

**А. Ю. ДРЕУС**

### ТЕПЛОВІДДАЧА БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ В УМОВАХ ЗМІННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

**АНОТАЦІЯ** Предметом дослідження є процеси теплообміну на вибою бурової свердловини при бурінні алмазними коронками. Розглянуто імпульсний режим охолодження, який має місце в нових високоефективних технологіях буріння зі змінною подачею бурового розчину. Методами дослідження є математичне моделювання та обчислювальний експеримент. В роботі представлено результати моделювання гідродинамічних полів на вибою свердловини під час буріння. Запропоновано методику визначення коефіцієнтів тепловіддачі в умовах змінного охолодження. На основі даних по розподілу швидкості розраховані середні коефіцієнти тепловіддачі бурової коронки для різних варіантів змінного режиму охолодження. Результати роботи представляють інтерес для визначення температурного режиму бурового інструменту і визначення енерго- та ресурсозберігаючих режимів буріння з імпульсною промивкою.

**Ключові слова:** тепловіддача, буріння, змінне охолодження, математичне моделювання.

**A. Yu. DREUS**

### HEAT TRANSFER OF DRILLING TOOL UNDER VARIABLE COOLING

**ABSTRACT** The subject of research is the heat transfer process on the working face of the drilling borehole using diamond core bits. This problem is very important for development of new high-technology drilling where variable supply of mud is used. The aim of this article is defining the variable heat transfer coefficients on the drill tool surface. Methods of research are mathematical modeling and computational experiment. Historical review of publications and modern works related at this problem are conducted, and actuality of presented work is justified. The fluid dynamics of drill mud on the working face of borehole is needed for solving thermal problem. Thus, results of 3D modelling of fluid dynamics are presented as well. The outcome of modelling shows that heat transfer coefficient is changed into one direction only. The expressions for defining heat transfer coefficients as function from time were proposed, taking to account a mode of cooling. Based on the calculation of the average mud velocity field, heat transfer coefficients for core bit were defined. Obtained results of interest to determine the temperature regime of drilling tools and determination and energy saving mode with pulse drilling flushing.

**Key words:** heat transfer, drilling, variable cooling, mathematical modelling.

#### Вступ

Буріння свердловин є основним та найбільш достовірним способом пошуку та розвідки твердих корисних копалин, а також необхідним для видобутку води, нафти і газу, проведення інженерних робіт та інших прикладних цілей.

Виробничий цикл буріння складається з низки технологічних операцій, серед яких найбільш енергоємним є безпосередньо процес руйнування гірської породи. Зазначимо, що коефіцієнт корисної дії процесу буріння незначний. По даним, що наведені в огляді [1] від 85 до 98 % енергії, що підводиться до інструменту, витрачається на теплоутворення, причому, при бурінні алмазними коронками в теплоту переходить (90–95) % енергії, що підводиться. Решта енергії витрачається на остаточні зміни в інструменті, і лише (0,5–3) % витрачається на руйнування породи.

Останнім часом багатьма дослідниками як в Україні, так і за кордоном, пропонуються нові технології буріння, в яких використовується змінний режим подачі бурового розчину в свердловину [2 – 6]. Як свідчать результати експериментальних випробувань, такий спосіб промивки свердловини дозволяє підвищити техніко-економічні показники буріння. Проте, з огляду на те, що буровий розчин виконує функцію охолод-

ження інструменту, змінний режим його подачі може призвести до перегріву коронки та швидкої втрати ресурсу. Таким чином, виникає потреба в визначенні параметрів імпульсної подачі розчину, які дозволять зберегти допустимий температурний режим бурової коронки. Ця задача пов'язана з необхідністю вивчення теплообмінних процесів на вибою свердловини під час буріння, зокрема тепловіддачі.

#### Мета роботи

Метою представленої роботи є визначення фізичних умов на вибою свердловини при бурінні та визначення коефіцієнтів тепловіддачі при змінних умовах охолодження інструменту.

