постійного струму на базі інтегральної мікросхеми К153УД5

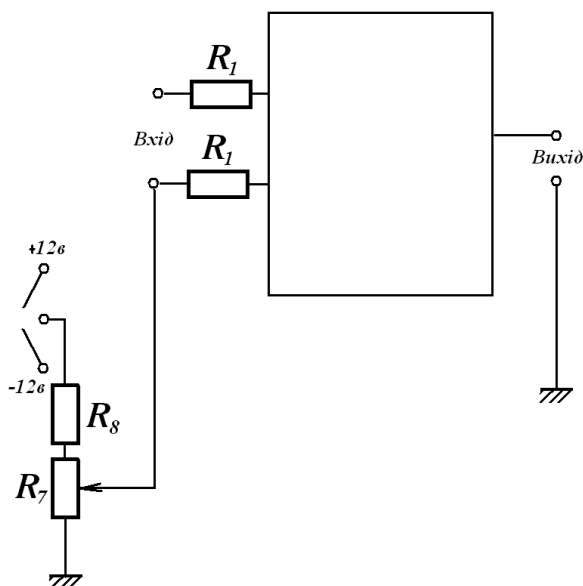
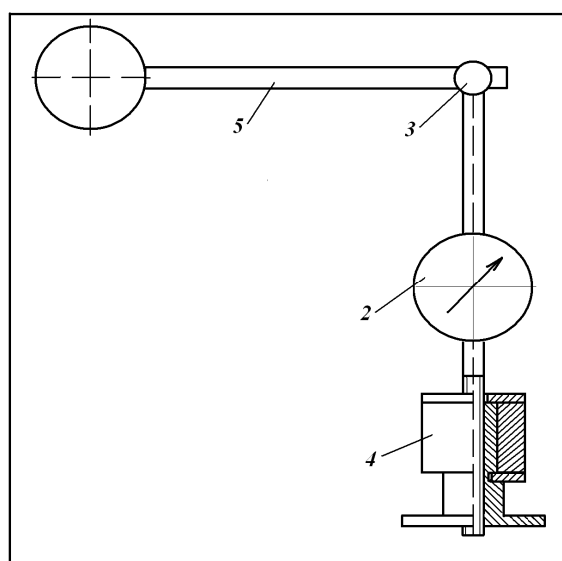
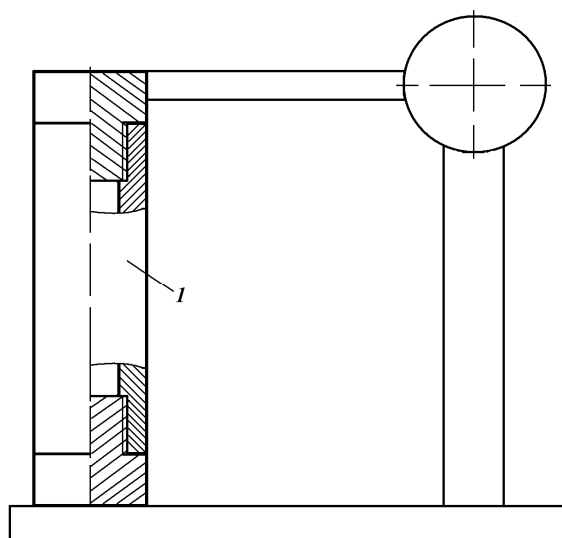


Рисунок 5 – Схема підсилювача постійного струму на базі інтегральної мікросхеми К153УД5 для виміру вібраційного прискорення



1 – тензометричний давач обертового моменту; 2 – взірцевий динамометр ДПУ-0,2; 3 – шарова опора; 4 – ходова гайка-штурвал; 5 – важіль

Рисунок 6 – Пристрій тарування давача обертового моменту

На рисунку 8 зображено запис параметрів досліджень швидкодіючим самописцем НЗ38.

