

Разработанная информационная система позволяет упростить работу горного инженера при расчете промывочных агентов для бурения скважины, вести точный расчет, хранить данные в базе данных, а также выводить отчеты по всем параметрам.

Список литературы

1. Павловская Т.А. Программирование на языке высокого уровня СС++ / Т.А.Павловская– СПб. Питер, 2007. – 461 с.
2. Паппас К. Программирование на С и С++ / К. Паппас, У. Мюррей— Киев: Ирина ВНУ, 2000.
3. Ысаков А.Ж. Разведочное бурение. Методические указания по составлению курсового проекта для студентов специальности «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». Бишкек: КГ-МИ, 1998

УДК 622.276:517.977.1/5

О ФАКТОРЕ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ

Лелевкина Лилия Григорьевна, проф., к.ф.-м.н., КРСУ им. Б.Н. Ельцина, Кыргызстан, 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44, e-mail: lelevkina_l@mail.ru

Гончарова Ирина Витальевна, к.ф.-м.н., доц. КРСУ им. Б.Н. Ельцина, Кыргызстан, 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44, e-mail: goncharovaiv@mail.ru

Комарцова Елена Алексеевна, ст.преп. КРСУ им. Б.Н. Ельцина, Кыргызстан, 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44, e-mail: c_elena_a@mail.ru

Цель статьи – численная оптимизация процесса индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины. Авторами проведены численные эксперименты в среде Borland Delphi 7. Изучен характер влияния параметра удельной мощности на управляющее воздействие и величину минимизируемого функционала энергии. Установлены благоприятные зоны изменения параметра в различных режимах нагрева и даны практические рекомендации по выбору параметров режимов индукционного нагрева.

Ключевые слова: обсадная колонна, индукционный нагрев, оптимизация, режимы нагрева, метод максимума Понтрягина, схема Кранка – Николсона, итерационный процесс, удельная мощность, функционал энергии.

ON THE SPECIFIC POWER FACTOR IN OPTIMIZATION PROBLEM OF THE INDUCTION HEATING OF OIL WELL CASING PIPE

Lelevkina Liliia G., PhD, Professor, KRSU named after B.N. Yeltsin, 720000, Kievskaiia, 44, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: lelevkina_l@mail.ru

Goncharova Irina V., PhD, KRSU named after B.N. Yeltsin, 720000, Kievskaiia, 44, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: goncharovaiv@mail.ru

Komartsova Elena A., KRSU named after B.N. Yeltsin, 720000, Kievskaiia, 44, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: c_elena_a@mail.ru

The purpose of this paper is the numerical optimization of the process of induction heating oil well casing pipe. The authors carried out numerical experiments using Borland Delphi 7 software. The character of the specific power parameter influence to control action and the value of minimized energy functional is obtained. Favorable zone of parameter changing in different modes of heating are determined and practical recommendations on the choice of induction heating modes parameters are given.

Keywords: casing, induction heating, optimization, heating modes, Pontryagin maximum method, Krank-Nicolson scheme, iteration process, specific power, energy functional.

По материалам геолого-геофизических исследований общие прогнозные ресурсы нефтегазоперспективных структур Кыргызстана оцениваются в 765 – 1360 млн. тонн.

По сообщениям Министерства энергетики ежегодно в Кыргызстане добывают от 70 до 90 тыс. тонн нефти.

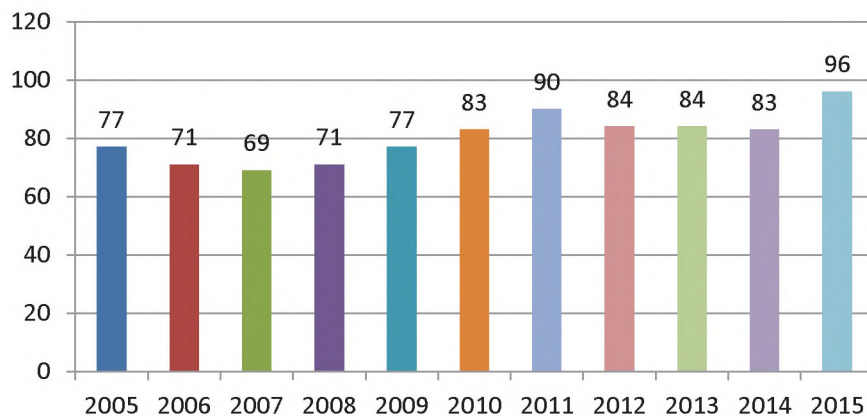


Рис. 1. Объемы добычи сырой нефти (тыс. тонн) в Кыргызстане

По прогнозам специалистов добыча нефти может достигать 300 тыс. т в год.