#### Викладення основного матеріалу

Вперше проблема визначення температурних режимів інструменту привернула увагу дослідників у зв'язку з початком використанням для промивки свердловин середовищ з низькою теплоємністю: стислого повітря, піни, парогазових сумішей та ін. [7]. В подальшому, вивчення теплових процесів на вибій свердловини при бурінні були пов'язанні з потребами практичних задач таких, як буріння на великих глибинах в умовах підвищених температур, буріння твердих порід,

введення в практику форсованих режимів з підвищеними навантаженням на інструмент та ін. Детальний аналіз таких досліджень виконаний в роботах [8, 9], де представлено як результати відомих експериментальних досліджень, так й математичні моделі процесів нагріву та охолодження бурового інструменту.

Визначення теплового стану на вибою передбачає знання коефіцієнтів тепловіддачі від інструмента до бурового розчину. При цьому, не зважаючи на відносно невеликі геометричні розміри бурових коронок, в більшості робіт відзначається, що умови теплообміну не можна вважати однаковими по всій поверхні, що контактує з розчином. Як експериментальні, так і теоретичні дослідження, наприклад [10], свідчать, що температура швидко падає по висоті коронки. Для коректного прогнозування температурного режиму потрібно враховувати геометричні особливості коронки і, відповідно, різні умови теплообміну вздовж бічної поверхні.

Питання визначення коефіцієнтів тепловіддачі при бурінні в спеціальній літературі вивчено недостатньо. В монографії [11] представлено кілька критеріальних рівнянь, що рекомендовано для розрахунків температурних режимів процесу буріння. В роботі [12] запропоновано методику визначення тепловіддачі та представлено критеріальне рівняння, яке доцільно використовувати при моделюванні теплообміну коронки. Але діапазон визначальних параметрів та умови, для яких отримано дане рівняння, суттєво обмежують область його застосування. Також необхідно зазначити, що абсолютна більшість робіт в цьому напрямку виконана для усталеного режиму охолодження, коли витрати бурового розчину не змінюються з часом.

Інтенсивність теплообміну також залежить від гідродинамічних процесів на вибою свердловини. Вочевидь, що картина течії на вибою достатньо складна, і для її вивчення можливості експериментального дослідження є обмеженими. Альтернативним підходом до розгляду гідродинаміки потоку при обтіканні бурової коронки є математичне моделювання з використанням сучасних *CFD* технологій.

В роботах [13, 14] за допомогою комп'ютерного моделювання отримано картину течії бурового розчину на вибою при бурінні алмазними шарошечними долотами. Проте, ці результати не можуть бути використані для дослідження бурових коронок внаслідок суттєвих відмінностей конструкцій. Гідродинаміка потоку, а також теплові і механічні поля в тілі твердосплавної бурової коронки вивчалися методами

математичного моделювання в роботі [15]. Дослідження проводились для умов сталої подачі бурового розчину. На основі результатів обчислювальних експериментів автори пропонують картину фізичних процесів на вибою, але представлені фізична та математична моделі потребують додаткового обґрунтування.

Математична модель теплових процесів в буровій коронці в умовах змінного охолодження запропонована в роботі [16]. Задачу розглянуто у відносно простій одновимірній постановці, а охолодження моделюється за допомогою введення стоків теплоти, що представляють кусково-неперервну функцію від часу. Для проведення досліджень з використанням вказаної моделі, необхідно також додатково визначити коефіцієнти тепловіддачі вздовж поверхні інструменту.

Бурова коронка складається із корпусу та твердосплавної матриці, яка армована буровими алмазами або твердосплавними вставками. Матриця розділена на сектори каналами, по яким рухається потік бурового розчину виконуючі охолоджуючу функцію та очищення вибою від шламу. Кількість промивальних каналів та їх розміри можуть бути різними для різних коронок. Розглянемо стандартну бурову коронку 01A3 діаметром 76 мм з чотирьома промивальними каналами висотою  $h = 4 \times 10^{-3}$  м і шириною  $b = 8 \times 10^{-3}$  м. Загальний вигляд коронки представлено на рис. 1.

