

**ГЕОФИЗИКА
GEOPHYSICS**

Научная статья

УДК 550.8.08:550.832.6

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-4-12

**ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ТОЧЕЧНОГО
ИСТОЧНИКА ТЕПЛА ПРИ НАЛИЧИИ РАДИАЛЬНОГО ПОТОКА****Космылин Денис Владимирович, Валиуллин Рим Абдуллович,
Шарафутдинов Рамиль Фаизырович, Галимов Рустем Айратович**

Уфимский университет науки и технологий

*для корреспонденции: kosmylindenis@yandex.ru

**Информация о статье**

Поступила:

21 ноября 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

10 декабря 2023 г.

Принята к публикации:

12 декабря 2023 г.

Опубликована:

21 декабря 2023 г.

Ключевые слова:*Индукционный нагрев, боковой поток, азимутально-распределенный, температура***Аннотация.**

В статье рассматривается термоанемометрический метод измерения расхода в скважине, основанный на зависимости теплоотдачи тела от скорости движения охлаждающего его потока флюида. Скважинный термодобитомер (СТД) помогает в геофизике решить следующие задачи: выявление мест интервалов притока и поглощения; определение мест негерметичности в условиях малого расхода. Используемые датчики СТД имеют ряд недостатков, которые не позволяют решать данные задачи в полной мере, и чаще используются в качестве термоиндикатора. Недостатки: отбивка только первого интервала притока, дальше снижается точность метода; невозможность определения направления бокового потока; влияние осевого потока и состава флюида на показания. В связи с этим в работе представлена эволюция классического скважинного термоиндикатора притока (СТИ) косвенного нагрева, а именно азимутально-распределенный термоанемометр для решения задачи оценки направления потока и оценки дебита. Суть заключается в использовании двух пар термочувствительных элементов, расположенных на диаметрально-противоположных сторонах поперечного сечения датчика. При этом термочувствительные элементы подключены по дифференциальной схеме, следовательно, измеряем температуру не в точке, а как разность температур между двумя точками. Нагрев термоанемометра осуществляется с помощью индукционного нагревателя. Благодаря использованию индукционного нагревателя добиваемся равномерного прогрева корпуса азимутально-распределенного термоанемометра. За счет разработанной конструкции датчик способен определять наличие потока жидкости, направленного перпендикулярно корпусу, а также определять его направление. Это подтверждено серией экспериментальных работ на ротационном стенде.

Для цитирования: Космылин Д.В., Валиуллин Р.А., Шарафутдинов Р.Ф., Галимов Р.А. Изучение распределения теплового поля точечного источника тепла при наличии радиального потока // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 4-12. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-4-12, EDN: OJNSZQ

Введение:

Проведя литературный обзор данной проблемы, нами было выявлено, что практически все датчики СТД имеют схожую конструкцию. Так, в работе [2] описывается стандартная конструкция датчика СТД, которая представляет из себя полый металлический цилиндр с расположенным внутри датчиком термоанемометра, состоящий из термочувствительного элемента и нагревательного элемента (резистивный нагреватель).

Но все существующие датчики СТД не могут однозначно определить наличие и направления потока флюида, направленного перпендикулярно к его корпусу, поскольку наличие бокового потока воспринимается им так же, как изменение состава, температуры и скорости флюида, т.е. датчики СТД не дают достоверную информацию о процессах, происходящих в стволе скважины.