В последние годы увеличился интерес к исследованию нефтяных запасов Кыргызстана и добычи нефти со стороны иностранных компаний. По прогнозам крупнейшей нефтяной корпорации «Шеньли» недра Алайской долины, оцениваются в 260 млн. тонн, что значительно больше, чем на Филиппинах.

Основные месторождения сосредоточены в Ферганском нефтегазоносном районе. В настоящее время на территории Жалал-Абадской, Ошской и Баткенской областей в эксплуатации находятся 15 нефтегазоносных месторождений, с разведанными промышленными запасами нефти в объеме 10-11 млн. тонн нефти. Эти месторождения эксплуатируются около 70 лет и их ресурсы выработаны на 70%, а из оставшихся запасов нефти 80% являются трудно извлекаемыми. Их добыча требует дополнительных затрат и применения специальных технологий.

В настоящее время активно разрабатываются теоретические основы и практические методы реализации новейших технологий повышения нефтеотдачи пластов, в том числе применяются методы термического воздействия на пласт. Одним из таких методов является индукционный нагрев обсадной колонны. В качестве источника тепла предлагается использовать, например, индуктор (рис. 2) разработанный сотрудниками кафедры прикладной физики Башкирского Государственного университета [4].

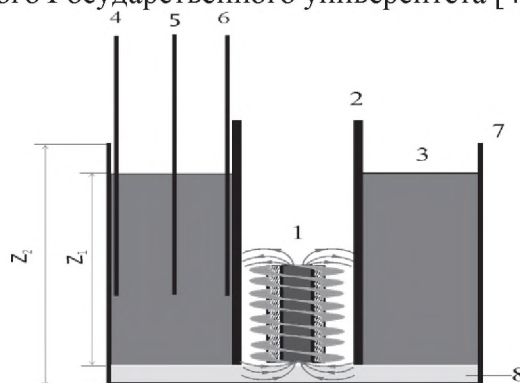


Рис. 2 Схема лабораторной экспериментальной установки.

1 – катушка индуктора; 2 – труба индуктора; 3 – углеводородная жидкость; 4, 5, 6 – электронные термомпары; 7 – емкость; 8 – бетон.

Управляемый процесс индукционного нагрева с распределенными источниками энергии в области $Q = \{0 < t < t_1, 0 < r < R\}$ описывается уравнением теплопроводности [3]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{a}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{a}{\lambda} V(t, r), \quad (1)$$

с начальным условием и граничными условиями

$$T(0, r) = \varphi_1(r), \quad \frac{\partial T(t, 0)}{\partial r} = 0, \quad \left. \frac{\partial T(t, r)}{\partial r} \right|_{r=R} = h[T_R - T(t, R)], \quad (2) \text{ где}$$

$\frac{a}{\lambda} V(t, r) = w(r)u(t)$, $u(t)$ – удельная мощность, являющаяся управляющим воздействием, $w(r)$ – заданная функция, характеризующая мощность внутренних источников нагрева, которая на каждом этапе нагрева задается различными аналитическими выражениями.

Процесс индукционного нагрева стального цилиндра до температуры выше точки Кюри делится на три этапа соответствующих холодному, промежуточному и горячему режимам индукционного нагрева. На каждом этапе существуют свои законы внутреннего тепловыделения и свои характеристики теплофизических свойств стали.

