

# ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ И НЕФТЕГАЗОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА

DOI: 10.21440/0536-1028-2021-5-28-35

## The efficiency of rock breaking when drilling wells by the pellet impact method at different angles of wellbore inclination

Evgenii D. Isaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

e-mail: [pelletdrilling@gmail.com](mailto:pelletdrilling@gmail.com)

### *Abstract*

**Introduction.** This paper considers the pellet impact drilling method which implies rock destruction by metal pellets impacting the rock. A. B. Uvakov carried out successful research on directional drilling by the pellet impact method that showed a positive result. However, little attention was paid to bench laboratory studies. Moreover, there is no information on the efficiency of pellet impact drilling at various angles of wellbore inclination.

**The research objective** is to analyze the efficiency of rock breaking in the process of well drilling by the pellet impact method at various angles of wellbore inclination to vertical.

**Methods of research.** The author has designed and manufactured a laboratory bench to conduct the research. The laboratory bench design provides drilling mud closed circulation and cuttings removal by gravity settling. A PMMA tube placed inside a metal glass imitate wellbore walls. Samples of ceramic tiles imitating rocks were used in the experiments. The volume of rock drilled out per unit of time was determined at various pellet portion masses and angles of wellbore inclination to vertical.

**Results.** The present research was the first to find the dependency between the angle of wellbore inclination to vertical and rock breaking efficiency during pellet impact drilling. Four sets of experiments were carried out at different zenith angles: 0°, 30°, 60°, and 90°. It has been found that pellet impact drilling is possible at different angles of wellbore inclination to vertical up to 90° (horizontal wellbore); drilling efficiency increases with the zenith angle. The cylindrical shape of the wellbore is retained.

**Summary.** The results obtained expand the potential scope of the pellet impact drilling method and improve drilling efficiency forecast when constructing directional wells.

**Keywords:** rock breaking; directional drilling; pellet impact drilling; metal pellets; hard rocks.

**Introduction.** Tomsk Polytechnic University carries out research on the improvement of the pellet impact drilling method [1–11] that implies rock destruction by metal pellets circulating at a high speed.

Pellet impact drilling was introduced in the USA in 1955 [12] and further developed in the USSR by A. B. Uvakov [13] and S. A. Zaurbekov [14]. Theoretical study of the pellet impact drilling was carried out in the Ukraine [15–17]. V. V. Shtrasser contemplated the possibility of applying the pellet impact drilling bit to disperse rock debris [18].

Prospecting for solid minerals is a promising direction for pellet impact drilling. It is futile to use such method to drill soft rock prone to scree and rockfall.

Directional and multilateral drilling of exploration wells for solid minerals is currently limited due to a number of problems:

- complex design of existing technical means of prospecting assortment for directional drilling and their labor-intensive application;
- lack of production of technical mean for exploration wells directional drilling which were in mass production in the soviet period;

– the majority of national companies specializing in drilling exploration wells have been lacking the experience in drilling multilateral wells (over the last 20 years);

– high costs of a whipstock based on a positive displacement motor with bent sub.

The development of new methods and means of directional well drilling in mining and prospecting is still urgent today [19].

A. B. Uvakov worked on adjusting pellet impact drilling for artificial deviation of wells when drilling for solid minerals. He proposed to include a bent pipe or sub with a drilling bit orientation mechanism into the bottom-hole assembly to change the trajectory of the wellbore [13]. That idea repeats the design of a downhole drilling motor (DDM) with angularity that is commonly used in drilling today.