Під час буріння коронка знаходиться під навантаженням і обертається на поверхні вибою, руйнуючі гірську породу. При цьому вона омивається турбулентним потоком бурового розчину. Моделювання процесів гідродинаміки виконувалось з використанням стандартної моделі турбулентності [17] за допомогою *CFD* інструментів. Картина гідродинамічних ліній струму при обтіканні коронки, що бурить гірську породу, представлено на рис. 2.

Як видно із результатів моделювання на рис. 2, картина течії на вибою має складний характер. Обертання коронки сприяє інтенсивному омиванню бічних внутрішньої та зовнішньої поверхонь коронки буровою рідиною. Таким чином, можна вважати, що основні зміни умов теплообміну перебігають лише в напрямку вгору від вибою. Це свідчить про коректність підходу що був запропонований в [16].

Слідуючи відомим підходам з моделювання процесів нагрівання алмазних бурових коронок [8], виділимо три основні ділянки по висоті коронки, де умови теплообміну суттєво різняться. Це область промивальних каналів, бічна поверхня матриці коронки і бічна поверхня корпусу коронки.



Рис. 1 – Загальний вигляд коронки: 1 – корпус;  
2 – матриця; 3 – промивальні канали

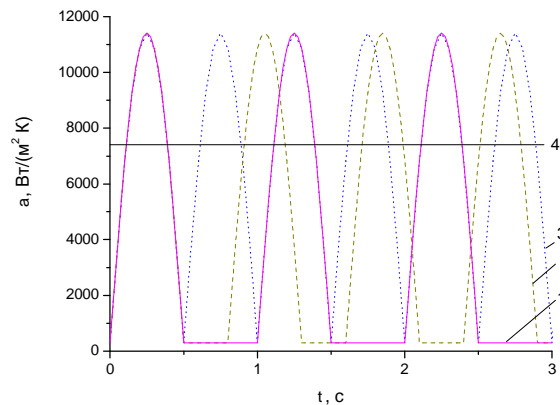


Рис. 3 – Характер зміни коефіцієнтів тепловіддачі з часом для промивальних каналів: 1 – переривиста симетрична промивка; 2 – переривиста несиметрична промивка; 3 – реверсна промивка; 4 – середнє за імпульс значення