Холодный режим нагрева длится до тех пор, пока температура поверхности цилиндра не достигает точки Кюри (730-770°C). На этом этапе стальное изделие сохраняет ферромагнитные свойства. Если ферромагнитное тело помещено в переменное магнитное поле, вектор напряженности которого параллелен поверхности тела, то плотность индукционного тока уменьшается от поверхности цилиндра вглубь металла по линейному закону и функция распределения внутренних источников тепла в холодном режиме нагрева имеет вид [1]:

$$w(r) = \begin{cases} \frac{2868 \cdot R(r - R + x)^2}{(4R - x)x^3}, & R - x \leq r \leq R \\ 0, & 0 \leq r < R - x \end{cases}$$

здесь R – радиус цилиндра, $x = 1,46 \cdot \Delta_1$ – расстояние от поверхности цилиндра до того слоя, где плотность тока равна нулю; $\Delta_1 = 5030 \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\mu \cdot f}}$ – глубина проникновения в металл электромагнитной волны; ρ_1 – удельное сопротивление на первом этапе; f – частота тока в индукторе; μ – магнитная проницаемость.

Распределение температуры по сечению $0 \leq r \leq R$ в холодном режиме задается функцией: $\varphi_2(r) = 270 + \frac{480}{R} \cdot r$.

В промежуточном режиме нагрева из-за отражения электромагнитной энергии от слоев металла, еще сохраняющих ферромагнитные свойства, форма кривой распределения плотности индуцированного тока по сечению близка к ступенчатой. За это время фронт температуры магнитных превращений продвигается от поверхности сердечника до глубины

$$\Delta_2 = 5030 \sqrt{\frac{\rho_2}{f}} \text{ см,}$$

т.е. до глубины проникновения электромагнитной энергии в сталь, потерявшую магнитные свойства. Здесь ρ_2 – удельное сопротивление стали при промежуточном режиме. За среднюю глубину активного слоя принимается значение $\xi = \frac{\Delta_2}{2}$.

Тогда с достаточной точностью для теплового расчета считается, что источники тепла равномерно распределены в поверхностном слое толщиной ξ , а за его пределами вообще отсутствуют.

Функция распределения внутренних источников тепла в промежуточном режиме нагрева имеет вид [10]

$$w(r) = \begin{cases} \frac{3824 \cdot R}{(4R - \Delta_2)\Delta_2}, & R - \Delta_2/2 \leq r \leq R, \\ 0, & 0 \leq r < R - \Delta_2/2, \end{cases}$$

здесь Δ_2 – глубина проникновения в металл электромагнитной волны на втором этапе нагрева.

В промежуточном этапе нагрева начальное распределение температуры задается функцией $\varphi_1(r) = 270 + \frac{480}{R} \cdot r$.

Конечное распределение температуры задается функцией $\varphi_2(r) = 670 + \frac{180}{R} \cdot r$

После потери магнитных свойств слоем стали, лежащем на расстоянии Δ_2 от поверхности цилиндра начинается горячий режим, в течении которого удельная мощность и электрические параметры индуктора остаются постоянными.

Мощность внутренних источников нагрева в горячем режиме определяются следующим образом [9]:

$$w(r) = \frac{\sqrt{2}K(ber'^2 Z + bei'^2 Z)}{ber'ZberZ + bei'ZbeiZ},$$

где $K = \frac{1}{\Delta_K}$, $z = \sqrt{2}rK$; $berZ$, $beiZ$, $ber'Z$, $bei'Z$ – функции Кельвина и их производные, $T_R = const$ – внешняя средняя температура, которая считается постоянной, $h = const > 0$ – коэффициент теплообмена.

Требуется среди всех допустимых управлений $0 \leq u(t) \leq u_{\max}$ найти такое управление $u_0(t)$, которое вместе с соответствующим ему решением $T^0(t, r)$ краевой задачи (1)–(2) минимизирует функционал энергии

$$J[u] = 2\pi l \int_0^{R} \int_0^{t_1} V(t, r) r dt dr \quad (3)$$

и при $t = t_1$ выполняется условие $T(t_1, r) = \varphi_2(r)$.

Задача минимизации функционала энергии (3) заменяется задачей минимизации функционала вида [2]

$$F[u, \beta, \gamma, C] = \beta \left\{ \gamma \int_0^{t_1} u(t) dt + \int_0^{t_1} [u(t) - C]^2 dt \right\} + \int_0^R r [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]^2 dr, \quad (4)$$

где C – параметр удельной мощности, β, γ – штрафные параметры.

