

0-734452

На правах рукописи

Фархуллин Ринат Гаязович

**Гидродинамические исследования горизонтальных скважин  
(на примере месторождений Республики Татарстан)**

25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Уфа - 2003

Работа выполнена в ОАО «Татнефть»

**Научный руководитель:** доктор технических наук,  
профессор Хайруллин  
Мухамед Хильмиевич

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук,  
с.н.с. Шейх-Али Давлет  
Мухамеджанович,  
кандидат технических наук,  
с.н.с. Манапов Тимур Фанузович

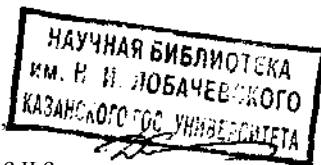
**Ведущее предприятие:** НПО «Нефтегазтехнология», г. Уфа.

Защита состоится «28» февраля 2003 года в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 520.024.01 при Дочернем обществе с ограниченной ответственностью «Башкирский научно-исследовательский и проектный институт нефти» открытого акционерного общества «Акционерная нефтяная компания «Башнефть» по адресу: 450077, г. Уфа, ул. Ленина, 86.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ДООО «БашНИПИнефть» ОАО «АНК «Башнефть».

Автореферат разослан «27» января 2003 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор химических наук, с.н.с.



Д.А. Хисаева

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Современное состояние нефтедобывающей промышленности характеризуется ухудшением структуры оставшихся промышленных запасов вследствие вступления большинства высокопродуктивных месторождений в позднюю стадию разработки, ввода в разработку малоэффективных месторождений углеводородного сырья. В структуре остаточных извлекаемых запасов нефти Республики Татарстан активные извлекаемые запасы составляют 20.4 %, а трудноизвлекаемые - 79.6 %.

Одним из эффективных путей вовлечения трудноизвлекаемых запасов в разработку является внедрение горизонтальных технологий. К преимуществам горизонтальных технологий относятся значительное уменьшение проектируемого количества скважин на месторождениях, существенное повышение дебита за счет увеличения области дренирования, увеличение степени **нефтеизвлечения**, вовлечение в разработку запасов под труднодоступными участками земной поверхности, разработка залежей высоковязкой нефти и битумов, тонких нефтяных пластов, имеющих обширную газовую шапку и подошвенную воду и т.д.

В качестве показателя эффективности горизонтальных технологий применяют коэффициент увеличения продуктивности (КУП), представляющий собой отношение дебита горизонтальных скважин (ГС) к дебиту вертикальных скважин (ВС). По Республике Татарстан горизонтальных скважин со значением КУП более единицы около 40%. Остальные имеют значение КУП, равное **единице (33.3%)** или менее единицы (26.3%). Анализ, проведенный компанией Shell по 1300 ГС, показал, что только 50% из них оказались эффективными.

Изучение причин, влияющих на эффективность горизонтальных технологий, показало, что одной из них является отсутствие информации об изменении фильтрационных параметров по длине ГС. Гидродинамические исследования (**ГДИ**), проведенные непосредственно в горизонтальной части

ствола ГС, позволяют оценить значения фильтрационных параметров в окрестности ствола ГС, установить оптимальные режимы эксплуатации ГС, выявить факторы, влияющие на эффективность её работы.

Проведение гидродинамических исследований в горизонтальных скважинах наталкивается на значительные трудности. Это связано с доставкой контрольно-измерительных приборов в горизонтальную часть ствола, отсутствием специально разработанных для этих целей контрольно-измерительных комплексов, несовершенством методик обработки результатов гидродинамических исследований ГС, приводящих к значительным погрешностям при определении фильтрационных параметров пласта.

Проблемы, связанные с интерпретацией результатов гидродинамических исследований ГС, принадлежат к классу обратных задач подземной гидромеханики. Отличительной чертой задач, связанных с исследованием математических моделей реальных процессов фильтрации в пористых средах, является то, что характер исходной информации (кривые восстановления или падения давления, кривые стабилизации дебита) о пласте определяется возможностями промыслового эксперимента. Другим фактором, который необходимо учитывать при решении этих задач, является наличие погрешностей в экспериментальных данных.

