

На правах рукописи

**Шевелёва Дарья Васильевна**

**ДИНАМИКА СЛОЖНОГО ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕФТЯНЫХ  
И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН С МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫМИ ПОРОДАМИ**

01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Тюмень – 2008

Работа выполнена на кафедре механики многофазных систем Тюменского государственного университета

**Научный руководитель:**

доктор физ.-мат. наук, профессор  
**Даниэлян Юрий Саакович**

**Официальные оппоненты:**

доктор физ.-мат. наук, профессор  
**Аринштейн Эдуард Абрамович**

доктор физ.-мат. наук, профессор  
**Нустров Вадим Степанович**

**Ведущая организация:**

**ОАО «Сургутнефтегаз»  
СургутНИПИнефть**

Защита состоится «26» декабря 2008 г. в 14 ч. 00 мин. на заседании Диссертационного совета Д 212.274.10 при Тюменском государственном университете по адресу 625023, г. Тюмень, ул. Перекопская, 15а, аудитория 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского государственного университета.

Автореферат разослан «\_\_» ноября 2008 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Матаев А.С.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследований**

Проблемы эксплуатации скважин на вечной мерзлоте заключаются в том, что в течение всего периода работы скважины происходит оттаивание окружающих многолетнемерзлых пород, в результате чего изменяется состояние мерзлых пород. Например, сильно льдистые породы уменьшаются в объеме, создают пустоты. Часть пустот может заполняться оттаявшими в теплый период года породами с верхних горизонтов, создавая каверны и (или) приустьевые воронки, требующие немедленной засыпки во избежание потери устойчивости скважины. Определение температурного поля многолетнемерзлых пород вокруг скважины является основой оценки ее устойчивости. С другой стороны, теплообмен между продукцией скважин и окружающими породами влияет на температуру нефти на устье и является важнейшим параметром обустройства систем сбора углеводородов. Поэтому актуальной проблемой является создание и обоснование теплофизической модели взаимосвязанных температурных режимов продукции скважин и окружающих горных пород.

### **Цели и задачи работы**

Целью работы является создание физико-математической модели и метода расчёта теплового взаимодействия скважины с многолетнемерзлыми породами.

Для достижения сформулированной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработка физико-математической модели и метода расчёта температуры нефти в скважине и температурного поля многолетнемерзлых пород околоскважинного пространства.

2. Получение приближенного аналитического решения задачи о тепловом взаимодействии скважины с многолетнемёрзлыми горными породами.
3. Изучение тепловых полей многолетнемёрзлых пород при взаимном влиянии двух скважин.
4. Разработка программного комплекса для решения задач теплового взаимодействия скважин с многолетнемёрзлыми породами.

### **Научная новизна исследований заключается в следующем**

1. Сформулирована математическая постановка задачи динамики сложного теплового взаимодействия добывающих и нагнетательных скважин с многолетнемёрзлыми породами.
2. Установлено интегро-дифференциальное граничное условие теплообмена скважины с горными породами, включая и многолетнемёрзлые.
3. Разработан численный алгоритм решения задачи в предложенной математической постановке, позволяющий одновременно определять температурное поле вокруг скважин и температуру нефти.
4. Разработан приближённый аналитический метод расчёта температуры нефти в скважине и зоны оттаивания вокруг неё.

### **Практическая ценность результатов работы**

Разработанный в диссертации метод расчёта температурного поля в горных породах и температуры добываемого продукта, необходим для гидравлических расчётов систем нефтесбора и расчётов по оценке прочности скважинной конструкции.

Учёт взаимного теплообмена скважины с многолетнемёрзлыми породами позволяет получать более реальные оценки факторов, представляющих угрозу для нормальной работы скважины и кустового оборудования.

Скважина как строительный объект и, впоследствии, как единица нефтегазодобывающей отрасли оказывает влияние на окружающую природу. В данной работе рассматривается теплофизический момент, т.е. оттаивание вечной мерзлоты под действием скважин с положительной температурой.

Созданные физико-математические модели и методы расчёта реализованы в виде программного обеспечения в среде Delphi, с помощью которого были проведены прогнозные расчёты устьевых температур и зон оттаивания вокруг скважин Средне-Хулымского, Ярейнойского, Южно-Хулымского и Куёмбинского месторождений.