В результате замены $v(t) = u(t) - C + \frac{\gamma}{2}$ и преобразования функционала (4)

получится квадратичный функционал

$$F[v, \beta, \gamma, C] = \beta \int_0^{t_1} v^2(t) dt + \int_0^R r [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]^2 dr - \frac{\gamma \beta t_1 (\gamma - 4C)}{4}, \quad (5)$$

При решении задачи (1)-(2) используется принцип максимума Понтрягина для систем с распределенными параметрами [3] примененный к решению задач оптимизации индукционного нагрева [5,6,12] интегро-интерполяционным методом [7]. Решаются прямая и обратная итерационные задачи с применением разностной схемы Кранка-Николсона [11]

Рассматривается следующая итерационная задача

$$\frac{\partial T^{(k)}(t, r)}{\partial t} = \frac{a}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T^{(k)}}{\partial r} \right) + u^{(k-1)}(t) w(r), \quad (6)$$

$$T^{(k)}(0, r) = \varphi_1(r), \quad \left. \frac{\partial T^{(k)}(t, r)}{\partial r} \right|_{r=R} = h_z [T_R - T^{(k)}(t, R)] \quad (7)$$

Проводятся преобразования с использованием квадратурной формулы:

$$\frac{1}{\tau} \int_{t_{n-1}}^{t_n} T^{(k)}(t, r) dt \approx \theta T^{(k)}(t_n, r) + (1 - \theta) T^{(k)}(t_{n-1}, r)$$

приводящие к краевой задаче для обыкновенного дифференциального уравнения

$$\frac{a}{r} (r U'(r))' - b U(r) = f(r); \quad (8)$$

$$U'(0) = 0; \quad U'(R) = h_z [T_R - U(R)], \quad (9)$$

где введены следующие обозначения:

$$U(r) \equiv \theta T^n(r) + (1 - \theta) T^{n-1}(r), \quad T^n(r) \equiv T^{(k)}(t_n, r),$$

$$b = \frac{1}{\theta \tau}; \quad f(r) = -\frac{T^{n-1}(r)}{\theta \tau} - w(r) u_{n-1}.$$

Путем построения разностной схемы Кранка – Николсона [11] для задачи (6) – (7), получим систему дискретных уравнений вида

$$\left\{ \begin{aligned} a \frac{U_2^h - U_1^h}{h} &= \frac{h}{4} (f_1 + b U_1^h); \\ a \frac{r_{i+1}}{r_i} S\left(\frac{r_i}{r_{i+1}}\right) \frac{U_{i+1}^h - U_i^h}{h} - a S\left(\frac{r_{i-1}}{r_i}\right) \frac{U_i^h - U_{i-1}^h}{h} &= \\ &= \frac{1}{2} (f_i + b U_i) \left[\frac{r_{i+1}}{r_i} S\left(\frac{r_i}{r_{i+1}}\right) r_{i+1/2} - S\left(\frac{r_{i-1}}{r_i}\right) r_{i-1/2} \right]; \quad i = \overline{1, N-1} \\ -a S\left(\frac{r_{N-1}}{r_N}\right) \frac{U_N^h - U_{N-1}^h}{h} + a h_z T_R - a h_z U_N^h &= \frac{1}{2} (f_N + b U_N) \left[-S\left(\frac{r_{N-1}}{r_N}\right) r_{N-\frac{1}{2}} + r_N \right]. \end{aligned} \right. \quad (10)$$

Таким образом, (6)-(7) аппроксимируется задачей (10), решение которой находится с помощью метода прогонки, после чего, решение исходной основной задачи (6)-(7) определяется по следующей формуле:

$$T_i^n = \frac{1}{\theta} U_i^h - \left(\frac{1}{\theta} - 1 \right) T_i^{n-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (11)$$

Решается сопряженная задача

$$\frac{\partial \psi^{(k)}(t, r)}{\partial t} + a \frac{\partial^2 \psi^{(k)}(t, r)}{\partial r^2} + \frac{a}{r} \frac{\partial \psi^{(k)}(t, r)}{\partial r} = 0,$$

$$\psi^{(k)}(t_1, r) = -2[T^{(k)}(t_1, r) - \varphi_2(r)], \quad \left[\frac{\partial \psi^{(k)}(t, r)}{\partial r} + h_z \psi^{(k)}(t, r) \right]_{r=R} = 0.$$