В связи с этим, разработка и совершенствование техники, технологии и методики интерпретации гидродинамических исследований в ГС являются актуальными задачами подземной гидромеханики и нефтепромысловой практики для решения задач разработки нефтяных месторождений.

**Цель работы.** Разработка технологии проведения гидродинамических исследований в горизонтальных скважинах и методики интерпретации результатов ГДИ, повышающих точность и достоверность определяемых фильтрационных параметров пласта.

### **Основные задачи исследований.**

1. Совершенствование технологии проведения гидродинамических исследований в ГС комплексными контрольно-измерительными приборами, установленными в горизонтальной части ствола.
2. Разработка методик интерпретации результатов гидродинамических исследований ГС на основе методов математического моделирования, повышающих точность и достоверность определяемых фильтрационных параметров пласта.
3. Разработка способа выделения неоднородных по фильтрационным свойствам участков пласта вдоль горизонтальной части ствола на основе гидродинамических и термометрических исследований.
4. Совершенствование косвенных методов определения давления на забое механизированных ГС, вскрывших терригенные и карбонатные отложения среднего и нижнего карбона нефтяных месторождений Республики Татарстан.

### **Научная новизна работы.**

1. Разработана новая методика интерпретации кривой восстановления (падения) давления в ГС на основе методов регуляризации. Она не требует, в отличие от графоаналитических **методов**, идентификации режимов потока, что повышает точность и достоверность определяемых фильтрационных параметров пласта.
2. Разработан способ измерения скорости звука в газе межтрубного пространства механизированных скважин на основе использования акустического резонатора, позволяющий существенно повысить точность определения глубины уровня жидкости в скважинах.
3. Предложен способ, повышающий точность определения плотности жидкости по стволу механизированных добывающих скважин на основе исследований комплексом «влагомер-манометр».

### **Практическая значимость и реализация результатов работы.**

1. Разработана технология проведения гидродинамических исследований в горизонтальных скважинах, которая позволяет выводить скважины на установившийся режим работы, доставлять контрольно - измерительную аппаратуру в любой участок горизонтальной части ствола, в том числе при зенитных углах более 45 градусов.
2. Создан и внедрен в ОАО «Татнефть» комплекс программ для интерпретации ГДИ в ГС.
3. Создано и внедрено устройство на основе использования акустического резонатора для измерения скорости звука в газе межтрубного пространства механизированных добывающих скважин, позволяющее существенно повысить точность определения глубины уровня жидкости в скважинах.
4. Разработана и внедрена в ОАО "Татнефть" "Инструкция по исследованию насосных скважин **волнометрированием**".
5. Экономический эффект в условиях Республики Татарстан от предложенной технологии проведения одного ГДИ в горизонтальной скважине составляет 45 тысяч рублей.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научном семинаре "Опыт организации и проведения исследований механизированного фонда скважин при контроле за разработкой" (**Москва**, 1988), на научных семинарах лаборатории подземной гидродинамики и на научных семинарах Казанского научного центра РАН (Казань, 1995-2001), на научно-практической конференции, посвященной 50-летию открытия девонской нефти **Ромашкинского** месторождения (Лениногорск, 1998), на семинаре-дискуссии «ГС: бурение, эксплуатация, исследование» (**Актюба**,1999), на семинаре «Геология и проблемы разработки месторождений углеводородов» (Уфа, 2001), на научно-практической конференции «Актуальные задачи выявления и реализации потенциальных возможностей горизонтальных технологий нефтеизвлече-

ния» (Казань, 2001), на VIII Четаевской Международной конференции (Казань, 2002).

**Публикации.** Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 3 монографиях, 11 печатных работах, одном свидетельстве РФ на полезную модель.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем работы, включая 16 таблиц, 65 рисунков, 149 страниц машинописного текста.