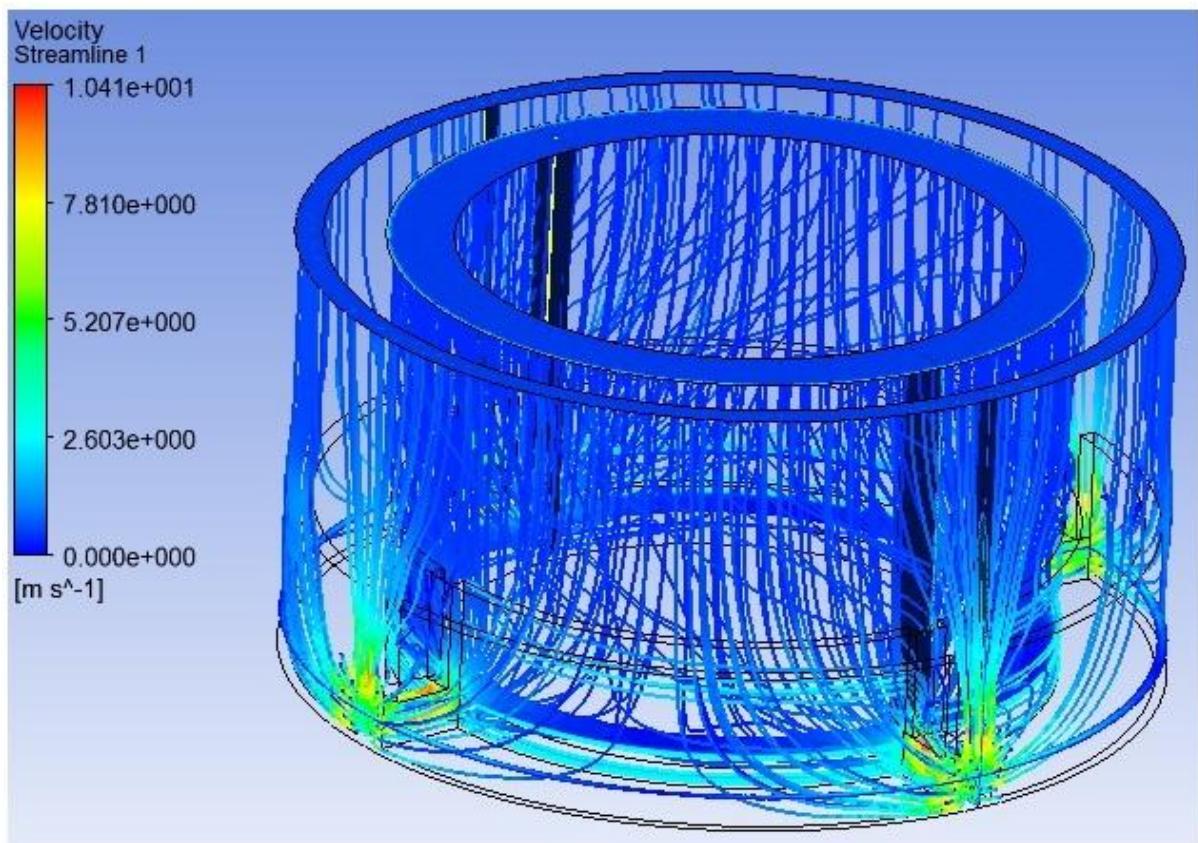


Рис. 2 – Лінії струму бурового розчину при обтіканні алмазної коронки

В межах цих ділянок можемо вважати, що коефіцієнти тепловіддачі не змінюються та є функцією лише часу. В разі постійних умов охолодження, а саме при сталій витраті бурового розчину, коефіцієнти тепловіддачі можуть бути визначені за критеріальними рівняннями, що наве-

дені в роботі [11]. Для випадку змінних умов охолодження співвідношення визначаються в залежності від способу організації промивки свердловини.

Класифікація імпульсної промивки, технічні засоби й деталі організації технологічного процесу

представлені в [6]. Розглянемо способи завдання функції тепловіддачі для різних варіантів організації змінної промивки.

*Переривиста симетрична промивка.* В цьому способі буровий розчин подається окремими імпульсами протягом часу  $dt_1$ , які розділяються паузами в подачі  $dt_2$ . Якщо інтервал паузи дорівнює інтервалу подачі  $dt_1 = dt_2$ , то такий спосіб промивки буде симетричним. В цьому випадку функцію тепловіддачі можна задати у вигляді

$$a(t) = a_{\min} + \frac{a_0}{2} \sin \frac{\pi t}{dt_1} + \sin \frac{\pi t}{dt_1}, \quad (1)$$

де  $a_{\min}$  – мінімальне значення коефіцієнту тепловіддачі, що відповідає режиму без подачі розчину;  $a_0$  – значення тепловіддачі, що відповідає режиму безперервної подачі;  $t$  – час.

*Переривиста несиметрична промивка.* Окрім вказаного способу завдання функції тепловіддачі, на практиці використовується несиметрична промивка, коли  $dt_1 \neq dt_2$ . Для цього випадку функцію тепловіддачі можна представити

$$a(t) = \begin{cases} a_{\min} + a_0 \sin \frac{\pi t}{dt_1} & t \in (dt_1)_n \\ a_{\min} & t \in (dt_2)_n \end{cases}, \quad (2)$$

де  $t^*$  – час, що відлічується від початку інтервалу подачі рідини;  $n$  – означає, що розглядається  $n$ -ий інтервал.

