

УДК 550.836.3
DOI: 10.15372/PMTF202215127

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

А. Ш. Рамазанов, Ф. Ф. Давлетшин, Р. З. Акчурин,
Р. Ф. Шарафутдинов, Д. Ф. Исламов

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия
E-mails: ramaz@bsunet.ru, felix8047@mail.ru, gframil@inbox.ru,
ac4urin.ruslan@yandex.ru, islamovden@rambler.ru

Представлены новые аналитические решения для расчета изменения температуры в потоке жидкости и в металлической обсадной колонне, обусловленного индукционным нагревом участка колонны. Решения основаны на одномерной аналитической модели, в которой учитывается конвективный теплоперенос потоком жидкости, теплообмен между жидкостью и обсадной колонной, тепловыделение в металлической колонне при включении индуктора и потери в цемент и породу вследствие теплопроводности. Для получения решения использован метод интегрального преобразования Лапласа по времени, обратное преобразование проведено с помощью численного алгоритма Стефеста. Исследованы особенности температурного поля в процессе нагрева и после отключения индуктора, показано, что скорость уменьшения температурных аномалий возрастает с увеличением расхода жидкости в колонне. Проведено сравнение результатов расчетов по аналитической модели с результатами численного моделирования в программном пакете Ansys Fluent, а также с экспериментальными данными. Показано, что полученные аналитические решения могут использоваться при прогнозировании температурных аномалий, обусловленных индукционным нагревом обсадной колонны..

Ключевые слова: активная термометрия, индукционный нагрев, температурное поле, преобразования Лапласа, алгоритм Стефеста, тепловая метка

Введение. Важными задачами контроля за разработкой месторождений являются определение работающих интервалов и индивидуальных дебитов пластов, выявление источников обводнения скважин, обусловленного негерметичностью обсадной колонны и наличием заколонных перетоков. Одним из наиболее информативных методов, используемых при исследовании скважин различных категорий (добывающих, нагнетательных, в процессе освоения), является термометрия [1, 2]. Разработке методологических основ применения температурных замеров в стволе скважины при диагностике пластов и скважин посвящен ряд работ [3–5]. Перспективным направлением в термометрии скважин является метод

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по теме: “Создание интеллектуальной комплексной технологии исследования и интерпретации данных промыслово-геофизических исследований скважин, включая оптоволоконные измерения для контроля за разработкой нефтегазовых месторождений и экологического мониторинга состояния недр, на основе использования математического моделирования, машинного обучения, алгоритмов обработки и роботизированной аппаратуры индукционного воздействия” (соглашение № 075-11-2021-061 от 25.06.2021 г.).

© Рамазанов А. Ш., Давлетшин Ф. Ф., Акчурин Р. З., Шарафутдинов Р. Ф., Исламов Д. Ф., 2023

активной термометрии, в котором используются искусственные источники тепла. Этот метод основан на исследовании в стволе скважины искусственного температурного поля, созданного локальным нагревом (например, индукционным) участка металлической обсадной колонны [6]. Исследования проводятся с использованием распределенных выше и ниже нагреваемого участка датчиков температуры. Наблюдение за эволюцией температурных меток позволяет определить малые расходы в скважине и интервалы движения жидкости за колонной [7].

Несмотря на перспективность метода активной термометрии, в настоящее время отсутствуют теоретические основы для применения индукционного воздействия при количественной оценке расхода скважинной жидкости и диагностике заколонных перетоков. В данной работе представлены новые аналитические решения для расчета температуры в потоке жидкости и в обсадной колонне в процессе индукционного нагрева участка металлической обсадной колонны; исследованы особенности динамики температурного поля в процессе нагрева и после отключения индуктора.

Математическая модель. Рассмотрим постановку задачи для расчета нестационарного температурного поля в колонне и жидкости в скважине при индукционном нагреве участка обсадной колонны (рис. 1). При этом будем учитывать теплоотдачу в цемент и горные породы и нестационарный характер изменения температуры в жидкости и колонне. В модели будем пренебрегать:

- теплопроводностью в вертикальном направлении (в потоке жидкости конвективный теплоперенос преобладает над кондуктивным теплопереносом, а теплопроводность в вертикальном направлении не учитывается вследствие малой толщины колонны);
- радиальным градиентом температуры в потоке жидкости (рассматривается среднemasсовая по сечению температура);
- теплоемкостью индуктора и всего скважинного прибора.