### Содержание работы

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, поставлены цели и формулируются основные задачи исследования, раскрывается научная новизна, кратко излагается основное содержание работы по главам.

**В первой главе** дается обзор работ в области технологий проведения гидродинамических исследований в горизонтальных скважинах, а также методов интерпретации результатов исследований.

Основная трудность проведения гидродинамических исследований в ГС связана с доставкой средств измерения в горизонтальную часть ствола. Существующие технологии доставки контрольно-измерительных приборов в горизонтальную часть ствола ГС разработаны для решения задач геофизических исследований. Они не позволяют выводить скважину, особенно низкопродуктивную, на установившийся режим работы, который предшествует проведению ГДИ, доставлять глубинную контрольно-измерительную аппаратуру в любой участок горизонтальной части ствола при зенитных углах более 45 градусов (технология «Горизонталь - Жесткий кабель»).

Процессы притока жидкости в горизонтальную скважину при восстановлении давления отличаются от аналогичных процессов для вертикальных скважин и имеют более сложный характер. Это отличие состоит в за-

метном влиянии вначале ближайших (кровли и подошвы), а затем и более удаленных границ пласта. Это обстоятельство не позволяет использовать для ГС методики интерпретации **ГДИ** для вертикальных скважин.

В существующих методиках по обработке результатов ГДИ ГС фильтрационный поток к стволу ГС заменяют плоскими потоками. На основе такого представления притока жидкости дается подход к исследованию ГС, согласно которому режимы течения развиваются последовательно и по каждому из них могут быть определены соответствующие параметры пласта. При практическом использовании этого подхода возникают следующие трудности: параметры, определяемые для одного режима, могут использоваться для других с большой осторожностью; трудно идентифицировать индивидуальный режим притока, поскольку он может быть скрыт предыдущим режимом или слит с последующим. Продолжительность каждого режима является в настоящее время предметом обсуждения в литературе по исследованию скважин.

**Во второй главе** рассматривается методология, техника и технология нефтепромысловой практики производства гидродинамических исследований в ГС.

В Республике Татарстан, как и в России в целом, ГС эксплуатируются механизированным способом. Поэтому технология проведения гидродинамических исследований в них принципиально не отличается от технологии проведения гидродинамических исследований вертикальных скважин.

При проведении ГДИ в ГС методом прослеживания уровня в значения величин давления вносятся погрешности. Они обусловлены неопределенностью в знании плотности жидкости по стволу добывающей скважины и скорости звука в многокомпонентной газовой среде.

Для определения погрешности звукометрического метода была экспериментально изучена зависимость скорости звука в **газе** межтрубного пространства от давления, температуры, компонентного состава газа и их концентрации. Погрешность в определении расстояния до уровня жидкости



может быть снижена при прямом измерении скорости звука. Для этого создано устройство на основе акустического резонатора.

Экспериментально было изучено распределение плотности жидкости по межтрубному пространству в 67 механизированных добывающих скважинах, эксплуатирующих каменноугольные отложения месторождений РТ, путем **поинтервального** измерения давления глубинным манометром в комплексе с **дизькометрическим** влагомером. По результатам измерений, в зависимости от дебита и обводненности, скважины были разбиты на три группы. Для каждой группы определены осредненные величины плотности жидкости в интервалах "уровень - насос", "насос - кровля". Эти результаты используются в действующих в ОАО "Татнефть" инструкциях по исследованию механизированных скважин.

Доставка глубинных приборов в ГС по технологии исследования ВС не позволяет достичь горизонтальной части ствола при зенитных углах более 45 градусов, поэтому для проведения гидродинамических исследований в горизонтальной части ствола ГС была разработана технология доставки автономных контрольно-измерительных приборов. При подземном ремонте под насос спускается хвостовик необходимой длины из стандартных насосно-компрессорных труб (рис.1).