Суть разрабатываемого решения заключается в следующем:

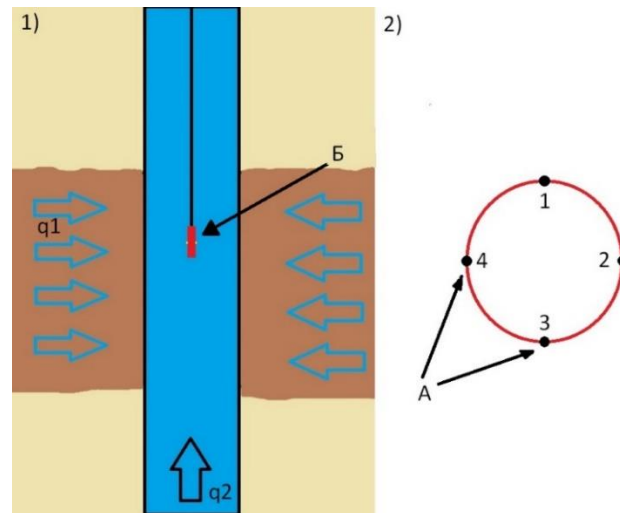


Рис. 1. Схематичное объяснение принципа работы датчика

Шифр: А – термочувствительные элементы; Б – Термоанемометр; q_1 – боковой поток; q_2 – осевой поток

Fig. 1. Schematic explanation of the sensor operation principle

Cipher: A – thermosensitive elements; B – Thermoanemometer; q_1 – lateral flow; q_2 – axial flow

- Использование 2 пар датчиков температуры, которые размещены на диаметрально противоположных сторонах, в одной плоскости поперечного сечения корпуса (Рис. 1);
- Термочувствительные элементы подключены по дифференциальной схеме, соответственно, измерение температуры идет не в точке, а как разностной между двумя точками;
- В качестве нагревателя используется индукционный нагрев, который обеспечивает равномерный нагрев корпуса.

Принцип работы заключается в следующем: в случае, когда в скважине присутствует только осевой поток, то все датчики температуры находятся в одинаковых условиях, и показания их разностной будут равны 0. Но если помимо осевого потока появится радиальный поток, который попадает на корпус датчика, то со стороны набегающего потока корпус будет охлаждаться интенсивнее, вследствие чего мы увидим разностную температуру между термочувствительными элементами. При этом чем больше при прочих равных условиях (диаметр, толщина стенок корпуса, длина) количество пар термочувствительных элементов, тем с большей достоверностью можно зарегистрировать наличие бокового потока и определить вектор его направленности.

Основная часть

Разработанный макет азимутально-распределенного термоанемометра представлен на Рис. 2.

На Рис. 2 представлена схема и разработанный макет азимутально-распределенного СТД. Термоанемометр состоит из корпуса, ферритового стержня, медной обмотки, датчиков температуры и теплоизолятора. В качестве корпуса используется тонкостенный металлический цилиндр (в нашем случае латунная гильза). С внешней стороны корпуса на диаметрально

противоположных сторонах при помощи пайки установлены 2 пары датчиков температуры. По центру корпуса размещен нагревательный элемент, выполненный в виде индукционного нагревателя. Пустое пространство в корпусе заполнено теплоизолятором.

В качестве термочувствительных элементов используются миниатюрные термопары (КХТА 01.02) как наиболее стабильные и не требующие подгонки элементы. Согласно техническим характеристикам, заявленным производителем, дрейф показаний термопары за весь интервал между поверками не должен превышать величины $\pm (1 \text{ или } 0,004|t|) \text{ } ^\circ\text{C}$, а тепловая инерционность термопары – не более 1 с (Рис. 3).

Регистрация изменения температуры базируется на измерительном модуле от компании National Instruments – NI9214 (Рис. 3), позволяющем одновременно подключать до 16 термопар.

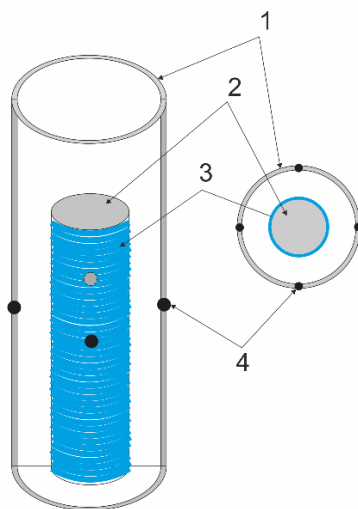


Рис. 2. Схема и макет азимутально распределенного датчика STD

Шифр: 1 – тонкий металлический цилиндр, 2 – ферритовый стержень, 3 – обмотка из медного провода, 4 – датчики температуры.