Пусть $T_1(z, t)$ — среднemasсовая температура жидкости; $T_2(x, z, t)$ — температура колонны (в металле); $T_3(x, z, t)$ — температура горных пород. Уравнение теплового баланса

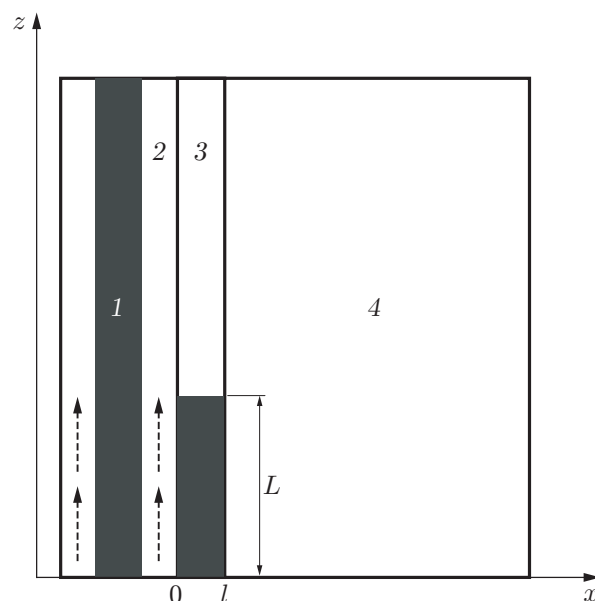


Рис. 1. Геометрия задачи:

1 — индуктор, 2 — жидкость, 3 — колонна, 4 — внешняя среда (цемент и порода)

для колонны запишем в виде [8]

$$C_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + \varphi(x, z, t), \quad 0 \leq x \leq l, \quad (1)$$

где $C_2 = \rho_2 c_2$ — объемная теплоемкость колонны; ρ_2 , c_2 , λ_2 — плотность, удельная теплоемкость, теплопроводность материала колонны соответственно; $\varphi(x, z, t)$ — удельная мощность тепловыделения в колонне. От $T_2(x, z, t)$ перейдем к средней по толщине колонны температуре

$$T(z, t) = \frac{1}{l} \int_0^l T_2(x, z, t) dx, \quad w(z, t) = \frac{1}{l} \int_0^l \varphi(x, z, t) dx,$$

где l — толщина обсадной колонны. В этом случае выражение (1) записывается следующим образом:

$$C_2 \frac{\partial T}{\partial t} = q(0, t) - q(l, t) + w(z, t). \quad (2)$$

В (2) тепловые потоки на границе металла с жидкостью $q(0, t)$ и цементным кольцом $q(l, t)$ определяются по формулам

$$q(0, t) = -\frac{\lambda_2}{l} \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha(T_1 - T), \quad q(l, t) = -\frac{\lambda_2}{l} \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=l} = -\frac{\lambda_3}{l} \frac{\partial T_3}{\partial x} \Big|_{x=l} \quad (3)$$

(α — коэффициент теплоотдачи; λ_3 — теплопроводность горных пород). Уравнение конвективного теплопереноса в жидкости имеет вид [9]

$$A_1 C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} + C_1 Q \frac{\partial T_1}{\partial z} = 2\pi R \alpha (T - T_1), \quad (4)$$

где A_1 — площадь поперечного сечения потока; $C_1 = \rho_1 c_1$ — объемная теплоемкость жидкости; ρ_1 , c_1 — плотность и удельная теплоемкость жидкости соответственно; Q — объемный расход жидкости; R — внутренний радиус обсадной колонны.

Вне скважины в цементе и породе линейный одномерный тепловой поток определяется следующим образом:

$$\frac{\partial T_3}{\partial t} = a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2}, \quad x > l \quad (5)$$

(a_3 — температуропроводность горных пород). При этом будем использовать начальные и граничные условия (без учета начальной постоянной температуры):

$$T_1|_{z=0} = 0, \quad T_1|_{t=0} = 0. \quad (6)$$

Система уравнений (2)–(6) решается с использованием метода преобразований Лапласа. Изображения функций T_1 , T , T_3 обозначим F_1 , F , F_3 соответственно. В пространстве изображений уравнения (2), (4) представим в виде

$$A_1 C_1 s F_1 + C_1 Q \frac{dF_1}{dz} = 2\pi R \alpha (F - F_1), \quad l C_2 s F = \alpha (F_1 - F) - \lambda_3 \sqrt{\frac{s}{a_3}} F + l w_L(s, z) \quad (7)$$

(w_L — функция-изображение w).