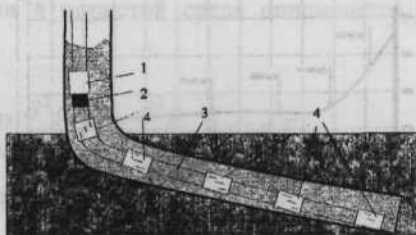


Рис.1. Горизонтальная часть скважины. 1-насос; 2-фильтр; 3-НКТ; 4-контейнеры.

Для свободного доступа жидкости в насос он оборудуется фильтром. Элементами хвостовика являются специальные контейнеры-отрезки насос-

**но-компрессорных** труб того же диаметра, что и хвостовик. Длина контейнера берется равной длине глубинного прибора. На различных участках контейнера выполнены щелевые отверстия для притока жидкости. Места расположения контейнеров с приборами по длине горизонтальной части ствола и их количество выбираются с учетом данных геофизических исследований скважины. Подъем хвостовика и приборов производится при последующем подземном ремонте после окончания запланированного цикла исследований, обусловленного видом решаемой задачи и энергетическими ресурсами глубинных приборов.

По разработанной технологии были проведены гидродинамические исследования в ГС 13473, 1947, 16008, 12541. Горизонтальные части стволов скважин были как обсаженные, так и необсаженные. Они имеют длины от 205 до 310 м. При этом в горизонтальную часть ствола доставлялись от 4 до 6 автономных манометров-термометров типа АМТ (УГНТУ) (рис.2). ГДИ сводились к выводу скважин на стационарный режим работы и созданию режимов, при которых возможно исследование переходных процессов (рис.3).

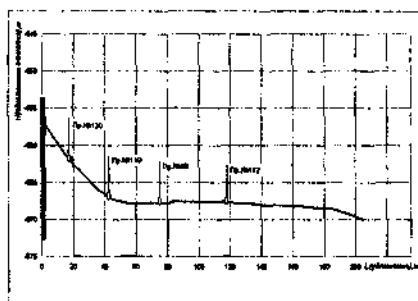


Рис. 2. Траектория ГС 13473

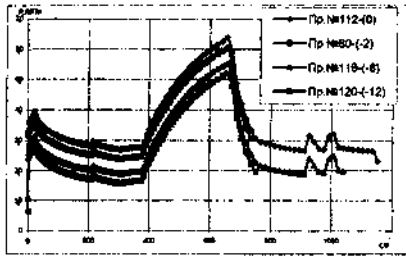


Рис.3. Динамика изменения давления в ГС 13473.  
Показания приборов (для наглядности) сдвинуты по оси давления на 0,2, 0,8, 1,2 МПа, соответственно

В третьей главе рассматриваются постановки и методы решения обратных коэффициентных задач, возникающих при интерпретации результатов гидродинамических исследований ГС, на основе методов регуляризации.

Обратная задача ставится следующим образом: найти оценки коэффициентов подвижности  $k_{xx}/\mu, k_{yy}/\mu, k_{zz}/\mu$  исходя из минимума функционала:

$$J(k_{xx}/\mu, k_{yy}/\mu, k_{zz}/\mu) = \int_0^T (\phi(t) - p^e(t))^2 dt, \quad (1)$$

где  $\phi(t)$  - наблюдаемые, а  $p^e(t)$  - вычисленные давления на скважине, когда процесс фильтрации в пористой среде описывается дифференциальным уравнением:

$$\beta \cdot \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{k_{xx}}{\mu} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{k_{yy}}{\mu} \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{k_{zz}}{\mu} \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}, \quad 0 < t \leq T, \quad (2)$$

с соответствующими начальным

$$p(x, y, z, 0) = p_0(x, y, z), \quad (3)$$

и граничными условиями

$$\left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_{z=h} = 0,$$

$$p|_{x=0} = p_k, \quad p|_{x=a} = p_k, \quad p|_{y=0} = p_k, \quad p|_{y=b} = p_k, \quad (4)$$

$$Q(t) = - \int_S \mathbf{w} ds, \quad (5)$$

где  $S$  - поверхность ствола ГС,  $\mathbf{w}$  - вектор скорости фильтрации в главной системе координат,  $x, y, z$  - главная система координат,  $V$  - область фильтрации (рис.4).