Fig. 2. Schematic and layout of azimuthally distributed STD sensor

Cipher: 1 – thin metal cylinder, 2 – ferrite rod, 3 – copper wire winding, 4 – temperature sensors



Рис. 3. Измерительный модуль NI9214, шасси и термопара

Fig. 3. NI9214 measurement module, chassis and thermocouple



Рис. 4. Схема питания и индуктор

Fig. 4. Power supply circuit and inductor

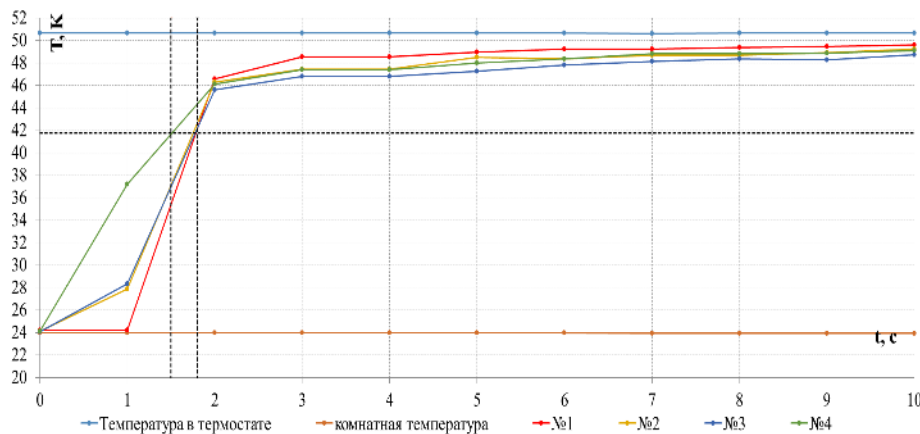


Рис. 5. Графический процесс установления теплового равновесия со средой
 Fig. 5. Graphical process of establishing thermal equilibrium with the medium

Для сбора и обработки температурных данных на компьютере используется программное обеспечение LabView.

Нагрев корпуса за счет индукционного нагрева был выбран с целью обеспечить равномерный прогрев корпуса. Также индуктор обладает меньшей инерционностью в сравнении с резистивным нагревом. За основу схемы питания индукционного нагревателя была взята схема двухтактного генератора с небольшими доработками. Изготовленная схема и индуктор представлены на Рис. 4.

При проведении сборки и проверки на герметизацию датчика он был откалиброван с помощью термостата LOIPFT-316-40.

После изготовления и калибровки датчика СТИ была определена тепловая инерционность датчика. Тепловая инерционность датчика СТИ определяется при скачкообразном изменении температуры окружающей среды. В начальный период времени датчик имел комнатную температуру, затем был быстро помещен в жидкость с высокой контролируемой температурой. Контроль температуры осуществлялся термостатом. Через 60 секунд датчик был извлечен. На Рис. 5 представлено, как изменялась температура от времени.

Температура контролировалась датчиками температуры, один датчик был помещен заранее в термостат, второй датчик контролировал комнатную температуру. Мы знаем, что коэффициент тепловой инерции фактически равен времени, необходимому для уменьшения разности температуры датчика в ϵ раз. В связи с этим, проведя простые расчеты, получили, что тепловая инерционность разработанного датчика СТИ лежит в промежутке [1,5-1,8 с]. При этом разброс показаний датчиков температуры связан с немного отличающимися условиями погружения датчика, немного отличающимися условиями крепления датчика к корпусу (человеческий фактор).