Эта задача решается тем же самым методом, что и основная задача. С учетом обозначения $\Phi(r) \equiv (1 - \theta)\psi^n(r) + \theta\psi^{n-1}(r)$ получается следующая краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения:

$$\frac{a}{r} (r\Phi'(r))' - b\Phi(r) = f(r); \quad (12)$$

$$\Phi'(0) = 0; \quad \Phi'(R) = -h_z\Phi(R). \quad (13)$$

К этой задаче применяется схема (10), где $T_R = 0$, находятся значения Φ_i^h , тогда итерационные значения для решения сопряженной задачи (11) находятся по формуле:

$$\psi_i^{n-1} = \frac{1}{\theta} \Phi_i^h - \left(\frac{1}{\theta} - 1 \right) \psi_i^n, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (14)$$

После нахождения приближенного решения сопряженной задачи и использования квадратурной формулы находится оптимальное управляющие воздействие на каждом итерационном шаге по формуле:

$$u^{(k)}(t_n) = \frac{1}{2\beta} \frac{h}{2} \sum_{i=1}^{I-1} \left\{ r_i \psi_i^n w(r_i) + r_{i+1} \psi_{i+1}^n w(r_{i+1}) \right\} + C - \frac{\gamma}{2}$$

после чего делается переход к следующей итерации, этот процесс продолжается до тех пор пока, количество итераций не превысит определенного количества, либо когда изменение значения управления будет незначительным.

Проведены численные эксперименты в среде Borland Delphi 7 в трех режимах нагрева. Данные для расчетов взяты из работы [4]. Ранее в работах [5, 8] было исследовано влияние штрафных параметров β, γ на функционал энергии в зонах флуктуации и в зонах постоянства.

В данной работе изучено влияние параметра удельной мощности C на управляющее воздействие и функционал энергии.

При малых значениях параметра C управляющее воздействие отрицательно, с увеличением параметра C происходит переход управляющего воздействия из области отрицательных значений в область положительных значений (рис.3).

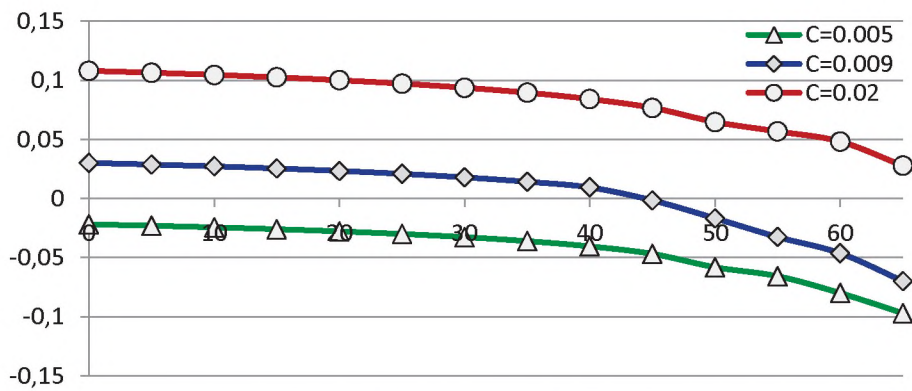


Рис.3 Управляющее воздействие при различных значениях параметра C

Установлены благоприятные зоны для варьирования параметра удельной мощности C дающие минимальные значения функционала.

Построены поверхностные диаграммы зависимости функционала энергии $F(C,t)$ в холодном, промежуточном и горячем режимах нагрева (рис.4).