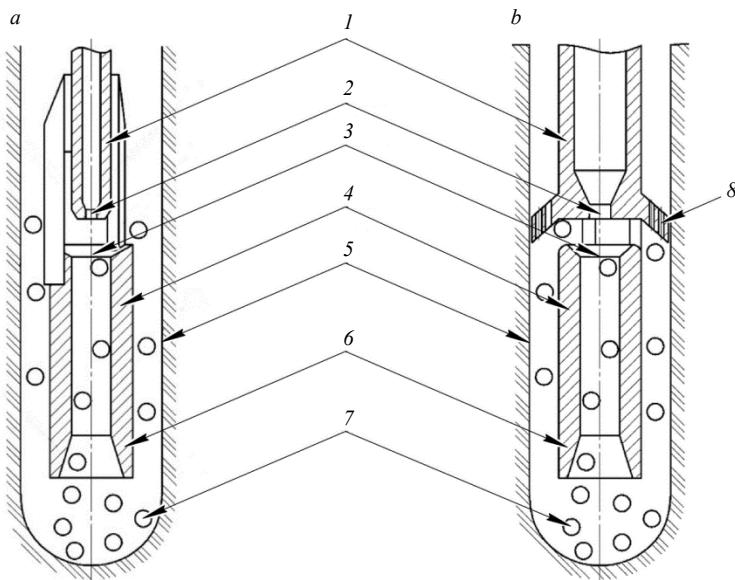


Fig. 1. Pellet impact drilling bit:  
a – design by A. B. Uvakov; b – design being studied; 1 – drill pipe, 2 – nozzle, 3 – inlet ports, 4 – mixing chamber, 5 – borehole walls, 6 – diffuser, 7 – pellets, 8 – guide sleeve

Рис. 1. Снаряд для шароструйного бурения:

a – конструкция А. Б. Увакова; b – исследуемая конструкция; 1 – бурильная труба;  
2 – сопло; 3 – выпускные окна; 4 – камера смешения; 5 – стени скважины; 6 – диффузор;  
7 – шары; 8 – задерживающее устройство

A method of well trajectory deviation was worked out at the West Tekeli, Sayak, Karazhal, and Chaturkul deposits (Kazakh SSR). Field trials revealed that the pellet impact method ensured high reliability of wellbore bending in a given direction and reduced the time for bending [13].

Based on the results achieved by A. B. Uvakov, it is possible to emphasize the following advantages of pellet impact drilling to directional wells construction:

– drilling bit orientation in a wellbore is reliable since it is not necessary to rotate the drill column and create axial load;

– pellet impact drilling bit design and wall bending technology are simple;

– it is possible to continuously increase the angle on an extended section of the well.

Despite its great practical significance, A. B. Uvakov's research paid little attention to laboratory studies. There is no information on whether any changes in the well's zenith angle influence the speed of pellet impact drilling and well sinking by diameter, or whether it is possible to drill horizontal wells using such method. Without this information, it is

impossible to accurately predict the effectiveness and result of procedures aimed at artificial change of well's trajectory during pellet impact drilling. The complication and accident risks increase.

**Research objective** is to analyze the efficiency of rock destruction in the process of well drilling by the pellet impact method at various angles of wellbore inclination to vertical.

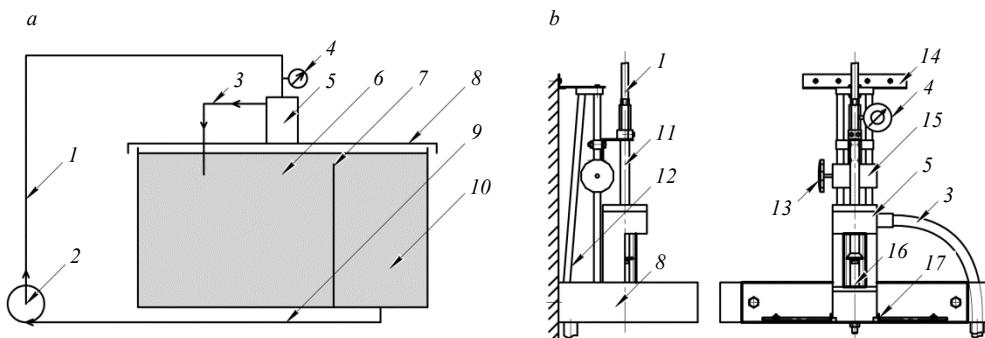


Fig. 2. Laboratory bench:

a – циркуляционная система; b – схема основания стенда; 1 – нагнетательная линия; 2 – насос; 3 – линия сброса; 4 – манометр; 5 – стакан, имитирующий стеники скважины; 6 – отсек для сброса жидкости вместе со шламом (отстойник); 7 – перегородка; 8 – основание стенда; 9 – питающая линия; 10 – отсек для подачи на буровой насос; 11 – бурильная труба; 12 – направляющая; 13 – маховик подачи; 14 – крепление направляющей; 15 – подъемный механизм; 16 – снаряд для бурения; 17 – крепление стакана