Для проведения первых испытаний датчика СТИ было решено использовать разработанный ранее на кафедре Геофизики БашГУ ротационный стенд [1]. Он представляет из себя цилиндрическую емкость, которую приводит в движение электродвигатель. На дне стенда установлены пластины для того, чтобы жидкость не двигалась относительно стенда (Рис. 6). При этом для определения линейной скорости потока обтекающий датчик можно рассчитать из выражения (1) [1].

$$V = \omega R = 2\pi nR; \quad (1)$$

где V – линейная скорость потока жидкости в резервуаре,

ω – угловая скорость жидкости,

n – число оборотов резервуара в единицу времени,

R – местоположение датчика относительно центра резервуара.

Перед началом проведения исследования необходимо провести подготовку к эксперименту. Исследования будут проводиться в однофазной жидкости, воде, в связи с чем необходимо подготовить определенное количество воды (объем резервуара ротационного стенда) комнатной температуры, далее определяются необходимые мощностные параметры датчика и ротационного стенда, для моделирования определенных скоростей потока и для

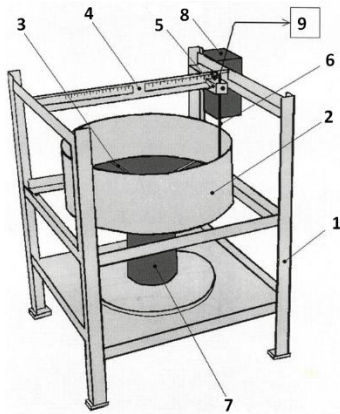


Рис. 6. Ротационный стенд
Шифр: 1 – подставка; 2 – резервуар;
3 – лопасти; 4 – рейка с делениями;
5 – кронштейн; 6 – датчик СТИ;
7 – электродвигатель; 8 – источник
питания электродвигателя;
9 – измерительная аппаратура

Fig. 6. Rotary stand
Cipher: 1 – stand; 2 – tank;
3 – blades; 4 – rail with divisions;
5 – bracket; 6 – STI
sensor; 7 – electric motor; 8 – motor power
supply; 9 – measuring equipment

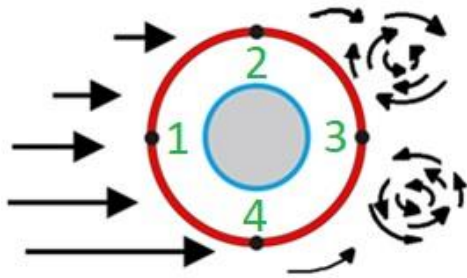


Рис. 7. Обтекание датчика
Fig. 7. Sensor streamline

работы с постоянной мощностью нагревателя в датчике. После идет установка и закрепление датчика на кронштейне ротационного стенда, при этом он должен стоять вертикально, без наклона, в случае наклона будут совсем другие условия обтекания и тепловой конвекции. Также по условию эксперимента один датчик должен строго быть направлен на так, чтобы его максимально эффективно омывал поток, соответственно, противоположный датчик располагается в области с минимальным обтеканием потока в «тени». На Рис. 7 представлено схематично обтекание датчика (вид сверху), термочувствительный элемент №1 расположен перпендикулярно потоку, на противоположной стороне датчика расположен элемент 3 (в тени потока). Условия обтекания термочувствительных элементов 2 и 4 разные, так как линейные скорости потока, омывающие их, разные.

После установки датчика запускается ротационный стенд, далее включается индукционный нагрев датчика, контроль температуры идет с самого начала эксперимента. Также осуществляется контроль температуры жидкости в ротационном стенде и контроль комнатной температуры (дополнительными термочувствительными элементами).

При этом через равный промежуток времени датчик СТИ сдвигается по рейке на одинаковый отрезок. Результаты эксперимента представлены на Рис. 8 и в Таблице 1.

Из проведенного эксперимента можно определить направление бокового потока, так как датчик, расположенный на потоке, охлаждается значительней.

