

# Возможности контроля частоты вращения долота по спектрам релаксационного тока, возникающего при разрушении горной породы

**А. В. Епихин**

старший преподаватель<sup>1</sup>  
epikhinav@mail.ru

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

**Научная работа посвящена исследованию явления генерации релаксационных токов при разрушении горных пород бурением. Это явление может стать новым перспективным информационным каналом связи «забой-устье». Рассмотрена возможность определения значения частоты вращения породоразрушающего инструмента по спектру релаксационного тока для различных горно-геологических и технико-технологических условий эксперимента. Кроме того, доказана возможность определения технического состояния долота по характеристикам релаксационных токов. Применение полученных результатов позволит повысить эффективность и долговечность работы долота на забое.**

## Материалы и методы

Исследования проведены по обоснованной методике на специально оборудованном стенде на базе сверлильного станка с возможностью варьирования параметров режима бурения. На основе изучения спектров релаксационных токов, зарегистрированных при бурении горных пород, доказана возможность контроля частоты породоразрушающего инструмента и его технического состояния.

## Ключевые слова

бурение, горная порода, релаксационный ток, частота вращения долота, спектр

Контроль геологической и технологической информации о процессе бурения актуален и важен, так как позволяет повысить эффективность процесса и снизить вероятность осложнений и аварий, связанных с выходом из строя бурового оборудования. Особое значение имеет контроль параметров режима бурения, под которыми обычно понимают осевую нагрузку на долото, частоту его вращения и расход промывочной жидкости.

Увеличение частоты вращения долота зачастую приводит к росту механической скорости бурения. Но при определенном ее критическом значении, которое определяется сочетанием типов горной породы и породоразрушающего инструмента темп прироста механической скорости снижается и стремится к нулю [1–2]. Кроме того, превышение частоты вращения может привести к преждевременному выходу из строя долота за счет интенсивного износа опоры (для шарошечных долот) или вооружения (зубья, таблетки PDC и т.д.). Следовательно, контроль оптимального значения частоты вращения долота является актуальной исследовательской задачей. С другой стороны, важна четкая фиксация момента поломки, либо начала интенсивного износа долота, с целью предупреждения аварийной ситуации.

Одним из новых способов контроля частоты вращения породоразрушающего инструмента является идея применения релаксационных токов, генерируемых при разрушении горных пород, в качестве источника полезного сигнала о процессе бурения. Реализацией данного научного направления занимается научная группа кафедры бурения скважин Национального исследовательского Томского политехнического университета.

С целью поиска зависимостей между частотой вращения породоразрушающего инструмента и характеристиками

релаксационных токов были проведены эксперименты по бурению горных пород. Они были реализованы на экспериментальной буровой установке, разработанной на базе сверлильного станка с возможностью варьирования параметров режима бурения [3]. Эксперименты проводились с использованием 5 типов породоразрушающих инструментов: двухшарошечное долото, одношарошечное долото, алмазная буровая коронка, буровая коронка с твердосплавными пластинами, лопастное долото. Разнообразие горно-геологических условий обеспечивалось за счет использования 4 типов горных пород: мрамор, гранит, песчаник, бетон (в качестве модели гравелита).

Эксперименты проводились со ступенчатым повышением частоты вращения породоразрушающего инструмента. Шаг изменения частоты вращения: 100 об/мин. Начальное (минимальное) значение частоты вращения — 400 об/мин, максимальное — 800 об/мин. По амплитудно-частотным характеристикам релаксационных токов проводился расчет спектров и их дальнейший анализ, результаты которого позволяют утверждать, что возможна регистрация и контроль частоты вращения породоразрушающего инструмента, его шарошек (при наличии), а также определение нестабильности его работы по причине неисправности (заклинивание шарошки, слом лопасти или породоразрушающих элементов) [4–8].

Возможность определения рабочей частоты породоразрушающего инструмента является закономерностью для всех условий бурения, при которых проводились исследования. Рабочая частота характеризуется в спектре четко выделяющимся пиком в диапазоне ближайших частот вращения (рис. 1, 2). Возможны несколько вариаций представления спектров в зависимости от