Рис. 2. Лабораторный стенд:

a – циркуляционная система; b – схема основания стенда; 1 – нагнетательная линия; 2 – насос; 3 – линия сброса; 4 – манометр; 5 – стакан, имитирующий стеники скважины; 6 – отсек для сброса жидкости вместе со шламом (отстойник); 7 – перегородка; 8 – основание стенда; 9 – питающая линия; 10 – отсек для подачи на буровой насос; 11 – бурильная труба; 12 – направляющая; 13 – маховик подачи; 14 – крепление направляющей; 15 – подъемный механизм; 16 – снаряд для бурения; 17 – крепление стакана

**Research materials and methods.** The studies were carried out on a scalable laboratory bench. The drilling bit design by A. B. Uvakov (Figure 1, a) was used as a basis. The presence of a guide sleeve 8 located above the inlet ports is the distinctive feature of the design applied in the experiments (Figure 1, b). The guide sleeve 8 has made it possible to prevent the pellets from rising above the inlet ports when the drilling mud flow rate increases.

When the pellet impact drilling bit works, the drilling mud jet flowing out of the nozzle 2 transfers energy to the pellets 7. Passing through the mixing chamber 4, the pellets 7 accelerate, impact the rock, and break it. The pellets circulation in the well is closed, when they impact the guide sleeve 8 they pass through the inlet ports 3 located inside the drilling bit under the nozzle.

The scheme of the laboratory bench is shown in Figure 2. The drilling mud fed by the pump 2 moves along the discharge line 1 and approaches the pellet impact drilling bit 16 through the drill pipe 11. The pressure in the supply line is fixed by the pressure gage 4. The wellbore walls simulate the glass 5. Linear supply of the drilling bit is carried out by the lifting mechanism 15, located on the guide 12, and by the flywheel 13 rotation. The fluid is removed through line 3. After passing through the pellet impact drilling bit and the glass, the drilling mud and cuttings are dumped into compartment 6, where the sludge settles gravitationally. Through the upper overflow over the partition 7, the drilling mud enters the compartment 10 and is drawn in by the pump 2 through the supply line 9 again.

The experimental procedure is as follows. A sample imitating a rock (ceramic tile) is installed in the lower part of the glass 5. Into the PMMA tube, a portion of metal pellets

and a pellet impact drilling bit 16 are placed. The pellet impact drilling bit 16 is screwed to the drill pipe 11. The glass 5, with the pellet impact drilling bit 16 and the guide 12 inside, is positioned at a required angle (Figure 3). The pump switches on, and for a fixed time, pellets circulate in the well and break the rock. After the experiment, the bit is disassembled and the geometry of the resulting depression is recorded, namely, the diameter, volume, and depth of the well.