### **Достоверность результатов**

Достоверность полученных результатов основывается на использовании законов сохранения, на корректном применении численных методов. Достоверность результатов подтверждается количественным сопоставлением с известными аналитическими решениями, а также с данными опытно-промышленных экспериментов.

### **Апробация работы**

Материалы диссертационной работы докладывались на следующих научных конференциях:

1. Международная конференция «Криосфера нефтегазоносных провинций», Тюмень, 2004 г.
2. Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных, Москва, 2004 г.
3. Третья конференция геокриологов России, Москва, 2005 г.
4. Научно-практическая конференция ОАО «Гипротюменнефтегаз», Тюмень, 2003 г.

5. Научно-практическая конференция ОАО «Гипротюменнефтегаз», Тюмень, 2006 г.
6. Седьмая всероссийская конференция молодых учёных, специалистов и студентов по проблемам газовой промышленности России «Новые технологии в газовой промышленности», РГУ, Москва, 2007.
7. Научно-практическая конференция ОАО «Гипротюменнефтегаз», Тюмень 2007 г.
8. Международная конференция «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения», Тюмень, 2008 г.
9. Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных, Уфа, 2008 г.
10. Международная конференция «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения», Тюмень, 2008.
11. Международная конференция «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики», Алушта, 2008 г.

## **Публикации**

Основное содержание диссертации изложено в 12 работах, список которых приведён в конце автореферата.

**Объем и структура работы** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, 2 приложений и содержит 181 страницу машинописного текста, 45 рисунков, 2 таблицы, 6 схем.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В литературном обзоре** обобщены литературные данные по расчёту температуры нефти в скважине и зоны оттаивания. Известные методы

тепловых расчётов позволяют, как правило, найти либо температуру горных пород вокруг скважины, либо температуру нефти. Все задачи сводятся к тому, что в качестве граничных условий присутствует либо температура пород вокруг скважины, а результатом решения является температура нефти, либо граничные условия представляют собой температуру нефти, а решение определяет температурное поле в горных породах. Это так называемые односторонние задачи. Очень часто решения таких задач используются для практических расчётов.

Практически отсутствуют методы, которые позволяли бы определить общее температурное поле для скважины и массива окружающих её горных пород, как единой термодинамической системы. Более обоснованным представляется решение задачи в сопряжённой постановке, когда определение температуры жидкости в скважине и температурного поля горных пород вокруг неё рассматривается с учётом взаимного влияния. Следует отметить сложность решения сопряжённых задач теплообмена. Задача сопряжения температурных полей нефти и горных пород осложняется необходимостью определения параметров фазовых переходов в многолетнемёрзлых породах. Анализ опубликованных работ показал, что наличие рассматриваемых физических процессов, каждый из которых сам по себе является сложным, относит эту задачу к категории сопряжённых нелинейных задач для решения которых необходимо применение численных методов анализа.

**В первой главе** представлено приближённое аналитическое решение задачи теплообмена скважины с окружающей средой. Задача делится на две части: теплообмен скважины с немёрзлыми породами и мерзлыми. Уравнение баланса энергии для потока нефти в скважине:

$$Gc_p \frac{dT}{dx} = K(T - T_c) \quad (1)$$

с условием при  $x=x_0$   $T = T_0$  – начальная температура, которая равна температуре пласта, где  $K$  – коэффициент теплопередачи от скважины в горные

породы,  $x$  – вертикальная координата,  $G$  – дебит по жидкости,  $c_p$  – удельная теплоёмкость жидкости,  $T$  – температура жидкости,  $T_c$  – температура внешней стенки скважины.

Температура  $T_c$  может быть получена из точного решения задачи нестационарного теплообмена для области, ограниченной изнутри цилиндром заданного радиуса и с учётом непрерывности теплового потока на стенке скважины с помощью гипотезы Фурье. Исключая из уравнения (1) температуру стенки получаем интегрируемое линейное дифференциальное уравнение:

$$\frac{dT}{dx} + K \cdot T = K \cdot T_{gr}(x) \quad (2)$$

$$K = \frac{2\pi}{Gc_p \left[ \frac{\ln\left(\frac{a}{r_{is}}\right)}{\lambda_g} + \frac{a}{2\lambda_{gr} \left( \frac{1}{\ln 4 \frac{\chi\tau}{r_{is}} - 2\gamma} - \frac{\gamma}{\left(\ln 4 \frac{\chi\tau}{r_{is}} - 2\gamma\right)^2} - \dots \right)} \right]}$$

где  $a$  – радиус насосно-компрессорной трубы (НКТ),  $r_{is}$  – радиус скважины,  $\lambda_g$  – эффективная теплопроводность газа, находящегося между НКТ и стенкой скважины,  $\lambda_{gr}$  – теплопроводность горных пород,  $\chi$  – коэффициент температуропроводности горных пород,  $\tau$  – время,  $\gamma$  – постоянная Эйлера, равная 0.57722,  $T_{gr}(x)$  – линейная зависимость температуры горных пород от глубины при данном геотермическом градиенте.