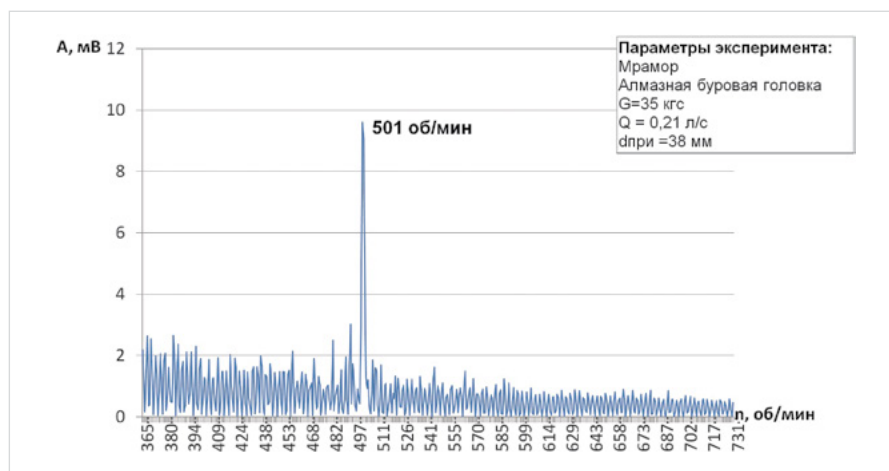


Рис. 1 — Спектр, соответствующий частоте вращения алмазной буровой коронки при разбуривании мрамора с осевой нагрузкой 35 кгс

технологических условий работы породоразрушающего инструмента [6–8]:

- четкий единичный пик спектра, что характерно для любых типов долот (рис. 1);
- наличие двух и более явных пиковых значений спектра, которые обусловлены колебаниями частоты вращения вследствие нестабильности режима бурения, работы долота или неоднородности разрушаемой горной породы, либо из-за совокупности указанных причин (рис. 2).

Величина помех зависит от стабильности работы породоразрушающего инструмента (например, для алмазной буровой коронки и лопастного долота спектры имеют более сглаженный вид), характеристик образца горной породы (для образцов бетона характерно наличие помех из-за неоднородной структуры породы), технологических параметров разрушения (при повышении частоты вращения и осевой нагрузки на долото наблюдается снижение стабильности его работы и увеличение количества фоновых помех).

При обработке спектров, соответствующих экспериментам с использованием шарошечных долот, были обнаружены пиковые значения, соответствующие частоте вращения шарошек (рис. 3). Подобные спектры наблюдаются во всех аналогичных исследованиях с шарошечными породоразрушающими инструментами. Рассматриваемый диапазон спектра имеет большее количество фоновых помех (по сравнению с диапазоном, соответствующим спектру частоты вращения долота), но это не исключает возможность четкой регистрации рабочей частоты вращения шарошек.

Отдельным направлением исследований стало изучение работы «аварийного» долота. На двухшарошечном долоте одна из шарошек была заклинена посредством сварки ее с лопой. Был проведен комплекс исследований, который подтвердил возможность идентификации неисправностей породоразрушающего инструмента через нестабильность частоты вращения по спектрам, рассчитанным на основе изменения амплитуды напряжения релаксационного тока. На рис. 4 представлен спектр, соответствующий частоте вращения шарошечного долота с заклиненной шарошкой, который характеризуется наличием множества фоновых помех, а также изменениями («проскальзыванием») частоты вращения самого инструмента, по которым можно идентифицировать выход из строя, либо разрушение шарошечного долота. Таким образом, доказана возможность идентификации неисправности работы инструмента на забое по изменению спектра, соответствующего частоте его вращения.

## Итоги

Приведена методика проведения эксперимента, результаты анализа спектров релаксационных токов, полученных для различных геолого-технологических условий. Полученные данные могут быть использованы для контроля процесса бурения.

## Выводы

1. Имеет место корреляция между процессом разрушения горной породы и генерацией релаксационного тока.

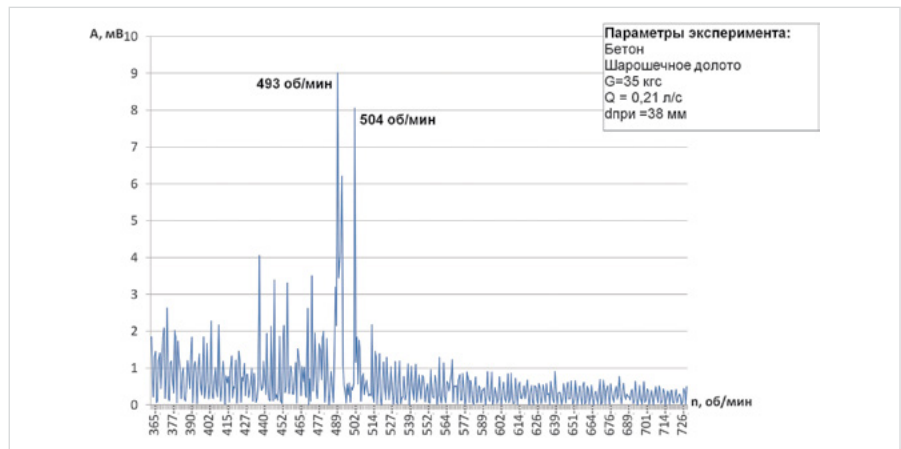


Рис. 2 — Спектр, соответствующий частоте вращения двухшарошечного долота при разбуривании бетона с осевой нагрузкой 35 кгс