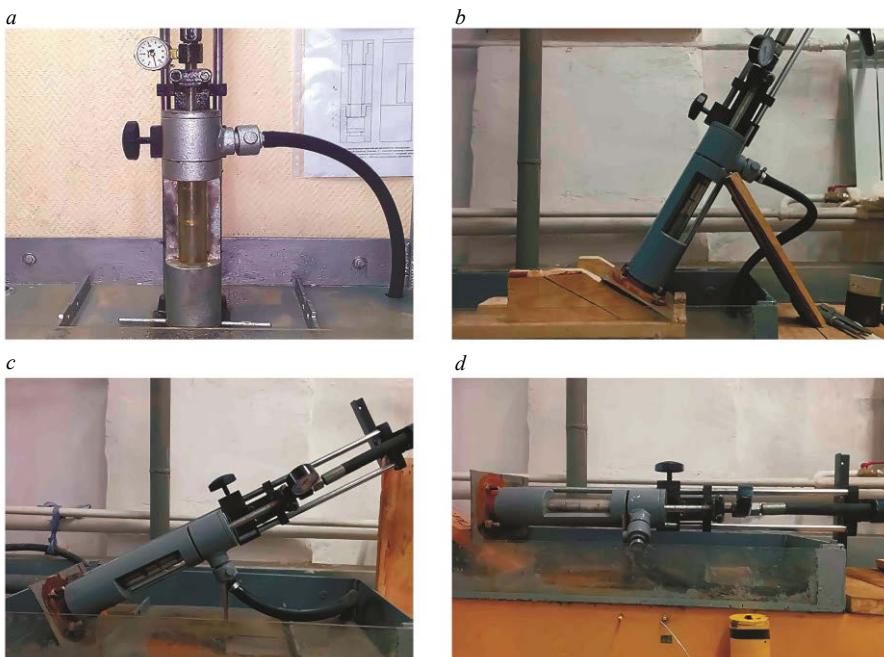


Рис. 3. Drill string positioning during the experiments:

*a – 0°; b – 30°; c – 60°; d – 90°*

Fig. 3. Положения бурового снаряда при проведении экспериментов:

*a – 0°; b – 30°; c – 60°; d – 90°*

**Results and discussion.** The present research was the first to find dependency between the angle of wellbore inclination to vertical and the rock breaking efficiency during pellet impact drilling. The volume of rock drilled per unit of time is meant by the rock breaking efficiency. In the course of work, the ratios between the volume of the broken rock and the pellet portion mass were obtained. Four sets of experiments were carried out at different angles of bit inclination to vertical: 0°, 30°, 60°, and 90°. The results are shown in Figure 4.

The graphs show that the greatest efficiency is recorded at the maximum angle of bit's inclination corresponding to 90°. The drilling efficiency reduces with the angle.

This dependency may presumably be explained by an increase in the number of pellet impacts against the bottom of the well per unit time caused by the reduced chaos of pellets circulation between the lower face of the diffuser and the rock to break. The pellets exit this zone quicker, which increases their consumption under a constant mass of the portion.

It is significant that all experiments have shown that the drilled wells had a shape close to a circle in a section perpendicular to the axis of the well.

In each set of experiments, the drilling productivity grows with the pellet portion mass, and then falls. The loss of efficiency is caused by pellets accumulation in front of the drilling bit inlet ports.

**Summary.** The present research proved that in principle it is possible to drill horizontal wells using the pellet impact method.

Analytical dependencies have been obtained that characterize drilling efficiency depending on the angle of wellbore inclination.

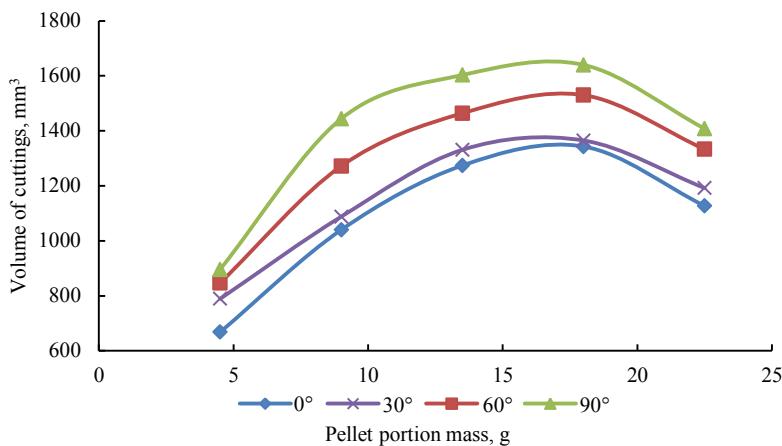


Fig. 4. Dependence of the volume of the drilled well on the number of pellets involved in the drilling process at different angles of inclination of the drilling bit  
 Рис. 4. Зависимость объема пробуренной скважины от количества шаров, участвующих в процессе бурения, при разных углах наклона бурового снаряда

The presented results make it possible to state that the effect of gravity on the distribution of pellet impacts against the bottom of the well is insignificant. Even when drilling horizontal wells, the cylindrical shape of the wellbore will be retained.