*Реверсивна промивка.* В цьому режимі буровий розчин подається безперервно, але імпульсами з протилежним напрямом потоку. В даному випадку  $dt_2 = 0$ , функцію тепловіддачі можна задати простим співвідношенням

$$a(t) = a_{\min} + a_0 \left| \sin \frac{\pi t}{dt_1} \right|. \quad (3)$$

На практиці використовують також середній за період пульсації коефіцієнт тепловіддачі [18]. Для пульсуючого потоку осереднене значення коефіцієнту тепловіддачі може бути визначене як

$$\bar{a} = \frac{1}{dt_1} \int_0^{dt_1} a(t) dt, \quad (4)$$

де функція  $a(t)$  визначається виразами (1)–(3) відповідно.

Результати моделювання гідродинаміки бурового розчину на вибою при бурінні і критеріальні рівняння [11] дозволили розрахувати коефіцієнти тепловіддачі для різних варіантів промивки. На рис. 3 представлено графік зміни коефіцієнтів тепловіддачі з часом для ділянки, де процеси теплообміну перебігають найінтенсивніше – зона промивочних каналів. Для режиму симетричної промивки водою  $dt_1 = 0,5$  с, для несиметричної промивки  $dt_1 = 0,5$  с,  $dt_2 = 0,3$  с, для реверсної промивки  $dt_1 = 0,5$ .

### Висновки

В роботі виконаний аналіз фізичної картини обтікання бурової коронки на вибою свердловини, та встановлено, що середні коефіцієнти тепловіддачі коефіцієнти середні тепловіддачі на поверхні коронки є функцією часу. Запропоновані аналітичні вирази та проведено розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі бурової коронки, які враховують технологічні особливості режимів імпульсної промивки. Результати комп'ютерного моделювання процесів гідродинаміки бурового розчину на вибою при бурінні підтверджують коректність раніше запропонованої моделі розрахунку теплових режимів коронки на основі одновимірної моделі.

### Список літератури

- 1 **Кожевников, А. А.** Термомеханическое разрушение горных пород при разведочном бурении с генерирование тепловой энергии [Текст] / **А. А. Кожевников, П. П. Вырвинский** // Техника и технология геологоразведочных работ, организация производства: Обзор ВНИИ ЭМС. – М., 1985. – 36 с.
- 2 **Фассахов, Р. Х.** Энергосбережение в гидроимпульсном воздействии на призабойную зону нефтяного пласта [Текст] / **Р. Х. Фассахов, И. К. Файзуллин, Я. М. Сахапов, А. М. Бадретдинов, Д. А. Елдашев, Д. В. Прошекальников, А. И. Гурьянова** // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2005. – № 9–10. – С. 56–60.
- 3 **Тунгусов, С. А.** Повышение производительности бурения скважин за счет применения импульсной промывки [Текст] / **С. А. Тунгусов** // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 8. – С. 42–47.
- 4 Patent No. 6,053,261 U.S. Flow pulsing method and apparatus for the increase of the rate of drilling [Text] / **Walter, Bruno H.** – 25 Apr. 2000.
- 5 **Liu, Yong.** Experimental study of flow field structure of interrupted pulsed water jet and breakage of hard rock [Text] / **Yong Liu** // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2015. – No. 78. – P. 253–261. – ISSN. 1365-1609. – doi: 10.1016/j.ijrmms.2015.06.005.
- 6 **Kozhevnikov, A.** Impulse technologies of borehole drilling – technologies of XXI century [Text] / **A. Kozhevnikov** // Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining. – 2014. – Tay-