В изображениях Лапласа для температуры жидкости F и колонны F_1 решение записывается следующим образом:

$$F_1 = \begin{cases} \frac{D(s)w_L(s, z)}{A(s)} (1 - e^{-A(s)z}), & z \leq L, \\ \frac{D(s)w_L(s, z)}{A(s)} (e^{-A(s)(z-H)} - e^{-A(s)z}), & z > L; \end{cases} \quad (8)$$

$$F = \frac{\alpha}{B(s)} F_1 + \begin{cases} \frac{lw_L(s, z)}{B(s)}, & z \leq L, \\ 0, & z > L. \end{cases} \quad (9)$$

Здесь L — длина индуктора (области нагрева); функции $A(s)$, $B(s)$, $D(s)$ имеют вид

$$A(s) = \frac{1}{C_1 Q} \left(A_1 C_1 + 2\pi R \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{B(s)} \right) \right),$$

$$B(s) = \alpha + C_2 l s + \lambda_3 \sqrt{\frac{s}{a_3}}, \quad D(s) = \frac{2\pi R \alpha l}{C_1 Q B(s)}.$$

Для периода нагрева при постоянной удельной мощности тепловыделения на единицу объема $W(t) = W = \text{const}$ изображение w_L имеет вид W/s . В общем случае с учетом периода работы индуктора длительностью t_W и последующего прекращения его работы изображение принимает вид

$$w_L = \int_0^\infty W \gamma(t) \big|_{t \leq t_W} e^{-st} dt = \frac{W}{s} (1 - e^{-st_W}).$$

Обратное преобразование Лапласа для функций (8), (9) проводилось с помощью численного алгоритма Стефеста [1].

Анализ результатов расчетов. Модель состоит из трех различных зон (вода в скважине, металлическая обсадная колонна, цементное кольцо и горные породы) с различающимися свойствами (теплопроводностью λ , удельной теплоемкостью c , плотностью ρ (см. таблицу)).

Для расчета коэффициента теплоотдачи используется следующая корреляция для числа Нуссельта при вынужденной конвекции в трубе [9]:

$$\alpha = \frac{\lambda_1 \text{Nu}}{d}, \quad \text{Nu} = \begin{cases} 4,36, & \text{Re} \leq 2100, \\ \text{Nu}_{lam} + \frac{\text{Nu}_{turb} - \text{Nu}_{lam}}{\text{Re}_{turb} - \text{Re}_{lam}} (\text{Re} - \text{Re}_{lam}), & 2100 < \text{Re} < 10\,000, \\ 0,023 \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,3}, & \text{Re} \geq 10\,000. \end{cases}$$

Здесь d — гидравлический диаметр; Nu, Re, Pr — числа Нуссельта, Рейнольдса и Прандтля соответственно; индексы *lam*, *turb* соответствуют ламинарному и турбулентному режимам; $\text{Re}_{lam} = 2100$, $\text{Re}_{turb} = 10\,000$, $\text{Nu}_{lam} = 4,36$,

$$\text{Nu}_{turb} = 0,023 \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,3} \big|_{\text{Re}=10\,000}, \quad \text{Re} = \frac{\rho_1 Q d}{A_1 \mu}, \quad \text{Pr} = \frac{\mu_1 c_1}{\lambda},$$

μ_1 , λ_1 — вязкость и теплопроводность жидкости соответственно.

В расчетах были приняты следующие значения параметров: внутренний радиус обсадной колонны $R = 63,5$ мм, длина индуктора $L = 0,4$ м, мощность индуктора $W = 1000$ Вт, вязкость жидкости $\mu = 0,5$ мПа · с, теплопроводность $\lambda = 0,65$ Вт/(м · К), гидравлический

Теплофизические свойства среды

Материал	λ , Вт/(м · К)	c , Дж/(кг · К)	ρ , кг/м ³
Вода	0,65	4185	983
Металл	50,00	500	8000
Цемент и горная порода	1,20	1000	2500