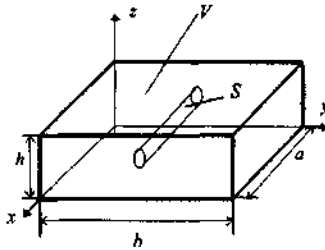


Рис.4. Модель пласта, вскрытого горизонтальной скважиной

Обратная коэффициентная задача (1)-(5) является некорректно поставленной в классическом смысле. Минимизация функционала осуществляется на основе градиентных методов. Градиент функционала находится на основе методов оптимального управления.

Для решения краевой задачи (2)-(5) и соответствующей сопряженной задачи используется метод конечных разностей. Конечно-разностные схемы строятся с помощью **интегро** - интерполяционного метода. Расчеты на модельных задачах показали, что решение обратной задачи устойчиво относительно погрешностей входных данных.

Исследование ГС 13473. До остановки скважина работала с дебитом  $5,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; упругоэластичность пласта -  $2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/МПа}$ ; пластовое давление -  $7,68 \text{ МПа}$ .

Расчеты по ГС 13473 (**КВД**) приведены на рис.5 (модель анизотропного пласта), в случае однородного пласта -  $k/\mu = 5,495 \cdot 10^{-4} \text{ мкм}^2/\text{МПа} \cdot \text{с}$ .

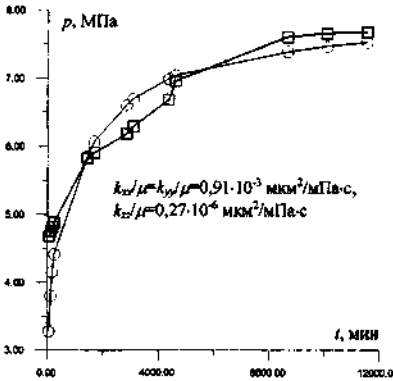


Рис.5. Скв. №13473

D - реальная кривая, о - вычисленная кривая.

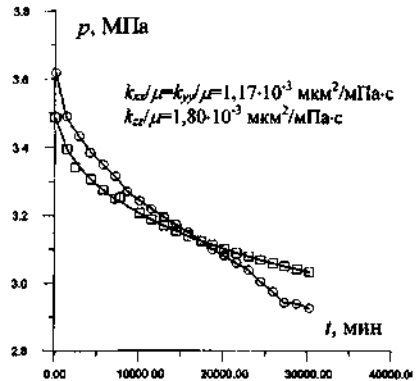


Рис.6. Скв. №1947

о - реальная кривая, D - вычисленная кривая.

Исследование ГС 1947. Сквжина пущена в работу при пластовом давлении  $3,62 \text{ МПа}$ ; упругость пласта -  $2 \cdot 10^{-4} 1/\text{МПа}$ . При стабилизации забойного давления ( $2,94 \text{ МПа}$ ) установившийся дебит составил  $8,4 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Расчеты по ГС 1947 (кривая откачки) приведены на рис.6 (модель анизотропного пласта), в случае однородного пласта -  $k/\mu = 1,156 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2/\text{мПа}\cdot\text{с}$ .

В четвертой главе рассматривается задача интерпретации кривых восстановления (падения) давления в ГС снятых одновременно несколькими манометрами, установленными на разных участках горизонтальной части ствола. Решение этой задачи позволяет оценить фильтрационные параметры пласта вдоль горизонтальной части ствола ГС.