#### REFERENCES

- Vagapov A. R., Isaev E. D. Testing a pellet impact ejector drill stem using a test bench based on the SKB-4 bench. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 21st Internat. Sci. Symp. in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 3–7 April, 2017*. Vol. 2. Tomsk: TPU Publishing; 2017. p. 460–461. (In Russ.)
- Vagapov A. R., Nechaev D. A., Dubinskii D. G. Analyzing the methods of keeping an optimal distance between the drilling bit and the wellbore bottom in pellet impact drilling. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 20th Internat. Sci. Symp. in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 6–10 April, 2016*. Vol. 2. Tomsk: TPU Publishing; 2016. p. 710–712. (In Russ.)
- Gorbenko M. V. Searching for an effective scope for pellet impact ejector drill stems. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 21st Internat. Sci. Symp. in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 3–7 April, 2017*. Vol. 2. Tomsk: TPU Publishing; 2017. p. 568–569. (In Russ.)
- Dubinskii G. D., Vagapov A. R., Nechaev D. A. Development trends and prospects for a pellet impact drilling of wells. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 20th Internat. Sci. Symp. in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 6–10 April, 2016*. Vol. 2. Tomsk: TPU Publishing; 2016. p. 732–734. (In Russ.)
- Isaev E. D. Regarding the prospects of pellet impact drilling development. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 20th Internat. Sci. Symp. in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 6–10 April, 2020*. Vol. 2. Tomsk: TPU; 2020. p. 451–452. (In Russ.)
- Kovalev A. V., Riabchikov S. Ia., Aliev F. R., Iakushev D. A., Gorbenko V. M. Problems of hydrodynamic methods of wells drilling and the main directions in their solution. *Izvestia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2015; 326(3): 6–12. (In Russ.)
- Kovalev A. V., Riabchikov S. Ia., Gorbenko M. V., Gorbenko V. M., Saruev L. A. Calculation of ball jet drilling processes in the optimal mode of rock destruction. *Georesursy = Georesources*. 2016; 18(1): 102–106. Available from: doi: 10.18599/grs.18.2.5 (In Russ.)
- Stoliarov R. V., Kovalev A. V. An abrasive drill with a water jet ejection bit. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 13th Internat. Sci. Symp. for Students and Young Scientists*

*in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 2009.* Tomsk: TPU Publishing; 2009. p. 520–521. (In Russ.)

9. Urnish V. V., Kovalev A. V., Gorbenko M. V., Saruev L. A. Developing the design of a time-delay device for pellet impact drilling of well with a catching and backup device. In: *Problems of geology and subsurface development: Proceedings of the 20th Internat. Sci. Symp. for Students and Young Scientists in honor of Academician M. A. Usov, Tomsk, 4–8 April, 2016.* Vol. 2. Tomsk: TPU Publishing; 2016. p. 786–788. (In Russ.)

10. Urnish V. V., Saruev L. A., Saruev A. L. Optimization of pellet impact drilling regimes by regulation of spacing between a drill bit and a hole bottom. *Izvestia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering.* 2018; 329(4): 162–170. (In Russ.)

11. Kovalyov A. V., Ryabchikov S. Ya., Isaev Ye. D., Ulyanova O. S. Modeling pellet impact drilling process. In: *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2016; 33: 012030. Available from: doi: 10.1088/1755-1315/33/1/012030

12. Eckel I. E., Deily F. H., Ledgerwood L. W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits. *Transaction AIME.* 1956; 207: 15.

13. Uvakov A. B. *Pellet impact drilling.* Moscow: Nedra Publishing; 1969. (In Russ.)

14. Zaurbekov S. A. *Improving the effectiveness of face hydrodynamic processes: PhD in Eng. abstract of thesis. Almaty;* 1995. (In Russ.)

15. Viatkin S. S. Current state and problems of physical drilling methods. In: *Drilling: Proceedings of the 11th All-Ukrainian Sci. to Pract. Conf. for Students, Donetsk, 28–29 April, 2011.* p. 20–22.