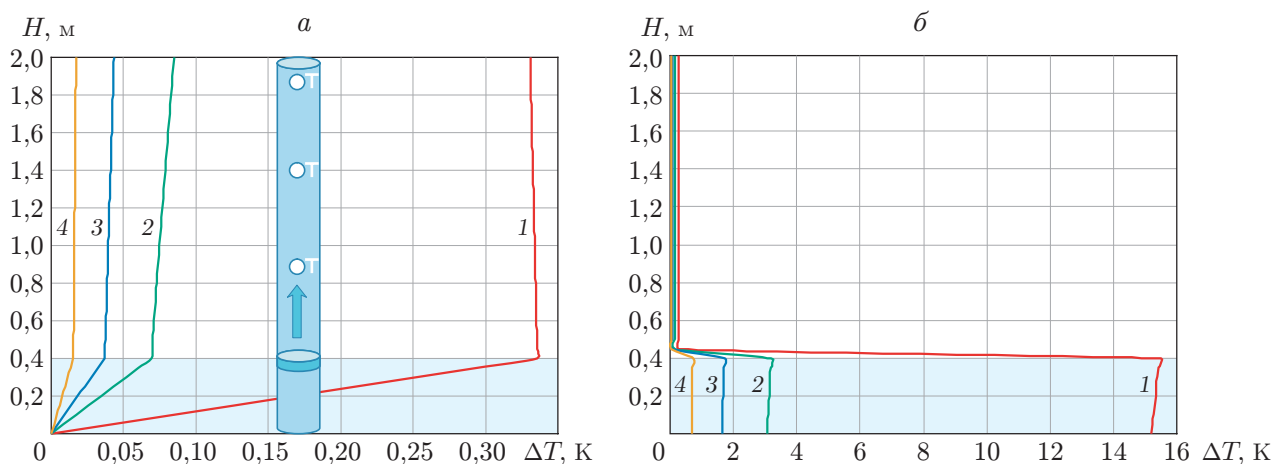


Рис. 2. Распределение температуры в жидкости (а) и обсадной колонне (б) в различные моменты времени:

1 — через 20 мин с момента начала нагрева; 2, 3, 4 — через 5, 10, 20 мин после отключения индуктора соответственно; заштрихованные области — области нагрева; стрелка — направление течения жидкости; Т — положение температурных датчиков в жидкости

диаметр потока в колонне $d = 85$ мм (разность между внутренним диаметром колонны, равным 127 мм, и внешним диаметром индуктора, равным 42 мм). Длительность нагрева (продолжительность работы индуктора) составляет $t_W = 20$ мин, далее индуктор отключается, в результате жидкость и колонна постепенно остывают. Рассматривались варианты объемного расхода жидкости в колонне (дебита) $Q = 25$ м³/сут и $Q = 50$ м³/сут. Распределение температуры в жидкости и колонне после отключения индуктора представлено на рис. 2 (H — расстояние от нижней границы области нагрева вдоль ствола скважины). Объемный расход в колонне равен 50 м³/сут. В процессе нагрева температура жидкости увеличивается на 0,34 К по сравнению с начальной, температура колонны увеличивается на 15,5 К (кривая 1 на рис. 2). После отключения индуктора наблюдается интенсивное уменьшение температурных аномалий: через 5 мин максимальное изменение температуры колонны составляет $\Delta T = 3,2$ К, через 20 мин — $\Delta T = 0,7$ К. Максимальная температура в жидкости через 5 и 20 мин после отключения индуктора равна 0,07 и 0,02 К соответственно, т. е. тепловые аномалии через 20 мин практически исчезают.

Динамика температуры в процессе нагрева и после отключения индуктора, регистрируемая с помощью температурных датчиков, расположенных выше индуктора по потоку (см. рис. 2, а), при различных значениях объемного расхода показана на рис. 3. При объемном расходе 25 м³/сут (см. рис. 3, а, б) изменение температуры жидкости в конце нагрева составляет $0,50 \div 0,53$ К, при этом форма температурных кривых в различных точках, расположенных на расстоянии 0,5, 1,0 и 2,0 м от верхней границы области нагрева, практически совпадает. После включения индуктора в жидкости создается тепловое возмущение — движущаяся со скоростью потока температурная метка, которая последовательно регистрируется датчиками через 21, 40 и 80 с соответственно (см. рис. 3, б). Результаты исследования движения тепловой метки позволяют рассчитать объемный расход жидкости в колонне: с учетом погрешности определения времени прихода метки ± 1 с расчетный расход варьируется в интервале $24,4 \div 25,6$ м³/сут.