Для решения этой задачи используется следующий подход: минимизировать функционал

$$J(k/\mu) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \int_0^T [\phi_i(t) - p_i(t)]^2 dt, \quad (6)$$

где  $\phi_i(t)$  - наблюдаемые, а  $p_i(t) = p(x_i, y_i, z_i, t)$  - вычисленные давления в местах расположения приборов,  $i = \overline{1, N}$ ,  $0 \leq t \leq T$ ,  $N$  - количество установленных приборов.

Оценка  $k/\mu$  ищется в классе кусочно-постоянных функций. Для этого

вводятся в рассмотрение области  $V_i$ ,  $\bigcup_{i=1}^N V_i = V$ , тогда

$$k(x, y, z)/\mu = \begin{cases} k_1/\mu, (x, y, z) \in V_1, \\ k_2/\mu, (x, y, z) \in V_2, \\ \vdots \\ k_N/\mu, (x, y, z) \in V_N. \end{cases}$$

Минимизация функционала осуществляется на основе градиентных методов. Градиент функционала находится на основе методов оптимального управления. На модельных задачах исследовалась сходимость предложенного вычислительного алгоритма в зависимости от начального приближения и погрешности исходной информации. Также проводились расчеты, при которых варьировались размеры зон однородности.

Исследование ГС 1947. До остановки скважина работала с дебитом  $8,9 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; пластовое давление -  $3,371 \text{ МПа}$ ; упругость пласта -  $2 \cdot 10^{-4} 1/\text{МПа}$ . Схема неоднородного пласта и расположения приборов показаны на рис. 7.

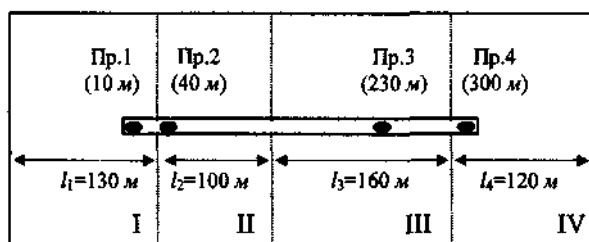


Рис. 7. Схема неоднородного пласта и расположения приборов.

При проведении расчетов по экспериментальным данным рассматривались следующие варианты.

Вариант 1. Схема пласта приводится на рис.7. Моделируется равномерный приток жидкости к ГС.

Вариант 2. Схема пласта приводится на рис.7. Моделируется равномерный приток жидкости к ГС. Варьируются размеры зон однородности. ( $l_1=120 м$ ,  $l_2=130 м$ ,  $l_3=130 м$ ,  $l_4=130 м$ .)

Вариант 3. Схема пласта приводится на рис.7. Моделируется равномерный приток жидкости к ГС. В качестве исходной информации используется три КВД (по приборам 2, 3 и 4).

Результаты расчетов по ГС 1947 приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Оценка фильтрационных свойств пласта, вскрытого ГС 1947

№№ вариантов	I зона $k/\mu$ (мкм <sup>2</sup> /мПа·с)	II зона $k/\mu$ (мкм <sup>2</sup> /мПа·с)	III зона $k/\mu$ (мкм <sup>2</sup> /мПа·с)	IV зона $k/\mu$ (мкм <sup>2</sup> /мПа·с)
1	$7,58 \cdot 10^{-4}$	$7,73 \cdot 10^{-3}$	$6,68 \cdot 10^{-3}$	$2,19 \cdot 10^{-3}$
2	$7,15 \cdot 10^{-4}$	$7,08 \cdot 10^{-3}$	$6,86 \cdot 10^{-3}$	$2,25 \cdot 10^{-3}$
3	$1,29 \cdot 10^{-3}$	$7,67 \cdot 10^{-3}$	$6,75 \cdot 10^{-3}$	$2,25 \cdot 10^{-3}$

Из результатов расчетов следует, что наиболее хорошие коллекторские свойства имеют зоны II и III. Этот результат согласуется с тем фактом, что в точках расположения приборов №2 и №3 были зафиксированы повышения температур на 0.20°С и 0.33°С соответственно, за счет эффекта Джоуля-Томсона. Это свидетельствует о наличии более интенсивного притока флюида из пласта в указанных зонах. Из табл. 1 следует, что предложенный метод определения фильтрационных свойств пласта устойчив относительно вариации размеров зон **однородностей**. По результатам расчетов (табл.1, вариант 3) следует, что отсутствие информации (не используется кривая восстановления давления, зарегистрированная прибором №1) ведет к неправильной оценке параметра  $k/\mu$  по первой зоне.