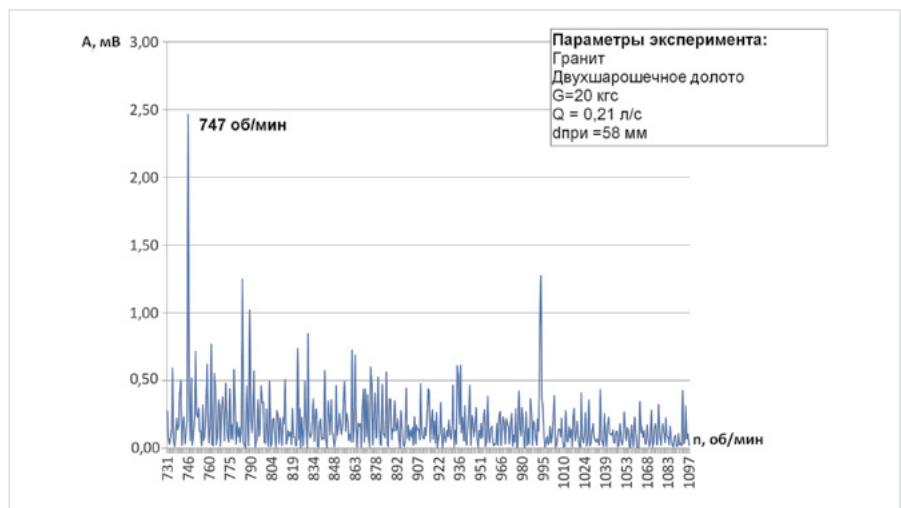


Рис. 3 — Спектр, соответствующий частоте вращения шарошек двухшарошечного долота при разбуривании гранита с осевой нагрузкой 20 кгс



Рис. 4 — Спектр, соответствующий частоте вращения двухшарошечного долота с одной заклиненной шарошкой при разбуривании гранита с осевой нагрузкой 20 кгс

2. По спектрам, рассчитанным на основе амплитуды напряжения релаксационного тока, возможна регистрация и контроль частоты вращения породоразрушающего инструмента и шарошек (для шарошечных долот).
3. По спектрам, описывающим нестабильную работу породоразрушающего инструмента, возможна идентификация его неисправности — заклинивание шарошки, поломка лопастей, опор и др.

## Список используемой литературы

1. Шигин А.О., Гилев А.В. Разработка идеализированной модели бурения горных пород с различными физико-механическими свойствами // *Фундаментальные исследования*. 2012. №3. С. 665–667. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=9999003](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=9999003) (дата обращения 7.10.2015).

2. Влияние частоты вращения долота. Влияние расхода бурового раствора. 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nefrussia.ru/vlijanie-chastoty-vrashheniya-dolota/> (дата обращения 7.10.2015).
3. Патент 2494367 РФ, МПК G01N27/00, G01N3/08 Устройство для регистрации электромагнитного излучения, возникающего при разрушении горных пород бурением, и способ его применения. 2011100192/28, Заявл. 11.01.2011. Опул. 27.09.2013.
4. Епихин А.В., Карнеев К.В. Исследование влияния различных факторов на импульсные электрические токи, возникающие при разрушении горных пород. Материалы X юбилейной международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2009», Ухта, 2009. С. 177–180.
5. Епихин А.В., Карнеев К.В. Analysis of different factors on electric current impulses during drilling. Труды XIII Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2009. С. 929–932.
6. Епихин А.В., Ковалев А.В. Оценка частоты вращения породоразрушающего инструмента по спектрам постоянных токов, возникающих при разрушении горных пород на забое. Материалы XII международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2011», Ухта, 2011. С. 23–26.
7. Епихин А.В., Ковалев А.В. Перспективы использования релаксационных токов в качестве источника информации о параметрах режима бурения. Труды VI Открытой региональной молодёжной конференции ОАО «ТомскНИПИнефть» «Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа», Томск, 2013. С. 220–225.
8. Епихин А.В., Григоренко А.К., Евсеев В.Д., Самохвалов М.А., Ковалев А.В. Релаксационные токи с забоя скважины и параметры режима бурения. Материалы II Международной научно-технической конференции «Повышение качества строительства скважин», Уфа, 2010. С. 92–97.