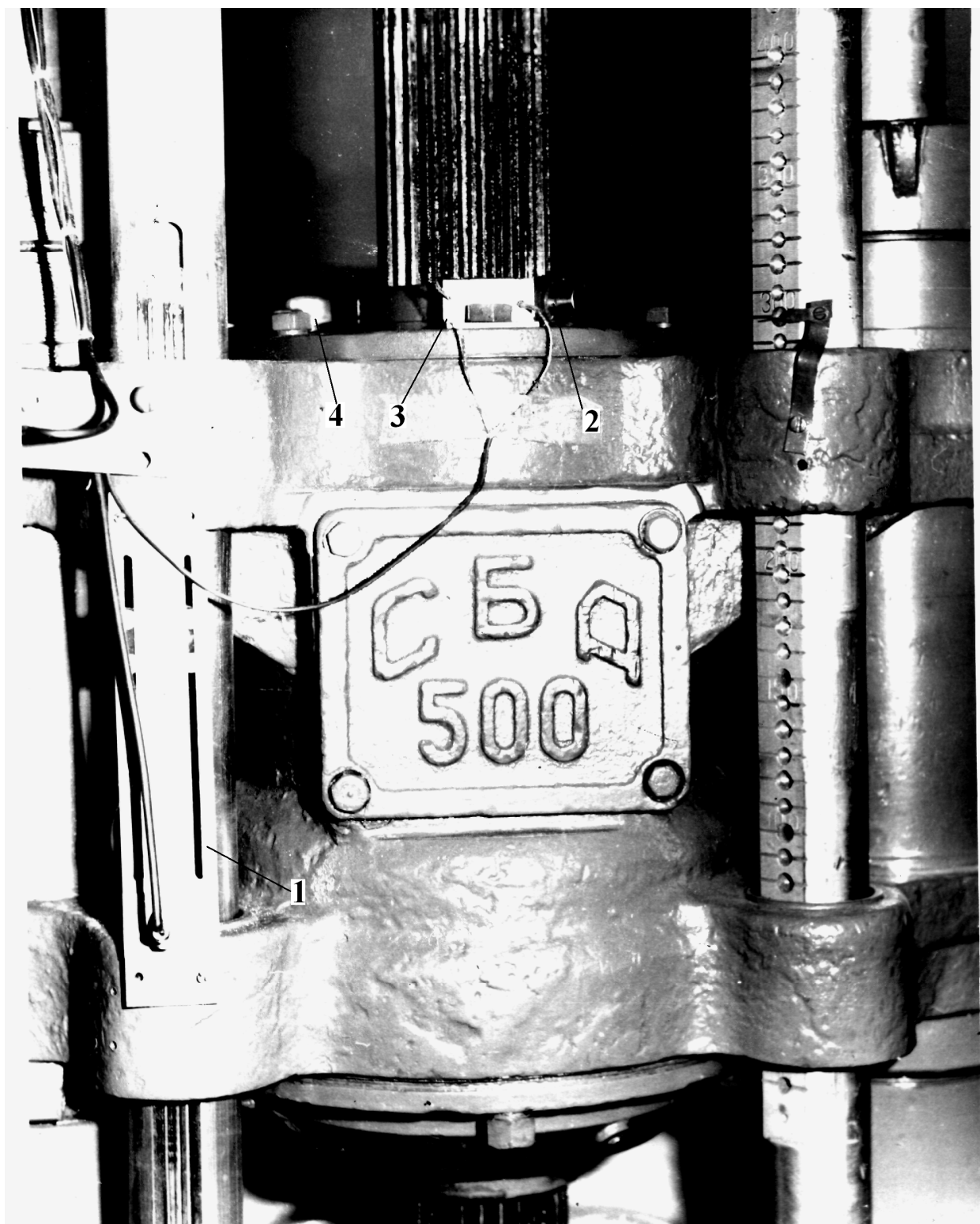
### Література

1 Владиславлев В.С. Разрушение пород при бурении скважин / Владиславлев В.С. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 242 с.  
 2 Симонянц Л.Е. Разрушение горных пород и рациональная характеристика двигателей для бурения / Симонянц Л.Е. – М.: Недра, 1966. – 168 с.  
 3 Потапов Ю.Ф. Разрушение горных пород трехшарошечными долотами малого диаметра / Потапов Ю.Ф., Симонов В.В. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 32 с.

4 Яремийчук Р.С. Бурение стволов большого диаметра / Яремийчук Р.С., Райхерт Л.А. – М.: Недра, 1966. – 174 с.