При этом через равный промежуток времени датчик СТИ сдвигается по рейке на одинаковый

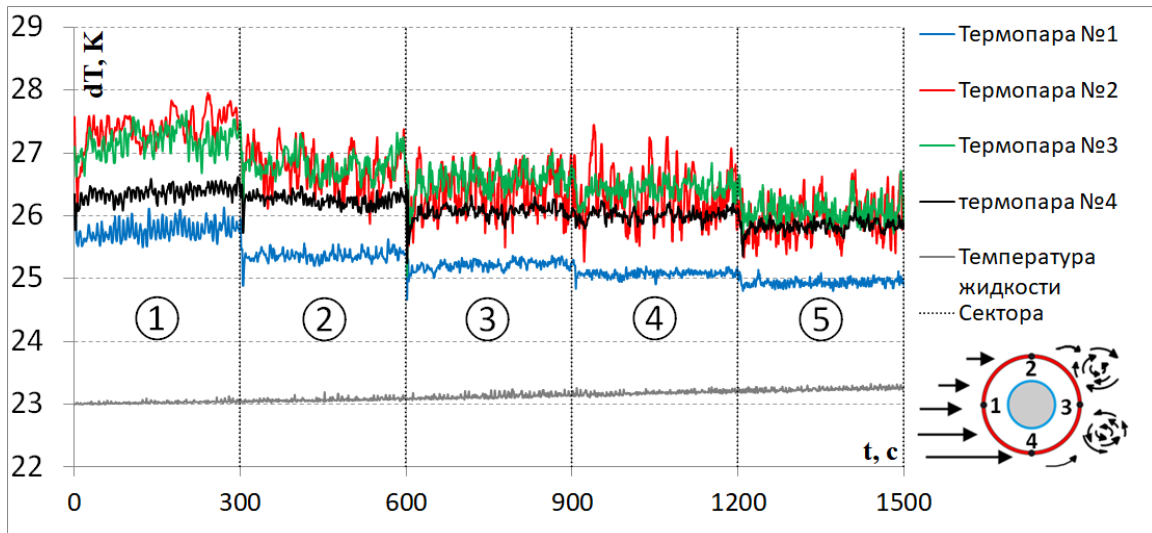


Рис. 8. Экспериментальные данные
Fig. 8. Experimental data

Таблица 1. Экспериментальные данные
Table 1. Experimental data

Параметр/сектор	R, см	V, см/с
①	2.5	0,53
②	3.8	0.81
③	5.7	1,22
④	7.65	1,66
⑤	9.6	2,05

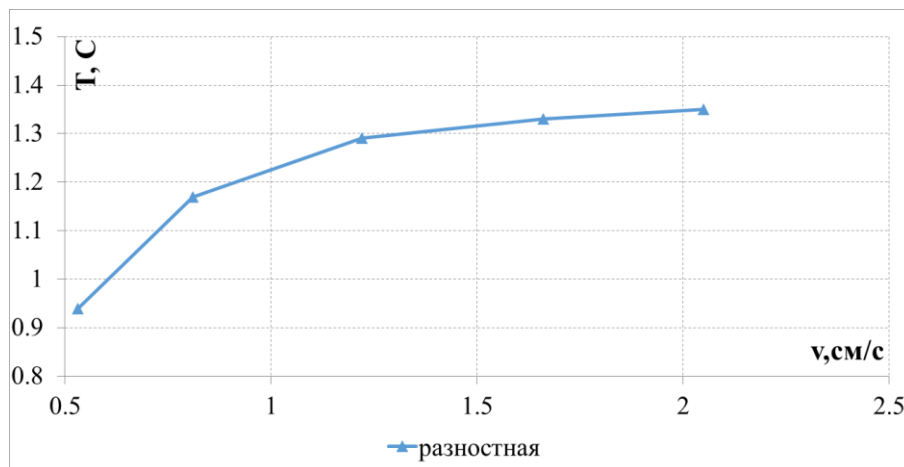


Рис. 9. График зависимости разности температур от скорости потока
Fig. 9. Graph of temperature difference dependence on flow velocity

отрезок. Результаты эксперимента представлены на Рис. 8 и в Таблице 1.