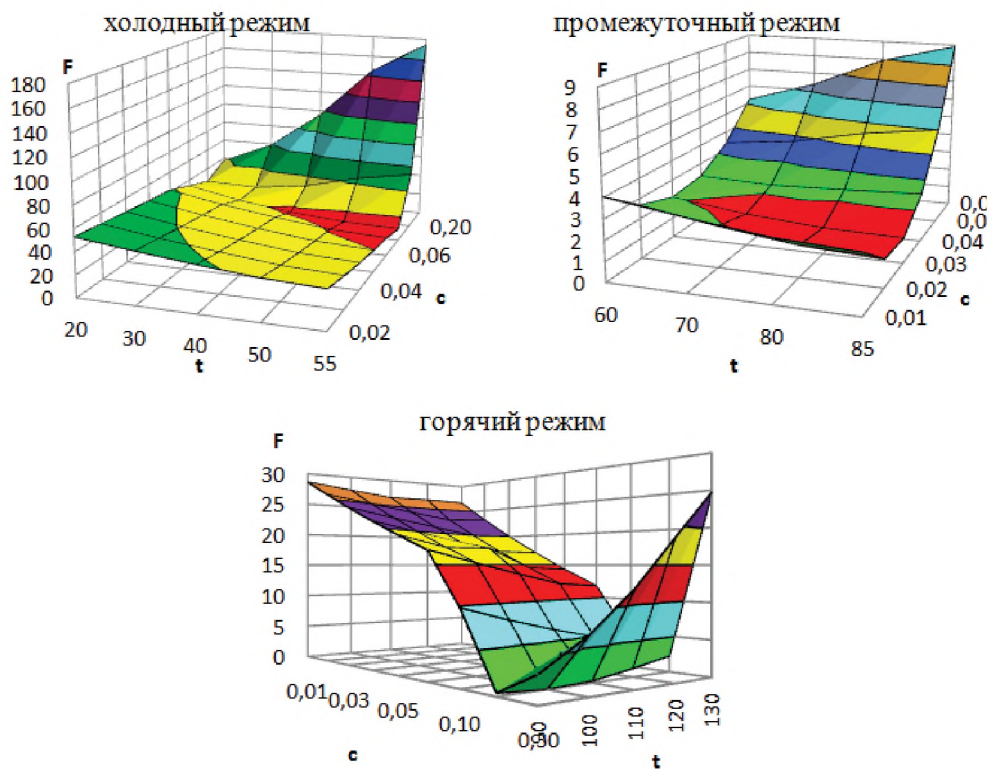


Рис.4 Поверхностные диаграммы зависимости $F(C,t)$.

Линии уровня данных поверхностей представлены на рис. 5-7.

Из графиков (рис.5-7) следует, что зависимость функционала энергии от параметра C квадратичная. При увеличении времени нагрева во всех режимах, прослеживается тенденция к сдвигу минимума функционала в сторону уменьшения параметра C . В холодном и горячем режимах нагрева зона благоприятных значений по параметру C практически совпадают, т.е. $C \in [0,02; 0,12]$ и $C \in [0,02; 0,1]$ соответственно, а в промежуточном режиме благоприятная зона для значений параметра C значительно сужается $C \in [0,02; 0,04]$.

Выводы: Рассмотрен процесс оптимизации индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины, в котором критерием качества является функционал энергии. Задача его минимизации решена методами оптимизации систем с распределенными параметрами и доведена до численной реализации. Проведены численные эксперименты в среде Borland Delphi 7 при различных штрафных параметрах, входящих в минимизируемый функционал, исследованы закономерности влияния параметра удельной мощности на величину функционала и на управляющее воздействие. На основе проведенного анализа численных экспериментов, даны выводы и практические рекомендации по выбору оптимальных параметров режима индукционного нагрева, дающих минимальные значения функционала:

- в холодном режиме минимальное значение функционала $F = 12,23$ кДж достигается при $t = 50$ сек., $C = 0,11$, $\beta = 1E + 7$, $\gamma \in [1E - 8; 1E - 5]$.
- в промежуточном режиме минимальное значение функционала нагрева $F = 2,09$ кДж достигается при $t = 60$ сек., $C = 0,03$, $\beta = 5E + 7$, $\gamma = 1E - 6$.
- в горячем режиме нагрева минимальное значение функционала $F = 19,8$ кДж достигается при $t = 90$ сек., $C = 0,04$, $\beta = 7E + 6$, $\gamma = 1E - 6$.