Решая уравнение (2) при условии  $T=T_0$  при  $x=0$ , получаем выражение для определения температуры жидкости при её подъёме от забоя к границе многолетнемёрзлых пород:

$$T = T_0 + (T_1 - T_0) \left( \frac{x}{l} - \frac{(1 - e^{-K \cdot x})}{K \cdot l} \right) \quad (3)$$

На этом заканчивается первый этап решения. На втором этапе решения уравнение (4) определяет температуру нефти в зависимости от глубины:

$$\frac{dT}{dx} + K_i \cdot T = K_i \cdot T_\zeta \quad (4)$$

Коэффициент теплопередачи от скважины в горные породы  $K_m$  имеет вид – (5), вследствие взаимодействия скважины с мёрзлыми породами:

$$K_i = \frac{2\pi}{Gc_p \left[ \frac{s(\tau) \ln\left(\frac{ris}{a}\right)}{\lambda_v} + \frac{s(\tau) \ln\left(\frac{s(\tau)}{ris}\right)}{\lambda_{grt}} \right]} \quad (5)$$

где  $s(\tau)$  – радиус оттаивания. Далее с помощью метода последовательной смены стационарных состояний и граничного условия Стефана получаем трансцендентную формулу зависимости радиуса оттаивания от времени, откуда можем найти с помощью метода линейной интерполяции начальный радиус оттаивания (уже зная температуру нефти на входе в пласт вечной мерзлоты). Выражая из этой формулы температуру, подставляем её в уравнение (4), где коэффициент  $K$  определяется формулой (5). Получившееся дифференциальное уравнение даёт интегральную зависимость  $s$  от  $x$ , где нижний предел по  $s$  – начальный радиус оттаивания уже найден. Полученную табличную зависимость  $s(x, \tau)$  подставляем в решение уравнения (4):

$$T = T_\zeta + (T_0 - T_\zeta) e^{-K_i (x - x_0)} \quad (6)$$

где температура  $T_0$  определяется по формуле (3),  $T_\zeta$  – температура замерзания пород.

**Во второй главе** поставлена и решена задача о теплообмене скважины с окружающей средой, в том числе и вечной мерзлотой. Исходную систему уравнений запишем в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} c(T) \frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda(T) \frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda(T) \frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial z} \right) \quad (7) \\ \frac{G c_p}{u} \frac{\partial t(z, \tau)}{\partial z} = K_s(z) (T(r_s, z, \tau) - t(z, \tau)) \quad (8) \\ \lambda(T) \frac{dT(r_s, z, \tau)}{dr} = K_s(z) (T(r, z, \tau) - t(z, \tau)) \quad (9) \end{array} \right.$$

где  $T(r, z, \tau)$  – температура горной породы,  $r, z$  – координаты цилиндрической системы координат,  $\tau$  – время,  $c(T)$  – эффективная объёмная теплоёмкость горных пород,  $\lambda(T)$  – теплопроводность горных пород,  $G$  – дебит нефтяной скважины,  $c_p$  – удельная теплоёмкость нефти,  $u$  – периметр сечения, по которому движется нефть,  $K_s(z)$  – коэффициент теплопередачи от скважины к горным породам,  $r_s$  – радиус скважины,  $t(z, \tau)$  – температура нефти.

Для определения температуры горных пород решается нелинейное уравнение (7), которое имеет параболический тип. Уравнение решается численно, методом переменных направлений. Решая двумерную задачу, имеем четыре граничных условия. Особенность метода заключается в новой формулировке одного из граничных условий – а именно, граничного условия (9) на скважине.