Из проведенного эксперимента можно определить направление бокового потока, так как датчик, расположенный на потоке, охлаждается значительней.

На Рис. 9 приведены результаты обработки полученных данных. На данном графике показана зависимость разности температур датчиков на потоке и датчика в тени потока.

Заключение

1. Зависимость температуры на термочувствительных элементах от скорости потока нелинейная, как и у традиционного датчика СТД.

2. При дифференциальном включении датчиков температуры минимизируется влияние внешней температуры.

3. Максимальный перегрев датчика относительно температуры окружающей среды порядка $4-5C^0$ (у стандартного – $50C^0$). Малое значение перегрева уменьшает флуктуации температуры, вызванные тепловой конвекцией.

4. Тепловая инерционность разработанного макета составляет порядка $2C^0$, у классического – не более $10C^0$.

Благодарность: Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по теме: «Разработка инновационной технологии на основе метода активной термометрии для решения задач экологии пресноводных горизонтов», соглашение № 23–17–20017 от 20 апреля 2023 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. RU 2444739 С2, МПК G01P 21/00. Секция измерения/ ГОУ ВПО БашГУ// Яруллин Р. К. [и др.] Опубликовано: 10.03.2012.

2. RU 178345 U1, СПК E21B 47/105; G01P 5/12. Секция измерения/ФГБОУ ВО БашГУ// Космылин Д. В. [и др.] Опубликовано 30.03.2018.

3. RU 177768 U1, СПК Е21В 47/1005, Секция горное дело// ФГБОУ ВО БашГУ//Космылин Д. В. [и др.] // Опубликовано 12.03.2018.
4. Emanuel M. Temperature fields generated by a circular heat source (CHS) in an infinite isotropic medium: Treatment of contact resistances with application to thin films // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019.
5. Yang Yu. Flow Rate Measurement of Production Profile Logging Using Thermal Method // Numerical Modeling and Simulation of Multi-Phase Flows, 2021.
6. Zuckerman N. The relationship between the distributions of slot-jet-impingement convective heat transfer and the temperature in the cooled solid cylinder // Numerical Heat Transfer, Part A. 2008. 53. 1271–1293.
7. Alkan D. Analysis of heat and mass transfer of the different moist object geometries with air slot jet impinging for forced convection drying // Analysis of Heat and Mass Transfer of the Different Moist ... Thermal Science. 2018. Vol. 22, No. 6B. Pp. 2943–2953.
8. Korobiichuk I. A Mathematical Model of the Thermo-Anemometric Flowmeter // Sensors. 2015.
9. Miklashevskiy D. [et al.] Field Experience of Integrating Distributed Thermal Anemometer Data Analysis into Production Log Interpretation Workflows // Paper presented at the SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscow, Russia, October 2019.
10. Пометун Е. Д. Алгоритм обработки выходного сигнала термоанемометров постоянного тока и постоянной температуры // Вестник донецкого национального университета. 2019.
11. Шафиков Д. С. // Определение скорости потока жидкости в нагнетательной скважине с учетом инерционности датчика термоанемометра при переменной скорости движения прибора // В сборнике: геолого-геофизические исследования нефтегазовых пластов. сборник научных статей по материалам VI Всероссийской молодежной научно-практической конференции. Уфа, 2021.
12. Шарифуллин Д. Ф. // Разработка азимутально распределенного скважинного термодобитомера // Материалы VI Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения В. И. Ленина. 2020.
13. Pečar B., Vrtačnik D., Pavlin M., Možek M. A Rapid Prototyped Thermal Mass Flowmeter // Sensors. 2021. V. 21. N 16: 5373. <https://doi.org/10.3390/s21165373>.
14. Karimova R., Golub S. Analysis of geophysical methods in the study of fixing production casing leaks in oil wells of Tatarstan // E3S Web of Conferences. 2021. V. 225. N 3: 03007. 10.1051/e3sconf/202122503007.
15. Bekraoui A., Hadjadj A. Thermal flow sensor used for thermal mass flowmeter // Microelectronics Journal. 2020. V. 103. N 1: 104871. <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2020.104871>.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Космылин Денис Владимирович, старший преподаватель, Уфимский университет науки и технологии, (450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди 32), e-mail: kosmylindenis@yandex.ru