16. Davidenko A. N., Ignatov A. A. *Abrasiv-mechanical impact drilling of wells.* Dnipropetrovsk: NSU Publishing; 2013.

17. Jaroshenko A. V. Room for physical drilling methods efficiency improvement. In: *Forum for drilling students: Proceedings of the All-Ukrainian Sci. and Tech. Conf.* Dnipropetrovsk; 2017. p. 7–9.

18. Shtrasser V. V., Stakhanov D. V., Popov A. I. Water-jet recirculator: theory and practice of application. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University.* 2016; 4: 159–171. (In Russ.)

19. Neskoromnykh V. V., Golovchenko A. E. Performance analysis and modernization of a deflection system based on the downhole hammer. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal.* 2020; 2: 5–16. Available from: doi: 10.21440/0536-1028-2020-2-5-16

Received 1 June 2021

## Information about authors:

**Evgenii D. Isaev** – PhD student, Division for Oil and Gas Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University. E-mail: pelletdrilling@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3694-0307>

УДК 622.243.43

DOI: 10.21440/0536-1028-2021-5-28-35

## **Исследование эффективности разрушения горной породы в процессе бурения скважин шароструйным способом при разных углах наклона ствола скважины**

**Исаев Е. Д.<sup>1</sup>**

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

### **Реферат**

**Введение.** Известен шароструйный способ бурения скважин. Разрушение горной породы при шароструйном способе бурения происходит под действием ударов металлических шаров. Работы по наклонно-направленному бурению скважин шароструйным способом успешно проводились А. Б. Уваковым и показали положительный результат. Однако в своей работе исследователь не уделил достаточного внимания стендовым лабораторным исследованиям. Отсутствует информация об эффективности бурения шароструйным способом при различных углах наклона ствола скважины.

**Цель работы.** Исследовать эффективность разрушения горной породы в процессе бурения скважин шароструйным способом при различных углах наклона ствола скважины к вертикали.

**Методология.** Для проведения исследований спроектирован и изготовлен лабораторный стенд. В конструкции лабораторного стендла обеспечивается замкнутая циркуляция промывочной жидкости с удалением выбуренной породы посредством гравитационного осаждения. Стенки скважины имитируют трубка из оргстекла, расположенная внутри металлического стакана. Исследования проводились на образцах керамической плитки, имитирующих горную породу. Определялся объем выбуренной за единицу времени породы при варьировании массы порции шаров и угла наклона снаряда к вертикалам.

**Результаты.** Впервые установлена закономерность между углом наклона ствола скважины к вертикали и эффективностью разрушения горной породы при бурении шароструйным способом. Проведено 4 серии экспериментов при зенитных углах  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $90^\circ$ . Установлено, что бурение шароструйным способом возможно при углах наклона ствола скважины к вертикали вплоть до  $90^\circ$  (горизонтальный ствол), при этом с увеличением зенитного угла эффективность бурения повышается. Поддерживается цилиндрическая форма ствола скважины.

**Выводы.** Полученные результаты расширяют потенциальную область применения шароструйного способа бурения и улучшают эффективность прогнозирования эффективности бурения при строительстве наклонно-направленных скважин.