Температура нефти определяется уравнением притока тепла (8). Это линейное дифференциальное уравнение имеет аналитическое решение:

$$t(z, \tau) = t(0, \tau) e^{-az} + e^{-az} \int_0^z a T(r_s, z, \tau) e^{az'} dz' \quad (10)$$

где  $a = \frac{u K_s(z)}{g c_p}$ ,  $t(0, z)$  – температура жидкости на уровне отбора.

Для решения требуется граничное условие. Поэтому в данном методе, расчёт возможен только от забоя скважины, где задаётся граничное условие для уравнения (8).

Температуру нефти и горных пород связывает условие на границе третьего рода (9). Используя (10) запишем граничное условие (9) на скважине в новой форме. Получившееся условие сопряжения температурных полей нефти и горных пород запишем в виде формулы (11):

$$\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_s} = K_s (T_{r=r_s} - t_0 e^{-az} - e^{-az} \int_0^z a T_{r=r_s} e^{az'} dz) \quad (11)$$

Физический смысл граничного условия заключается в том, что плотность теплового потока нефти в вертикальном направлении уменьшается настолько, насколько тепла поглощается окружающей средой в радиальном направлении.

Задача об оттаивании вокруг скважины решается численно, методом переменных направлений.

**В третьей главе** представлена постановка и решение практических задач. В первом пункте третьей главы представлен метод, моделирующий образование разных мощностей многолетнемёрзлых пород. Многолетнее промерзание горных пород происходит под действием отрицательной среднегодовой температуры воздуха. Учитываем, что зимой на поверхности земли лежит снег.

Модель теплообмена массива горных пород с приповерхностными слоями атмосферы описывается нелинейным дифференциальным уравнением параболического типа (7) и граничным условием третьего рода, которое задано на поверхности земли. Численное решение реализуется методом переменных направлений. Процесс промерзания является длительным процессом: все расчёты сделаны за 40 000 лет. Полученное поле температур используем как поле начальных температур для расчёта оттаивания вокруг скважины. Поле температур включает область перехода немёрзлых пород в мёрзлые.

Во втором пункте третьей главы диссертации описан расчёт радиуса оттаивания скважины и падения температуры нефти вдоль ствола скважины с учётом расчёта эквивалентной теплопроводности в межтрубном пространстве.

В третьем пункте третьей главы диссертации описано влияние динамического уровня скважины на её теплообмен с окружающими породами. Динамический уровень оказывает влияние на тепловой расчёт скважины, т.к. с точки зрения теплопередачи скважины очень важно, что находится в межтрубном пространстве – газ или нефть. Были сделаны расчёты скважин с разными динамическими уровнями. Результаты расчёта показаны на (рис. 1).