- lor&Fransic Group UK. – P. 175–181. – ISBN. 978-1-138-02699-5.
- 7 **Кудряшов, Б. Б.** Нагрев и охлаждение алмазных коронок при бурении [Текст] / **Б. Б. Кудряшов, Ю. А. Оношко** // Методика и техника разведки : Сб. науч. тр. ВИТР. – 1964. – № 46. – С. 3–13.
  - 8 **Кожевников, А. А.** Тепловой фактор при бурении скважин [Текст] / **А. А. Кожевников, С. В. Гошовский, А. Ю. Дреус, И. И. Мартыненко.** – Киев : УкрГТРИ, 2008 – 166 с. – ISBN 978-966-7896-51-5.
  - 9 **Дреус, А. Ю.** Проблема определения контактной температуры при бурении скважин. Обзор [Текст] / **А. Ю. Дреус, А. О. Кожевников, А. К. Судаков, А. О. Еремин** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Гірничо-геологічна. – 2014. – Вип. 2(21). – С. 10–19. – ISSN 2073-9575.
  - 10 **Щербань, А. Н.** Прогноз и регулирование теплового режима при бурении глубоких скважин [Текст] / **А. Н. Щербань, В. П. Черняк.** – М. : Недра, 1974. – 246 с.
  - 11 Забойные факторы алмазного бурения геологоразведочных скважин [Текст] / **А. А. Кожевников, С. В. Гошовский, И. И. Мартыненко** [и др.]. – Днепропетровск : ЧП «Лири ЛТД», 2006. – 264 с. – ISBN 966-385-045-X.
  - 12 **Дреус, А. Ю.** Экспериментальное исследование теплоотдачи вращающегося стержня при торцевом нагреве [Текст] / **А. Ю. Дреус** // Промышленная теплотехника – 2010. – Т. 32, № 3. – С. 18–24. – ISSN 0204-3602.
  - 13 **Hong-Mei Huang** Numerical simulation and experimental checking for downhole flow field of a real PDC bit [Text] / **Hong-Mei Huang, Shiyou Daxue Xueban, Ziran Kexue Ban** // Journal of the University of Petroleum. – China : Natural Science Edition, 2005. – No. 29.3. – P. 49-52.
  - 14 **Jian Zhao** Numerical Simulation of the Bottom Hole Flow Field of Particle Impact Drilling [Text] / **Jian Zhao, Yiji Xu, Jianhua Ren, Deju Hou** // Advances in Petroleum Exploration and Development. – 2014. – No. 8(2). – P. 18–23. – ISSN 1925-542X. – doi: 10.3968/5955.
  - 15 **Каракозов, А. А.** Создание однослойных алмазных коронок, оснащённых синтетическими монокристаллами [Текст] / **А. А. Каракозов, М. С. Попова, С. Н. Парфенюк, Р. К. Богданов, А. П. Загора** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Гірничо-геологічна. – 2013. – № 2. – С. 245–252. – ISSN. 2073-9575.
  - 16 **Кожевников, А. А.** Тепловое поле алмазной коронки при бурении с нестационарным режимом промывки скважины [Текст] / **А. А. Кожевников, С. В. Гошовский, А. Ю. Дреус, И. И. Мартыненко** // Доповіді Національної академії наук України. – 2007. – № 2. – С. 62–67.
  - 17 **Lauder, V. E.** Lectures in Mathematical Models of Turbulence [Text] / **V. E. Lauder, D. B. Spalding.** – London : Academic Press, 1972. – 169 p.
  - 18 **Накорчевский, А. И.** Гидродинамика и теплоперенос в гетерогенных системах и пульсирующих потоках [Текст] / **А. И. Накорчевский, Б. И. Басок.** – Киев : Наукова думка, 2001. – 346 с.
- Bibliography (transliterated)**
- 1 **Kozhevnikov, A. A. and Vyirvinskiy, P. P.** (1985), <sup>2</sup>Termomechanicheskoe razrushenie gorniy porod pri razvedochnom burenii s generirovanie teplovoy energii (это название статьи в транслитерации, его не убирать) [Thermomechanical destruction of rocks during exploration drilling with the generation of thermal energy<sup>2</sup>, *Tehnika i tehnologiya geologorazvedochnykh rabot, organizatsiya proizvodstva: Obzor VNII EMS* [Technique and technology of geological exploration, production management: Overview of EMC Research Institute], Moscow, Russia.
  - 2 **Fassahov, R. H., Faizulin, I. K., Sahapov, Ya. M., Badretdinov, A. M., Eldashev, D. A.,** Proschekalnikov, D. V., Guryanova, A. I. (2005), <sup>2</sup>Energoberezhnie v gidroimpulsnom vozdeystvii na prizaboynuyu zonu neftyanogo plasta [Hydro Energy efficiency in pulsed action on oil bottomhole formation]<sup>2</sup>, *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki* [Proceedings of the higher educational institutions. Energy Problems.], No. 9–10, pp. 56–60.
  - 3 **Tungusov, S. A.** (2009), <sup>2</sup>Povyishenie proizvoditelnosti bureniya skvazhin za set primeneniya impulsnoy promyvki [Increased productivity of drilling through the use of a pulsed washing]<sup>2</sup>, *Razvedka i ohrana nedr* [Exploration and conservation of mineral resources], No. 8, pp. 42–47.
  - 4 **Walter, Bruno H.** (2000), <sup>2</sup>Flow pulsing method and apparatus for the increase of the rate of drilling<sup>2</sup>. U.S. Patent 6,053,261.
  - 5 **Liu, Yong** (2015), <sup>2</sup>Experimental study of flow field structure of interrupted pulsed water jet and breakage of hard rock<sup>2</sup>, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, no. 78, pp. 253–261, ISSN. 1365-1609 – doi: 10.1016/j.ijrmm.2015.06.005.
  - 6 **Kozhevnikov, A.** (2014), <sup>2</sup>Impulse technologies of borehole drilling – technologies of XXI century<sup>2</sup>, *Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining*, Taylor&Fransic Group UK, pp. 175–181, ISBN. 978-1-138-02699-5.
  - 7 **Kudryashov, V. B. and Onoshko, Yu. A.** (1964), <sup>2</sup>Nagrev i ohlazhdenie almaznykh koronok pri burenii [Heating and cooling of diamond bits for drilling]<sup>2</sup>, *Metodika i tehnika razvedki . Sb. nauchn. tr. VITR* [Methods and intelligence equipment: Coll. scientific works WITE], no. 46, pp. 3–13.
  - 8 **Kozhevnikov, A. A., Goshovskiy, S. V., Dreus, A. Yu. and Martynenko, I. I.** (2008), *Teplovoy faktor pri burenii skvazhin* [The thermal factor in drilling wells], UkrGGRI, Kiev, Ukraine.
  - 9 **Dreus A. Yu., Kozhevnikov, A. O., Sudakov, A. K. and Eremin, A. O.** (2014), <sup>2</sup>Problema opredeleniya kontaktnoy temperatury pri burenii skvazhin. Obzor [The problem of determining the contact temperature in borehole drilling wells. Overview]<sup>2</sup>, *Naukovi pratsi Donetskogo natsionalnogo tehnicnogo unIversitetu. Ser.: Girnicho-geologichna* [Scientific papers of Donetsk National Technical University. Series: Mining and Geology], no. 2(21), pp. 10–19, – ISSN 2073-9575.
  - 10 **Scherban, A. N. and Chernyak, V. P.** (1974), *Prognoz i regulirovanie teplovogo rezhima pri burenii glubokikh skvazhin* [Prediction and control of the thermal regime in the drilling of deep wells], Nedra, Moscow, Russia.