При объемном расходе 50 м³/сут (рис. 3, в) изменение температуры жидкости в конце нагрева составляет $0,30 \div 0,32$ К. Также при расходе $Q = 50$ м³/сут температурные аномалии исчезают быстрее, чем при расходе $Q = 25$ м³/сут, что обусловлено меньшей

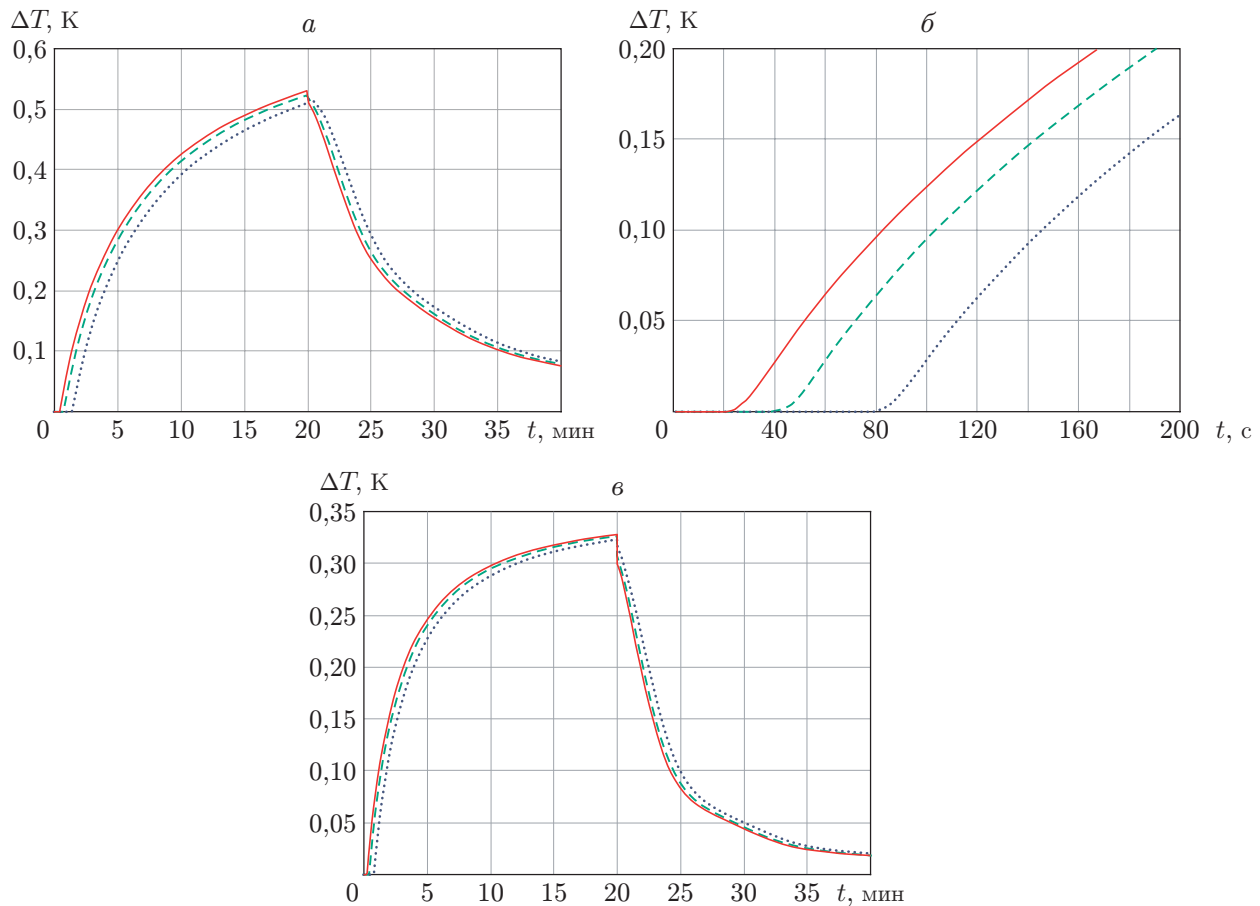


Рис. 3. Изменение температуры жидкости на различных расстояниях от верхней границы области нагрева h и при различных значениях объемного расхода: $a, б$ — $Q = 25 \text{ м}^3/\text{сут}$, $в$ — $Q = 50 \text{ м}^3/\text{сут}$; $a, в$ — в процессе нагрева и после отключения индуктора, $б$ — через 3 мин с момента начала нагрева; сплошная линия — $h = 0,5 \text{ м}$, штриховая линия — $h = 1,0 \text{ м}$, точки — $h = 2,0 \text{ м}$

температурой самой колонны в конце нагрева, а также влиянием потока, уносящего тепло из области нагрева. Для сравнения, через 5 мин после отключения индуктора изменение температуры в рассмотренных точках при $Q = 25 \text{ м}^3/\text{сут}$ составляет $0,25 \div 0,30 \text{ К}$, при $Q = 50 \text{ м}^3/\text{сут}$ — $0,08 \div 0,10 \text{ К}$.