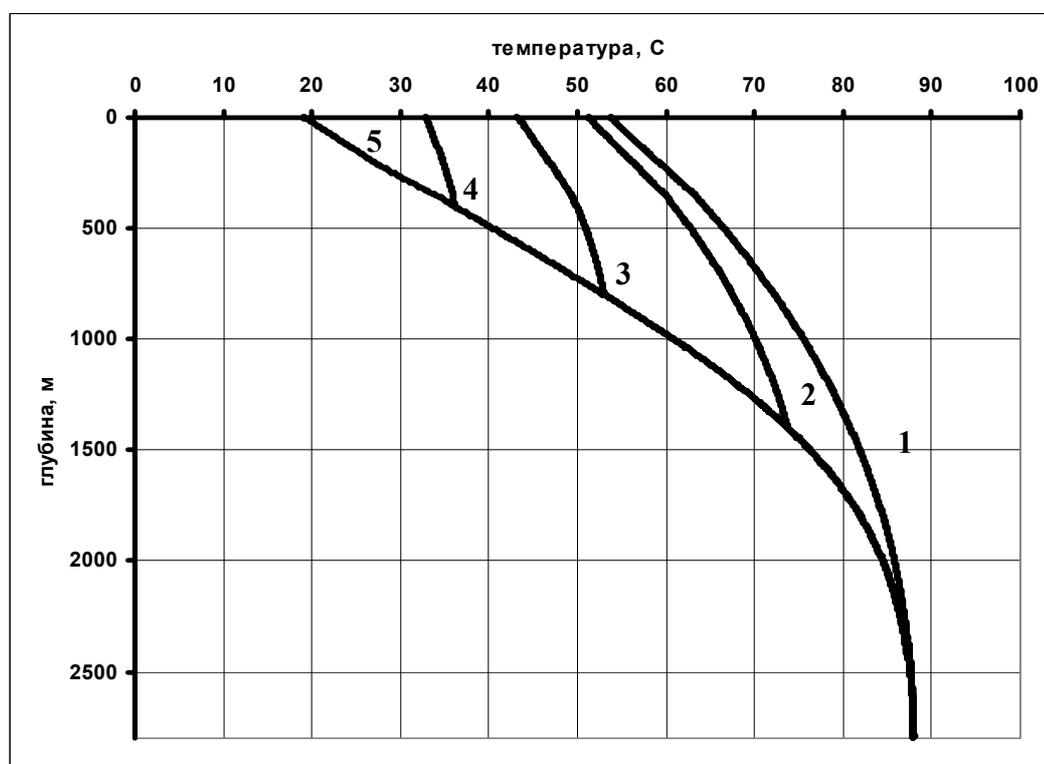


Рис. 1. Падение температуры нефти по стволу скважины. Кривая 1 – при динамическом уровне 2800 м, 2 – при 1400 м, 3 – при 800 м, 4- при 400 м, 5 при 0 м

На кривых падения температуры нефти в скважине имеет место излом на границе газа и нефти в межтрубном пространстве.

Расчёты для нефтяной и газовой скважин отличаются уравнением притока тепла. Изменение температуры газа происходит за счёт теплообмена с окружающими горными породами и за счёт дроссель - эффекта.

Тепловой расчёт нагнетательной скважины с окружающими породами отличается от расчёта добывающей скважины положением начала отсчёта температуры продукта и горных пород.

В седьмом пункте третьей главы диссертации поставлена и решена задача теплового взаимодействия двух скважины в плане.

Расстояние между скважинами должно приниматься равным двойному радиусу оттаивания - в соответствии с документом ПБ 08 624-03 п.2.11.5. Однако, при расчёте радиуса оттаивания необходимо учитывать его неодинаковость, в случае расчёта температурного поля вокруг одной скважины или двух. Это происходит, потому, что температурные поля горных пород вокруг скважин взаимодействуют между собой.

Поле температур горных пород описывается нелинейным дифференциальным уравнением, имеющим параболический тип. Исследование взаимодействия полей проводилось численно. Расчёт сделан для скважин с постоянной температурой. Метод реализован в среде Delphi. Время расчёта 3 года. Скважины находятся на расстоянии 7 м 25 см.

Радиус оттаивания, при рассмотрении одной скважины достигает 2.25 м за 3 года. Зона оттаивания представляет собой круг. При рассмотрении пары скважин зона оттаивания принимает вытянутую в сторону другой скважины форму, т.к. поля температур накладываются друг на друга и зона оттаивания достигает 2.25 м за 1 год 11 месяцев.

**В четвёртой главе** представлено сравнение математической модели теплообмена скважины и горных пород с существующими решениями. Во-первых, численный метод проверен путём сравнения его решения с аналитическим решением одномерной двухфазной задачи Стефана. В модели, описанной в главе 2, на левом граничном условии задаётся равный нулю

тепловой поток – таким образом, на двумерной модели моделируется одномерное оттаивание. Результаты сравнения приведены в таблице:

Таблица

время расчёта, год	25	50	500	5000
радиус оттаивания, полученный из задачи Стефана, м	6.7	9.5	30	95
радиус оттаивания, полученный из численного решения, м	6.75	9.5	29.5	89

Во-вторых, сделано сравнение данных расчёта по сопряжённому методу и другим, не принимающим во внимание теплообмен в системе скважина – горные породы. Разница в расчётах устьевых температур может составлять величины порядка 10 градусов. Радиус оттаивания может изменяться в два раза.

Также было сделано сравнение промысловых данных с результатами расчёта численной модели: была измерена устьевая температура и сопоставлена с расчётной. Измерения устьевой температуры проводились на Сугмутском месторождении, в районе ДНС-3. Была измерена устьевая температура 30 скважин. Место измерения обозначено на (рис. 2), стрелкой.

Измерения проводились летом, 16 и 17 июня 2007 года. Далее, измеренная температура сравнивалась с расчётной. Результат сравнения представлен на (рис. 3).