- 11 **Kozhevnikov, A. A., Goshovskiy, S. V. and Martyinenko, I. I.** et al. (2006), *Zaboynye faktoryi almaznogo bureniya geologorazvedochnykh skvazhin* [Downhole factors of the diamond drilling exploration wells], Lira LTD, Dnipropetrovsk, Ukraine.
- 12 **Dreus, A. Yu.** (2010), <sup>2</sup>Eksperimentalnoe issledovanie teplootdachi vraschayushchegosya sterzhnya pri tortsevom nagreve [Experimental study of heat transfer of a rotating rod under face heating]<sup>2</sup>, *Promyshlennaya teplohnika* [Industrial heat engineering], vol. 32, no. 3, pp. 18–24, ISSN 0204-3602.
- 13 **Hong-Mei Huang, Shiyou Daxue Xueban and Ziran Kexue Ban** (2005), <sup>2</sup>Numerical simulation and experimental checking for downhole flow field of a real PDC bit, *Journal of the University of Petroleum, China: Natural Science Edition*, no. 29.3, pp. 49–52.
- 14 **Jian Zhao, Yiji Xu, Jianhua Ren, Deju Hou** (2014), <sup>2</sup>Numerical Simulation of the Bottom Hole Flow Field of Particle Impact Drilling<sup>2</sup>, *Advances in Petroleum Exploration and Development*, no. 8(2), pp. 18-23, ISSN 1925-542X, doi: 10.3968/5955.
- 15 **Karakozov, A. A. Popova, M. S., Parfenyuk, S. N., Bogdanov, R. K. and Zakora, A. P.** (2013), <sup>2</sup>Sozdanie odnosloynnykh almaznykh koronok, osnaschonnnykh sinteticheskimi monokristallami [Development of single-layer diamond core bits equipped with synthetic monocrystals]<sup>2</sup>, *Naukovi pratsi Donetskogo natsionalnogo tehnicnogo universitetu. Ser.: Girnicno-geologichna* [Scientific papers of Donetsk National Technical University. Series: Mining and Geology], no. 2, pp. 245–252, ISSN 2073-9575.
- 16 **Kozhevnikov, A. A., Goshovskiy, S. V., Dreus, A. Yu. and Martyinenko, I. I.** (2007), <sup>2</sup>Teplovoe pole almaznoy koronki pri burenii s nestatsionarnym rezhimom promyivki skvazhiny [Thermal field of diamond core bit in drilling wells under non-stationary mode of washing]<sup>2</sup>, *Dopovidi Natsionalnoi Akademiyi Nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine], no. 2, pp. 62–67.
- 17 **Lauder, B. E. and Spalding D. B.** (1972), *Lectures in Mathematical Models of Turbulence*, Academic Press, London, UK.
- 18 **Nakorchevskiy, A. I. and Basok, B. I.** (2001), *Gidrodinamika i teplomassoperenos v geterogennykh sistemah i pulsiruyuschih potokah* [Hydrodynamics and heat and mass transfer in heterogeneous systems and pulsating flows], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Дреус Андрій Юлійович** – кандидат технічних наук, доцент, Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, доцент кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу, м. Дніпропетровськ, Україна; e-mail: dreus.a@dnu.dp.ua.