Расчеты с аналогичными параметрами были также выполнены с использованием CFD-моделирования (computational fluid dynamics) в программном пакете Ansys Fluent. При CFD-моделировании (рис. 4) учитывались распределение температуры в жидкости, колонне и горной породе по радиусу и вертикали, теплопроводность в вертикальном направлении, теплоемкость индуктора. Полагается, что индуктор и обсадная колонна имеют одинаковые свойства. Начальная температура равна температуре на внешней границе модели и является постоянной величиной. На входе модели (область жидкости) задаются постоянная температура T и скорость потока v , на выходе — граничное условие для давления p , на остальных границах задается условие отсутствия теплового потока. В области индуктора, колонны, горных пород решается уравнение теплопроводности, для жидкости в колонне решаются уравнения Навье — Стокса для несжимаемой жидкости, причем в случае турбулентного режима течения используется модель турбулентности Спаларта — Аллмараса [11].

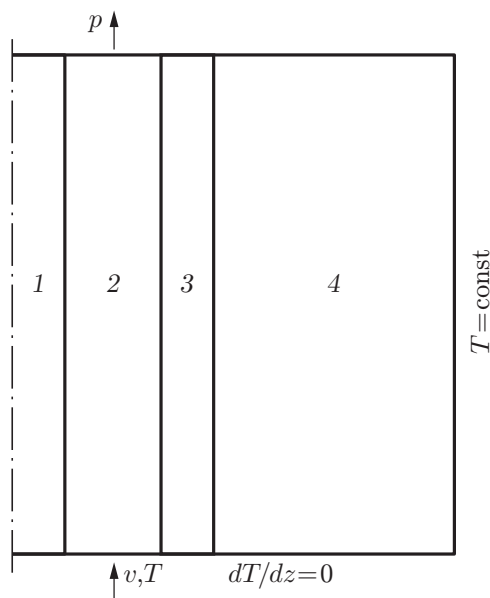


Рис. 4. Геометрия модели при расчете в пакете Ansys Fluent:

1 — индуктор, 2 — жидкость, 3 — обсадная колонна, 4 — горные породы; штрихпунктирная линия — ось симметрии

Результаты расчетов температуры жидкости в процессе уменьшения тепловых возмущений показаны на рис. 5. Температура колонны в области нагрева, вычисленная по численной модели, оказалась несколько меньше, что обусловлено влиянием вертикальной теплопроводности. На расстояниях от области нагрева, превышающих $0,4 \div 0,6$ м, расчетные температуры, полученные по двум моделям, практически совпадают. Например, при расходе $Q = 25 \text{ м}^3/\text{сут}$ на расстоянии $0,6$ м через 5, 10 и 20 мин изменение температуры жидкости согласно аналитической модели составляет $0,25; 0,16; 0,08$ К соответственно, согласно численной модели — $0,25; 0,13; 0,08$ К соответственно. При расходе $Q = 50 \text{ м}^3/\text{сут}$ на том же расстоянии разность температур не превышает $0,01$ К.

На рис. 6 приведены результаты экспериментального исследования температуры потока жидкости в колонне в процессе индукционного нагрева. Экспериментальная установка представляет собой модель скважины, включающую стальную трубу с внутренним диаметром 150 мм и высотой 2200 мм. Расход воды через колонну составляет $15 \text{ м}^3/\text{сут}$, мощность нагревателя — 800 Вт. Измерение температуры проводится на двух уровнях, расстояние между которыми составляет $0,4$ м [12]. С использованием аналитической модели получены расчетные кривые изменения температуры жидкости (штриховые линии на рис. 6), которые удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными (сплошные линии на рис. 6). На нижнем датчике наблюдаются значительные (с амплитудой $0,3 \div 0,4$ К) колебания температуры, обусловленные влиянием свободной (естественной) конвекции, что приводит к некоторому расхождению расчетных и экспериментальных кривых (максимальное отклонение температур составляет приблизительно $0,4$ К). Для верхнего датчика расчетные зависимости согласуются лучше, максимальное отклонение не превышает $0,2$ К, среднеквадратичное отклонение составляет приблизительно $0,08$ К.