ENGLISH

DRILLING

## Control bit's speed by spectra of electric currents generated at rock destruction by drilling

UDC 622.24

### Authors:

Anton V. Epikhin — senior lecturer<sup>1</sup>; [epikhinav@mail.ru](mailto:epikhinav@mail.ru)

<sup>1</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

### Abstract

The scientific work is devoted to the phenomenon of the generation of electric currents in rock destruction by drilling. It's may be a promising new information channel of communication "well bottom-surface". The possibility of determining the value of speed rock-breaking tool by spectra of electric current for various geological, technical and technological conditions of the experiment. In addition, proof of the possibility of determining the technical condition of the bit on the characteristics of the electric currents. The use of the results will increase the efficiency and durability of the bit at the well bottom.

### Materials and methods

Experiments were conducted using sound methodology on a specially equipped stand on the basis of the drilling machine with the possibility of varying the parameters of the drilling mode.

On the basis of experimental research the spectra of electric currents recorded during the drilling of rocks, it proved possible to control the frequency of rock cutting tool and its technical condition.

### Results

Presented the technique of the experiment, the results of the obtained electric currents spectra's analysis for various geological and technological conditions. The obtained data can be used to control the drilling process.

### Conclusions

1. There is a correlation between the process of rock destruction and generation of electric currents.
2. Register and control the speed of rock cutting tools and cones (for roller cone bits) is possible by spectrum calculated on amplitude electric currents during drilling.
3. Identify a fault of the rock cutting tool (jamming cutters, breaking blades, bearings) is possible by spectra describing its unstable operation.

### Keywords

drilling, rock, electric current, frequency of rock cutting tool, spectra

### References

1. Shigin A.O., Gilev A.V. *Razrabotka idealizirovannoy modeli bureniya gornyykh porod s razlichnymi fiziko-mekhanicheskimi svoystvami* [The development of an idealized model of drilling rocks with different physical and mechanical properties]. *Fundamental research*, 2012, issue 3, pp. 665–667. Available at: [http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=9999003](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=9999003) (accessed 7 October 2015).
2. *Vliyanie chastoty vrashcheniya dolota. Vliyanie raskhoda burovogo rastvora* [Effect of speed bit. Effect of flow of drilling fluid]. 2014 Available at: <http://nefrussia.ru/vlijanie-chastoty-vrashheniya-dolota/> (accessed 7 October 2015).
3. Patent 2494367 of the Russian Federation, МПК G01N27 / 00 , G01N3 / 08 *Ustroystvo dlya registratsii elektromagnitnogo izlucheniya, voznikayushchego pri razrushenii gornyykh porod bureniem, i sposob ego primeneniya* [Device for detection of electromagnetic radiation produced by the destruction of rocks by drilling and the method of its application]. 2011100192/28, stated. 11.01.2011. Published 27.09.2013.
4. Epikhin A.V., Karneev K.V. *Issledovanie vliyaniya razlichnykh faktorov na impul'snye elektricheskie toki, voznikayushchie pri razrushenii gornyykh porod* [Research of the influence of various factors on pulsed electric currents produced by the destruction of rocks]. *Proceedings of the X anniversary International Youth Scientific Conference "Severgeoeconotech 2009"*, Ukhta, 2009, pp. 177–180.
5. Epikhin A.V., Karneev K.V. Analysis of different factors on electric current impulses during drilling. *Proceedings of the XIII International Symposium of students and young scientists named after Academician M.A. Usov "Problems of Geology and Mineral Resources Development"*, Tomsk, 2009, pp. 929–932.
6. Epikhin A.V., Kovalev A.V. *Otsenka chastoty vrashcheniya porodorazrushayushchego instrumenta po spektram postoyannykh tokov, voznikayushchikh pri razrushenii gornyykh porod na zaboe* [Estimation of speed rock cutting tool by the spectra of direct electric currents resulting in the destruction of rocks at the well bottom]. *Materials of the XII International Youth Scientific Conference "Severgeoeconotech 2011"*, Ukhta, 2011. pp. 23–26 .
7. Epikhin A.V., Kovalev A.V. *Perspektivy ispol'zovaniya relaksatsionnykh tokov v kachestve istochnika informatsii o parametrah rezhima bureniya* [Prospects for the use of the electric currents as a source of information about the parameters of drilling mode]. *Proceedings of the VI Open regional youth conference of "TomskNIPIneft" "Problems of exploration, development and construction of oil and gas"*, Tomsk, 2013, pp. 220–225.
8. Epikhin A.V., Grigorenko A.K., Evseev V.D., Samokhvalov M.A., Kovalev A.V. *Relaksatsionnye toki s zaboya skvazhiny i parametry rezhima bureniya* [Electric currents from well bottom and mode settings]. *Proceedings of the II International Scientific Conference "Improving the quality of well construction"*, Ufa, 2010, pp. 92–97.