Валиуллин Рим Абдуллович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, Уфимский университет науки и технологии, (450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди 32), e-mail: valra@geotec.ru

Шарафутдинов Рамиль Фаизырович, д.ф.-м.н., профессор, Уфимский университет науки и технологии, (450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди 32), e-mail: gframil@inbox.ru

Галимов Рустем Айратович, студент 4-го курса, Уфимский университет науки и технологии, (450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди 32), e-mail: rustemgalimov218@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Космылин Денис Владимирович – постановка исследовательской задачи, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Валиуллин Рим Абдуллович – постановка исследовательской задачи, выводы, написание текста.

Шарафутдинов Рамиль Фаизырович – научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, написание текста.

Галимов Рустем Айратович – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

INVESTIGATION OF REGENERATION OF KU-2-8 CATIONITE IN SODIUM FORM BY DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SODIUM CHLORIDE

Denis V. Kosmylin, Rim A. Valiullin,
Ramil F. Sharafutdinov, Rustem A. Galimov

Ufa University of Science and Technology

*for correspondence: kosmylindenis@yandex.ru



Article info

Received:

27 November 2023

Accepted for publication:

10 December 2023

Accepted:

12 December 2023

Published:

21 December 2023

Keywords: Induction heating,
lateral flux, azimuthally
distributed, temperature**Abstract.**

The article deals with the thermoanemometric method of flow measurement in a well, based on the dependence of heat transfer of a body on the velocity of fluid flow cooling it. Well thermoanemometer (WTD) helps in geophysics to solve the following problems: identification of inflow and absorption intervals; determination of leakage locations in low flow conditions. The used CTD sensors have a number of disadvantages that do not allow to solve these tasks to the full extent, and are more often used as a thermal indicator. The disadvantages are: only the first inflow interval is sampled, further the accuracy of the method decreases; it is not possible to determine the direction of lateral flow; the influence of axial flow and fluid composition on the readings. In this connection, the paper presents the evolution of the classical borehole thermal inflow indicator (TI) of indirect heating, namely, azimuthally distributed thermoanemometer, to solve the problem of flow direction estimation and flow rate estimation. The essence is to utilize two pairs of thermo-sensitive elements located on diametrically-opposite sides of the sensor cross-section. In this case, the thermosensitive elements are connected according to the differential circuit, therefore, we measure the temperature not at a point, but the temperature difference between two points. Heating of the thermoanemometer is carried out with the help of induction heater. Due to the use of induction heater we achieve uniform heating of the body of azimuthally distributed thermoanemometer. Due to the developed design the sensor is able to determine the presence of liquid flow perpendicular to the body, as well as to determine its direction. This is confirmed by a series of experimental works on a rotary bench.

For citation: Kosmylin D.V., Valiullin R.A., Sharafutdinov R.F., Galimov R.A. Study of thermal field distribution of a point heat source in the presence of radial flow. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 6(160):4-12. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-4-12, EDN: OJNSZQ