Сравнение результатов расчетов, полученных с использованием аналитической модели и CFD-моделирования, с экспериментальными данными показывает, что полученные аналитические решения могут использоваться при прогнозировании температурных аномалий в стволе скважины в процессе индукционного нагрева.

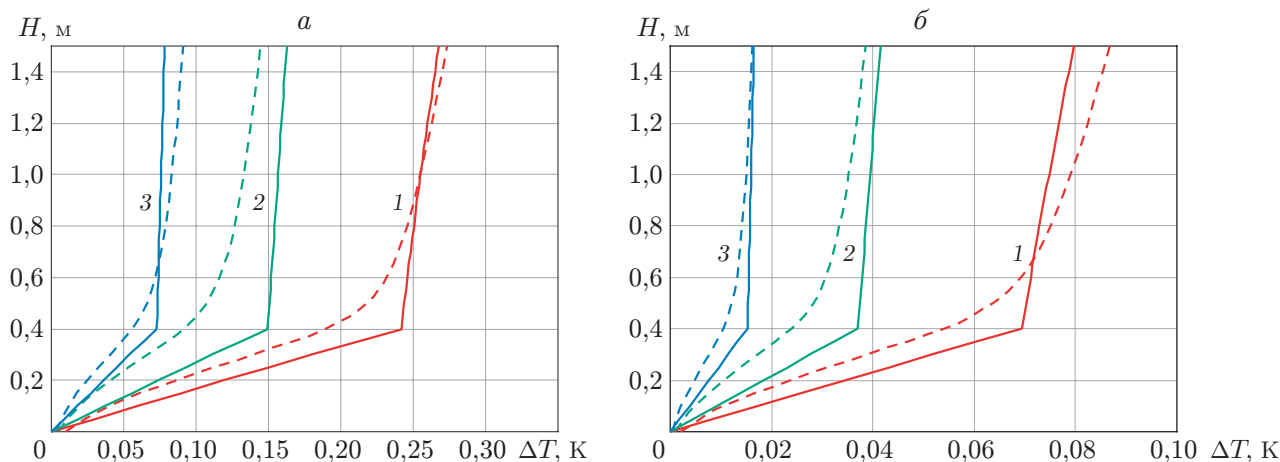


Рис. 5. Распределение температуры в жидкости после прекращения индукционного нагрева при различных значениях объемного расхода и в различные моменты времени после отключения индуктора:

a — $Q = 25 \text{ м}^3/\text{сут}$, b — $Q = 50 \text{ м}^3/\text{сут}$; 1 — $t = 5 \text{ мин}$, 2 — $t = 10 \text{ мин}$, 3 — $t = 20 \text{ мин}$; сплошные линии — аналитическое решение, штриховые — CFD-расчет

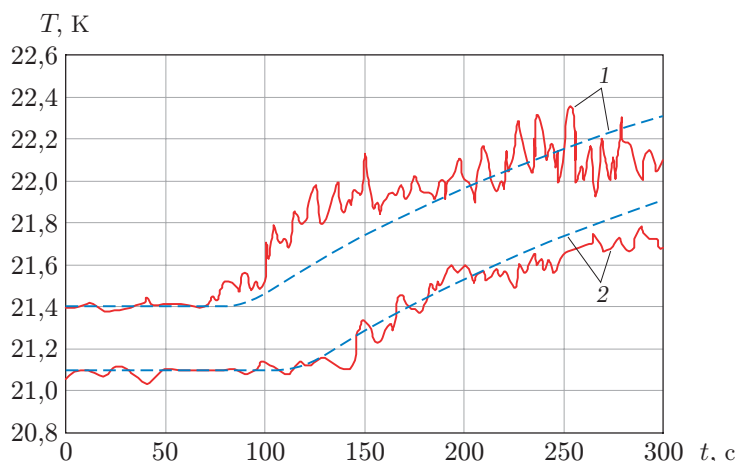


Рис. 6. Изменение температуры жидкости на расстоянии $H = 1,5 \text{ м}$ (1) и $H = 1,9 \text{ м}$ (2) от нижней границы области нагрева:

сплошные линии — экспериментальные данные, штриховые — аналитическое решение

Заключение. В работе получены новые аналитические решения для расчета нестационарной температуры в потоке жидкости и в металлической обсадной колонне в процессе индукционного нагрева участка колонны и после остановки работы индуктора. Для получения решения использовался метод интегрального преобразования Лапласа по времени. Исследовано формирование температурного поля в жидкости и колонне в процессе нагрева и после отключения индуктора. Показана возможность количественного определения расхода жидкости в колонне по движению тепловой метки, регистрируемому датчиками температуры, расположенными выше нагреваемого участка. Сравнение результатов расчетов по аналитической модели с результатами моделирования в программном пакете Ansys Fluent показало, что расчетная температура жидкости в области нагрева несколько завышена по сравнению с численным решением, что обусловлено учетом вертикальной

теплопроводности в колонне в рамках аналитического решения. Выше по потоку численное и аналитическое решения становятся близкими: например, на расстоянии 0,6 м от области нагрева разность температур не превышает сотых долей градуса. Выполнено сравнение результатов расчетов по аналитической модели с экспериментальными данными. Показано, что полученные аналитические решения могут использоваться при прогнозировании температурных аномалий, обусловленных индукционным нагревом обсадной колонны.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Валиуллин Р. А.** Геофизические исследования и работы в скважинах. Т. 3. Исследования действующих скважин / Р. А. Валиуллин, Р. К. Яруллин. Уфа: Информреклама, 2010.
2. **Валиуллин Р. А., Яруллин Р. К.** Особенности геофизических исследований действующих горизонтальных скважин // Вестн. АН Респ. Башкортостан. 2014. № 1. С. 21–28.
3. **Валиуллин Р. А., Шарафутдинов Р. Ф., Федотов В. Я. и др.** Использование нестационарной термометрии для диагностики состояния скважин // Нефтяное хоз-во. 2015. № 5. С. 93–96.
4. **Валиуллин Р. А., Рамазанов А. Ш., Хабиров Т. Р. и др.** Интерпретация термогидродинамических исследований при испытании скважины на основе численного симулятора // Тр. Рос. нефтегазовой техн. конф. SPE, Москва, 26–28 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Б. м.: Soc. Petroleum Engrs, 2013. 176589.
5. **Шарафутдинов Р. Ф., Давлетшин Ф. Ф.** Численное исследование неизотермической фильтрации сжимаемого флюида в низкопроницаемом пласте с трещиной гидроразрыва // ПМТФ. 2021. Т. 62, № 2. С. 160–173.
6. **Пат. 2194160 РФ, МКИ Е 21 В 47/06.** Способ активной термометрии действующих скважин (варианты) / Р. А. Валиуллин, Р. Ф. Шарафутдинов, А. Ш. Рамазанов, В. В. Дрягин, Я. Р. Адиев, А. А. Шилов. № 2001102007/03; Заявл. 22.01.2001; Оpubл. 10.12.2002.
7. **Шарафутдинов Р. Ф., Валиуллин Р. А., Рамазанов А. Ш. и др.** Опыт применения технологии активной термометрии на нефтяных месторождениях России // Тр. Рос. техн. нефтегазовой конф. и выставки SPE по разведке и добыче, Москва, 16–18 окт. 2012 г. [Электрон. ресурс]. Б. м.: Soc. Petroleum Engrs, 2012. 161982.
8. **Валиуллин Р. А., Шарафутдинов Р. Ф., Садретдинов А. А. и др.** Экологические вопросы контроля за эксплуатацией скважин подземных хранилищ газа // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2015. Т. 17, № 5. С. 256–262.
9. **Шарафутдинов Р. Ф., Хабиров Т. Р., Садретдинов А. А.** Исследование неизотермического двухфазного течения в вертикальной скважине // ПМТФ. 2015. Т. 56, № 2. С. 15–20.
10. **Порошина Н. И., Рябов В. М.** О методах обращения преобразования Лапласа // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Математика. Механика. Астрономия. 2011. № 3. С. 55–64.
11. **Сентябов А. В., Гаврилов А. А., Дектерев А. А.** Исследование моделей турбулентности для расчета закрученных течений // Теплофизика и аэромеханика. 2011. Т. 18, № 1. С. 81–93.
12. **Валиуллин Р. А., Шарафутдинов Р. Ф., Федотов В. Я. и др.** Исследование температурного поля в скважине с индукционным нагревом колонны при наличии каналов заколонного перетока жидкости // Вестн. Тюм. гос. ун-та. Физ.-мат. моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2017. Т. 3, № 3. С. 17–28.

*Поступила в редакцию 22/IV 2022 г.,
после доработки — 22/IV 2022 г.
Принята к публикации 27/VI 2022 г.*