**Dreus Andrii Yuliyowicz** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Associate Professor at the Department of Fluid Mechanics and Energy and Mass Transfer; Dnipropetrovsk, Ukraine.

*Будь ласка посилайтеся на цю статтю наступним чином:*

**Дреус, А. Ю.** Теплоотдача бурового інструменту в умовах змінного охолодження [Текст] / **А. Ю. Дреус** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 99–104. – Бібліогр. : 18 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.15.

*Please cite this article as:*

**Dreus, A. Yu.** (2016), <sup>2</sup>Heat Transfer of Drilling Tool Under Variable Cooling<sup>2</sup>, *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 10(1182), pp. 99–104, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.15.

*Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Дреус, А. Ю.** Теплоотдача бурового інструмента в условиях переменного охлаждения [Текст] / **А. Ю. Дреус** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 99–104. – Бібліогр. : 18 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.15

**АННОТАЦИЯ** Предметом исследования являются процессы теплообмена на забое бурящейся скважины при бурении алмазными коронками. Рассмотрен импульсный режим охлаждения, который имеет место в новых высокоэффективных технологиях бурения с переменной подачей бурового раствора. Методами исследования являются математическое моделирование и вычислительный эксперимент. В работе представлены результаты моделирования гидродинамических полей на забое при бурении. Предложена методика определения коэффициентов теплоотдачи в условиях переменного охлаждения. На основе данных по распределению скорости рассчитаны средние коэффициенты теплоотдачи буровой коронки для различных вариантов переменного режима охлаждения. Результаты работы представляют интерес для определения температурного режима бурового инструмента и определения энерго- и ресурсосберегающих режимов бурения с импульсной промывкой.

**Ключевые слова:** теплоотдача, бурение, переменное охлаждения, математическое моделирование.

Надійшла (received) 18.01.2016