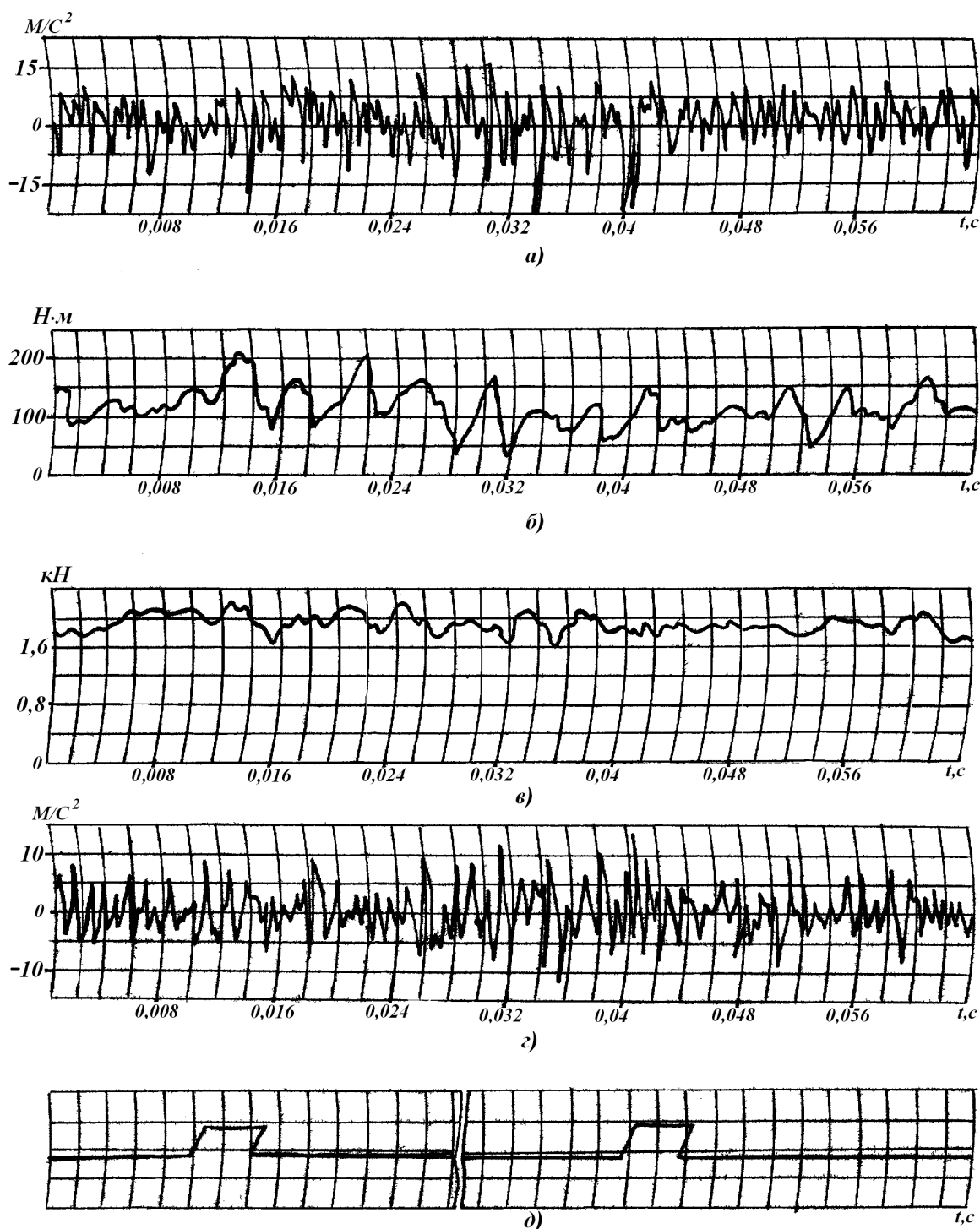
5 Абдушин М.М. Экспериментальное исследование кинематики и динамики работы вооружения серийных шарошечных долот / Абдушин М.М., Трушкин Б.Н., Спивак А.И. // Машины и нефтяное оборудование. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – № 8. – С. 5-8.

6 Барабашкин И.И. Экспериментальная установка для исследования кинематики буровых породоразрушающих инструментов / Барабашкин И.И., Кунцяк Я.В., Перлов Г.Ф. // Машины и нефтяное оборудование. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – № 8. – С. 5-8.



*1 – аналоговий датчик проходки на долото; 2 – магніт, 3 – геркон датчик частоти обертання долота; 4 – датчик віброприскорення корпусу обертача стенда*

**Рисунок 7 – Датчі проходки на долото, частоти обертання долота і віброприскорення корпусу обертача стенда**



а) віброприскорення корпусу долота; б) обертовий момент; в) осьове навантаження на долото;  
 з) віброприскорення корпусу обертача

**Рисунок 8 – Приклад запису параметрів досліджень швидкодіючим самописцем Н338**

7 Назаренко В.Е. Определение некоторых параметров долот в стендовых условиях на буровом станке ЗИФ-1200П / Назаренко В.Е., Обиднов Б.И., Зубарев А.В., Грачев Б.А. // Автоматизация и телемеханизация нефтяной промышленности. – 1974. – № 3. – С. 48-52.

8 Синев С.В. Модернизация бурового станда высокого давления СВД-1000 / Синев С.В. // Машины и нефтяное оборудование. – М.: ВНИИОЭНГ, 1977. – № 9. – С. 22-24.

9 Бевзюк Ф.И. Исследование влияния виброгасителя в компоновке низа буровой колонны на повышение эффективности работы шарошечных долот. Автореферат дисс. .... канд. техн. наук. – Куйбышев, 1974. – 15 с.

Стаття поступила в редакційну колегію  
 25.08.09

Рекомендована до друку професором  
 Векериком В.І.