REFERENCES

1. RU 2444739 C2, MPC G01P 21/00. Measurement Section/ GOU VPO BashGU. Yarullin R.K [et al.] Published: 10.03.2012.
2. RU 178345 U1, MPC E21V 47/105; G01P 5/12. Measurement Section/FGBOU VO BashGU. Kosmylin D.V. Published 30.03.2018.
3. RU 177768 U1, SPK E21B 47/1005, Section Mining Engineering// FGBOU VO BashGU. Kosmylin D.V. [et al.] Published on March 30, 2018 // Published 12.03.2018.
4. Emanuel M. Temperature fields generated by a circular heat source (CHS) in an infinite isotropic medium: Contact resistance processing with application to thin films. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2019.
5. Yang Yu. Flow velocity measurement in production profile logging using thermal method. *Numerical Modeling and Simulation of Multiphase Flows*. 2021.
6. Zuckerman N. The relationship between the distributions of slot-jet-impingement convective heat transfer and the temperature in the cooled solid cylinder. *Numerical Heat Transfer. Part A*. 2008; 53:1271–1293.
7. Alkan D. Analysis of heat and mass transfer of the different moist object geometries with air slot jet impinging for forced convection drying. *Analysis of Heat and Mass Transfer of the Different Moist ... Thermal Science*. 2018; 22(6B):2943–2953.
8. Korobiichuk I. A Mathematical Model of the Thermo-Anemometric Flowmeter. *Sensors*. 2015.

9. Miklashevskiy D. [et al.] Field Experience of Integrating Distributed Thermal Anemometer Data Analysis into Production Log Interpretation Workflows. *Paper presented at the SPE Russian Petroleum Technology Conference*. Moscow, Russia, October 2019.
10. Pometun E.D. Algorithm for processing the output signal of DC and constant temperature thermoanemometers. *Bulletin of Donetsk National University*. 2019.
11. Shafikov D.S. Determination of the fluid flow velocity in the pressure well with taking into account the thermoanemometer sensor's energy at a variable speed of the device motion. *In Proceedings of the Proceedings of the Russian Academy of Sciences. K. In the collection: GEOLOGO–GEOPHYSICAL RESEARCH OF NEFTEGASIC PLASTS. collection of scientific articles on the materials of the VI All–Russian Youth Scientific and Practical Conference*. Ufa, 2021.
12. Sharifullin D.F. Development of azimuthally distributed borehole thermo–debitometer. *Materials of VI Interregional School–Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists dedicated to the 150th anniversary of the birth of V.I. Lenin*.
13. Pečar B., Vrtačnik D., Pavlin M., Možek M. A Rapid Prototyped Thermal Mass Flowmeter. *Sensors*. 2021; 21(16):5373. <https://doi.org/10.3390/s21165373>
14. Karimova R., Golub S. Analysis of geophysical methods in the study of fixing production casing leaks in oil wells of Tatarsta. *E3S Web of Conferences*. 2021; 225(3):03007. 10.1051/e3sconf/202122503007
15. Bekraoui A., Hadjadj A. Thermal flow sensor used for thermal mass flowmeter. *Microelectronics Journal*. 2020; 103(1):104871. <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2020.104871>

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Denis V. Kosmylin, Senior Lecturer, Ufa University of Science and Technology, (450076, Russia, Ufa, Zaki Validi str. 32), e-mail: kosmylinden@yandex.ru

Rim A. Valiullin, DSc (technical), Professor, Head. Department, Ufa University of Science and Technology, (450076, Russia, Ufa, Zaki Validi str. 32), e-mail: valra@geotec.ru

Ramil F. Sharafutdinov, DSc (physical and mathematical), Professor, Ufa University of Science and Technology, (450076, Russia, Ufa, Zaki Validi str. 32), e-mail: gframil@inbox.ru

Rustem A. Galimov, 4th year student, Ufa University of Science and Technology, (450076, Russia, Ufa, Zaki Validi str. 32), e-mail: rustemgalimov218@gmail.com

Contribution of the authors:

Denis V. Kosmylin – formulation of a research task, review of relevant literature, conceptualization of research, data collection and analysis, conclusions, writing a text.

Rim A. Valiullin– setting a research task, conclusions, writing a text.

Ramil F. Sharafutdinov– scientific management, review of relevant literature, writing a text.

Galimov Rustem Ayratovich – review of relevant literature, data collection and analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.