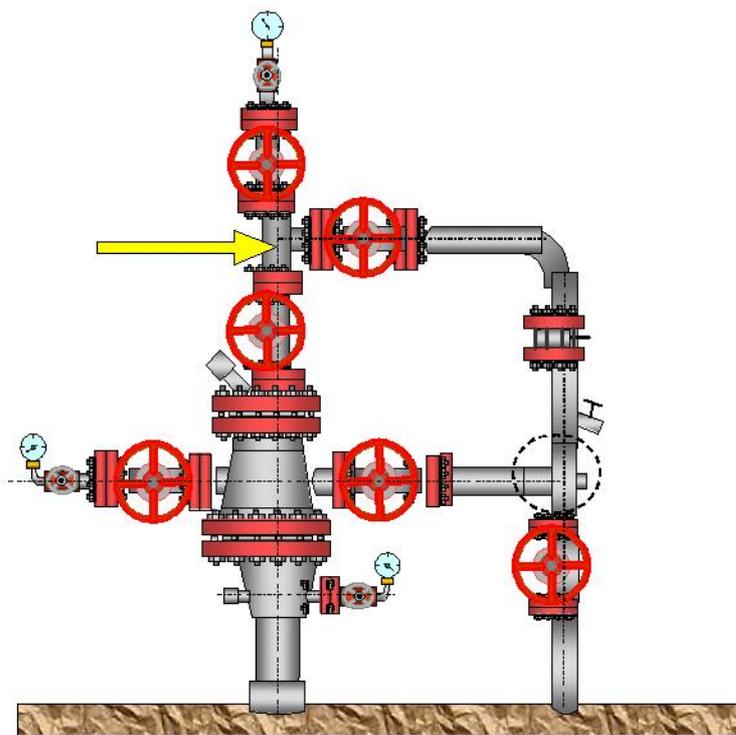


Рис. 2. Обвязка устья добывающей скважины.

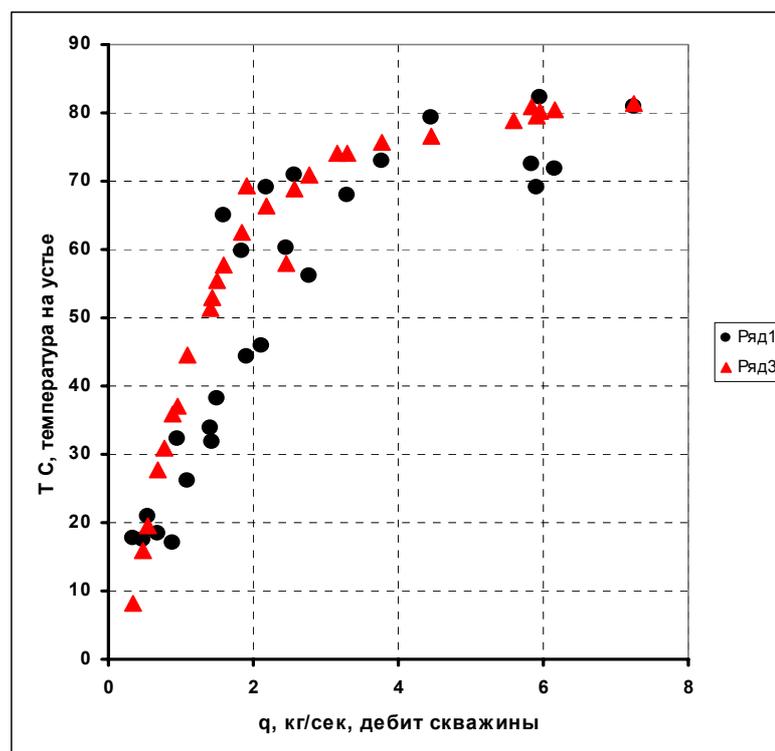


Рис. 3. Зависимость температуры водонефтяной эмульсии на устье скважины от дебита скважины. Ряд 1 – измеренные в ходе опытно-промышленного эксперимента, ряд 2 – расчётные температуры

**В приложении** представлены тепловые расчёты по Средне-Хулымскому, Ярейюйскому, Южно-Хулымскому и Куюмбинскому месторождениям, интерфейс программного обеспечения по разработанным методам.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**

1. Поставлена и решена задача динамики сложного теплового взаимодействия скважин с многолетнемёрзлыми породами. Разработан численный метод расчёта. На основе сравнения результатов расчётов с результатами существующих решений и с промысловыми измерениями установлена адекватность разработанного метода расчёта.
2. Получено интегро-дифференциальное условие теплообмена на границе скважины и горных пород, применимое для решения ряда таких практических задач, как теплообмен не только добывающей, но и нагнетательной, газовой скважин, скважин с переменным дебитом, с учётом конвекции в межтрубном пространстве, динамического уровня.
3. Разработан аналитический метод расчёта температур в горных породах, включая и многолетнемёрзлые, вблизи скважины с учётом изменения температуры нефти. Установлена приближенная аналитическая зависимость между температурой нефти и радиусом оттаивания.
4. Выявлено влияние динамического уровня скважины на температуру добываемой нефти, с учётом температурного поля горных пород.