Список литературы

1. Бутковский А.Г. Методы управления системами с распределенными параметрами /А.Г. Бутковский. – М: Наука, 1975. – 568 с.
2. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач /Ф.П.Васильев.– М.: Наука, 1981. – 423 с.
3. Егоров А. И. Основы теории управления /А. И. Егоров– М.: Физматлит, 2004. – 504 с.
4. Изучение теплопроводности высоковязких углеводородных систем методом экспериментального и математического моделирования/ Л.А. Ковалева, Н.М. Насыров, В.И.Максимочкин, Р.Р. Суфьянов // ПМТФ. – 2005. – Т.46.- В. 6. – С. 96 – 102.
5. Лелевкина Л.Г. Сравнительный анализ режимов оптимального управления процессом индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины / Л.Г. Лелевкина, И.В. Гончарова, Е.А Комарцова. // Вестник КРСУ, 2015.- Т.15.- № 9. -С.186-190.
6. Лелевкина Л.Г. Сравнительный анализ режимов оптимального управления процессом индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины/ Л.Г. Лелевкина, И.В. Гончарова, Е.А Комарцова // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: материалы XIV Международной конференции. – Москва: РУДН, 2015. – С.70-71.
7. Лелевкина Л.Г. Оптимальное управление процессом теплопроводности/ Л.Г. Лелевкина, С.Н. Скляр, О.С. Хлыбов // Автоматика и телемеханика.- 2008.- №4. С. 119-133.
8. Лелевкина Л.Г. Применение функций Кельвина в решении задачи оптимизации индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины /Л.Г. Лелевкина,

И.В. Гончарова, Е.А Комарцова // Труды X Международной Азиатской школы - семинара «Проблемы оптимизации сложных систем». КР, 2014. – С. 464-472.

9. Рапопорт Э.Я. Об одной задаче оптимального по быстродействию управления нагревом массивных тел /Э.Я. Рапопорт // Автоматика и телемеханика, 1971.- № 4.-С.120–127.

10. Слухоцкий А. Е. Индукторы для индукционного нагрева /А. Е Слухоцкий, С. Е. Рыскин– Л.: Энергия, 1974. – 264 с.

11. Lelevkina L. G., Sklyar S. N., Khlybov O. S. Optimal Control and Heat Conductivity // Automation and Remote Control, Springer Science + Business Media. 2008. Vol. 69, № 4. – pp. 654-667.

12. Lelevkina L.G., Goncharova I.V., Komartsova E.A. Fields of constant minimum values and fields of fluctuations of the energy functional in the intermediate mode of the induction heating oil well casing pipe // Vestnik KRSU, 2016, V.16, № 5. PP. 58-62.

УДК 52.45.17

ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШИРАЛДЖИН»

Мырзалиев Бакыт Молдалиевич, исполняющий обязанности начальника ОТК ОсОО «Vertex Gold Company», Кыргызская Республика, г. Бишкек, e-mail: m.bakyt@mail.ru.

Ногаева Кулжамал Абдраимовна, д.т.н., профессор, Институт горного дела и горных технологий им. У.Асаналиева, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 215, e-mail: knogaeva@yahoo.com.

Молмакова Мира Сапаровна, к.т.н., и.о. доцента, Институт горного дела и горных технологий им. У.Асаналиева, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 215, e-mail: molmakova_m@mail.ru.

В статье приведены результаты пробирного, силикатного, гранулометрического анализов технологической пробы руды месторождения Ширалджин. Фазовым анализом определены формы нахождения меди и золота в руде. Результаты GRG теста (Gravity Recovery Gold) показали высокую эффективность обогащения исследуемой руды с извлечением золота, методом центробежной гравитации на лабораторном концентраторе «Falcon L 40». Полученные данные дают возможность выбора оптимальной скорости гравитационного ускорения. Также установлено, что медь, железо, марганец центробежной гравитацией не концентрируются.

Ключевые слова: гравитация, обогащение, руда, технологическая проба, гранулометрический состав, извлечение.

RESEARCH GRAVITY CONCENTRATION ORE "SHIRALDZHIN"

Myrzaliev Bakyt Moldalievich, Acting Head of OTC LLC «Vertex Gold Company», Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: m.bakyt@mail.ru

Nogaeva Kulzhamal Abdraimovna, Doctor of Technical Sciences, professor, Institute of Mining and Mining Technologies them. U.Asanalieva, Kyrgyz Republic, Bishkek, pr. Chui, 215, e-mail: knogaeva@yahoo.com

Molmakova Mira Saparovna, Ph.D., Acting Associate Professor, Institute of Mining and Mining Technologies them. U.Asanalieva, Kyrgyz Republic, Bishkek, pr. Chui, 215, e-mail: molmakova_m@mail.ru