**Ключевые слова:** разрушение горных пород; наклонно-направленное бурение; шароструйное бурение; металлические шариры; твердые горные породы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вагапов А. Р., Исаев Е. Д. Испытание шароструйно-эжекторного бурового снаряда на лабораторном стенде на базе станка СКБ-4 // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова, Томск, 3–7 апреля, 2017. Т. 2. Томск: ТПУ, 2017. С. 460–461.
2. Вагапов А. Р., Нечаев Д. А., Дубинский Д. Г. Анализ способов поддержания оптимального расстояния между снарядом и забоем при шароструйном бурении скважин // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова, Томск, 6–10 апреля, 2016. Т. 2. Томск: ТПУ, 2016. С. 710–712.
3. Горбенко М. В. Выявление эффективной области применения шароструйно-эжекторных буровых снарядов // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симп. студентов и молодых ученых им. акад. М. А. Усова, Томск, 3–7 апреля, 2017. С. 568–569.
4. Дубинский Г.Д., Вагапов А. Р., Нечаев Д. А. Тенденции и перспективы развития шароструйного бурения скважин // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова, Томск, 6–10 апреля, 2016. Т. 2. Томск: ТПУ, 2016. С. 732–734.
5. Исаев Е. Д. К вопросу перспектив развития шароструйного бурения // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова, Томск, 6–10 апреля, 2020. Т. 2. Томск: ТПУ, 2020. С. 451–452.
6. Ковалев А. В., Рябчиков С. Я., Алиев Ф. Р., Якушев Д. А., Горбенко В. М. Проблемы гидродинамических способов бурения скважин и основные направления их решения // Известия Томского политехнического университета. 2015. Т. 326. № 3. С. 6–12.
7. Ковалев А. В., Рябчиков С. Я., Горбенко М. В., Горбенко В. М., Саруев Л. А. Расчет технологических процессов шароструйного бурения в оптимальном режиме разрушения горных пород // Георесурсы. 2016. Т. 18. № 1. С. 102–106. DOI: 10.18599/grs.18.2.5
8. Столяров Р. В., Ковалев А. В. Установка для абразивного бурения с применением долота гидромониторно-эжекторного типа // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XIII Междунар. симп. студентов и молодых ученых им. акад. М. А. Усова, Томск, 2009. Томск: ТПУ, 2009. С. 520–521.
9. Уриши В. В., Ковалев А. В., Горбенко М. В., Саруев Л. А. Разработка конструкции задерживающего устройства для шароструйного бурения скважин с применением улавливающе-подпитывающего устройства // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симп. студентов и молодых ученых им. акад. М. А. Усова, Томск, 4–8 апреля, 2016. Т. 2. Томск: ТПУ, 2016. С. 786–788.
10. Уриши В. В., Саруев Л. А., Саруев А. Л. Оптимизация режимов шароструйного бурения регулированием расстояния от снаряда до забоя // Известия Томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 4. С. 162–170.
11. Kovalyov A. V., Ryabchikov S. Ya., Isaev Ye. D., Ulyanova O. S. Modeling pellet impact drilling process // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2016. Vol. 33. Art. 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/33/1/012030
12. Eckel I. E., Deily F. H., Ledgerwood L. W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. 1956. Vol. 207. P. 15.
13. Уваков А. Б. Шароструйное бурение. М.: Недра, 1969. 207 с.
14. Заурбеков С. А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. .... канд. техн. наук. Алматы, 1995. 18 с.
15. Вяткин С. С. Современное состояние и проблемы развития физических способов бурения // Бурение: матер. докл. XI Всеукр. науч.-техн. конф. студентов, Донецк, 28–29 апреля, 2011. С. 20–22.
16. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. Абразивно-механическое ударное бурение скважин. Днепропетровск: НГУ, 2013. 110 с.
17. Ярошенко А. В. Резерв повышения производительности физических способов бурения // Форум студентов-буровиков: сб. докл. Всеукр. студ. науч.-техн. конф. Днепропетровск, 2017. С. 7–9.
18. Штрассер В. В., Стаканов Д. В., Попов А. И. Водоструйный рециркулятор: вопросы теории и практики применения // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 4. С. 159–171.

19. Нескоромных В. В., Головченко А. Е. Анализ работоспособности и модернизация отклоняющего комплекса на базе забойной ударной машины // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 2. С. 5–16. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-2-5-16

Поступила в редакцию 1 июня 2021 года

**Сведения об авторах:**

**Исаев Евгений Дмитриевич** – аспирант отделения нефтегазового дела Томского политехнического университета. E-mail: pelletdrilling@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3694-0307>

**Для цитирования:** Исаев Е. Д. Исследование эффективности разрушения горной породы в процессе бурения скважин шароструйным способом при разных углах наклона ствола скважины // Известия вузов. Горный журнал. 2021. № 5. С. 28–35 (In Eng.). DOI: 10.21440/0536-1028-2021-5-28-35  
**For citation:** Isaev E. D. The efficiency of rock breaking when drilling wells by the pellet impact method at different angles of wellbore inclination. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal.* 2021; 5: 28–35. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-5-28-35