**Основные положения диссертации опубликованы в работах:**

1. Даниэлян, Ю.С. Приближённое решение задачи о тепловом взаимодействии скважины с многолетнемёрзлыми грунтами / Ю. С. Даниэлян, Д. В.Шевелёва // Нефтяное хозяйство. - 2004. - №3. - С. 46-47
2. Шевелёва, Д. В. Приближённый тепловой расчёт скважины и горных пород вокруг неё, включающих вечномёрзлые грунты / Д. В. Шевелёва // Сборник тезисов Десятой Всероссийской научной конференции студентов – физиков и молодых учёных: тезисы докладов: – Екатеринбург; Красноярск: изд-во АСФ России, 2004. – Т 2. - С. 931-932
3. Даниэлян, Ю. С. Расчёт температурного режима жидкости и горных пород вокруг скважины, проходящей через вечномёрзлые грунты / Ю. С. Даниэлян, Д. В. Шевелёва // Материалы международной конференции «Криосфера нефтегазоносных провинций». - М.: Изд-во ТИССО, 2004. - С. 55-56.
4. Даниэлян, Ю. С. Постановка задачи об одновременном определении температурного режима нефти в скважине и динамики температурного поля в окружающих породах / Ю. С. Даниэлян, Д. В. Шевелёва // Материалы третьей конференции геокриологов России. – М.: Издательство Московского Университета, 2005. - Т. 4.- С. 296-301.
5. Шевелёва, Д. В. Численное моделирование теплового взаимодействия скважины с вечномёрзлыми горными породами / Д. В. Шевелёва // Нефть и газ. Известия высших учебных заведений. - 2007. - № 5. – С. 44-47.
6. Шевелёва, Д. В. Определение температуры газа в добывающей скважине с учётом теплообмена с окружающей средой / Д. В. Шевелёва // Сборник тезисов Седьмой Всероссийской конференции молодых специалистов и студентов по проблемам газовой

- промышленности России «Новые технологии в газовой промышленности». – М., 2007. - С. 59.
7. Даниэлян, Ю. С. Численное моделирование температуры нефти в скважине и зоны оттаивания окружающих многолетнемёрзлых пород / Ю. С. Даниэлян, Д. В. Шевелёва // Нефтяное хозяйство. - 2008. - № 2. - С. 78-82.
  8. Шевелёва, Д. В. Исследование теплового взаимодействия добывающей скважины с вечномёрзлыми породами / Д. В. Шевелёва // Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения». – Тюмень, 2008. - С. 171-174.
  9. Шевелёва, Д. В. Расчёт температурного поля горных пород вокруг двух скважин, работающих с постоянной температурой / Д. В. Шевелёва // Газовая промышленность. – 2008. - № 5. - С. 59-60.
  10. Шевелёва Д.В. Численное моделирование образования вечномёрзлых пород и их оттаивание под действием скважины с одновременным определением температуры нефти // Сборник тезисов Четырнадцатой Всероссийской научной конференции студентов – физиков и молодых учёных: тезисы докладов: - Уфа: изд-во АСФ России, 2008. - С. 480-481.
  11. Шевелёва, Д. В. Решение сопряжённой задачи теплообмена скважины с мёрзлыми породами и тепловой расчёт двух скважин в плане / Д. В. Шевелёва // Материалы международной конференции «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики»: тезисы докладов. - Алушта, 2008. - С. 171.
  12. Шевелёва, Д. В. Моделирование падения температуры нефти при остановке скважины и промерзания талых пород около остановленной скважины / Д. В. Шевелёва, Ю. С. Даниэлян // Вестник ТюмГУ. - № 6. – 2008. - С. 32-40.

Отпечатано ООО «Медведь» тел./факс 40-00-10, тираж 100 экз.