Исследование ГС 13473. Схема неоднородного пласта и расположения манометров приведены на рис.8.

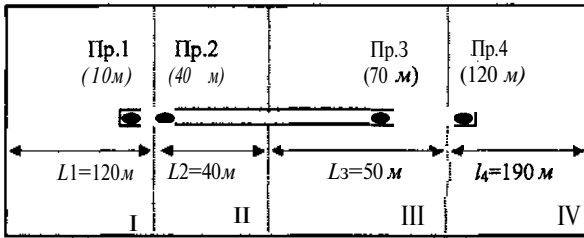


Рис. 8. Схема неоднородного пласта и расположения приборов.

Кривые восстановления давления. До остановки скважина работала с дебитом  $5,9 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; упругость пласта -  $2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/МПа}$ ; пластовое давление -  $6,46 \text{ МПа}$ .

Кривые падения давления. Значения давлений фиксировались приборами, начиная с величины  $4,02 \text{ МПа}$ . При стабилизации давлений установившийся дебит составил  $5,9 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Пластовое давление при расчетах бралось равным  $6,46 \text{ МПа}$ , упругость -  $2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/МПа}$ .

Результаты расчетов по ГС 13473 приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Оценка фильтрационных свойств пласта, вскрытого ГС 13473

Исходная информация	I зона $k/\mu$ ( $\text{мкм}^2/\text{МПа}\cdot\text{с}$ )	II зона $k/\mu$ ( $\text{мкм}^2/\text{МПа}\cdot\text{с}$ )	III зона $k/\mu$ ( $\text{мкм}^2/\text{МПа}\cdot\text{с}$ )	IV зона $k/\mu$ ( $\text{мкм}^2/\text{МПа}\cdot\text{с}$ )
КПД	$2,97 \cdot 10^{-4}$	$3,62 \cdot 10^{-4}$	$3,58 \cdot 10^{-4}$	$3,80 \cdot 10^{-4}$
КВД	$6,55 \cdot 10^{-4}$	$5,02 \cdot 10^{-4}$	$4,86 \cdot 10^{-4}$	$4,98 \cdot 10^{-4}$

Из результатов расчетов следует, что оценки параметра  $k/\mu$ , полученные по кривым откачки и восстановления давления, согласуются, т.е. имеют один порядок.

### Основные выводы и рекомендации

Наиболее существенные результаты диссертационной работы:

1. Разработана и внедрена новая технология проведения гидродинамических исследований в механизированных добывающих ГС автономными комплексными контрольно-измерительными приборами. Она позволяет доставлять контрольно-измерительную аппаратуру в любой участок гори-



**зонтальной** части ствола ГС, выводить скважину на установившейся режим работы.

2. Разработана и внедрена новая методика интерпретации результатов гидродинамических исследований в ГС на основе методов регуляризации. Она позволяет оценивать горизонтальную и вертикальную проницаемости пласта. Этот подход не требует, в отличие от графоаналитических методов, идентификации режимов потоков. Применение предложенной методики повышает точность и достоверность определяемых фильтрационных параметров.

3. Разработана и внедрена методика интерпретации кривых восстановления (падения) давления в ГС на основе методов регуляризации, снятых одновременно несколькими манометрами, установленными на разных участках горизонтальной части ствола ГС. Методика позволяет оценивать неоднородность фильтрационных параметров пласта по длине горизонтальной части ГС.

4. Для определения давления по измеренному в скважине уровню жидкости разработаны и внедрены способы:

- измерения скорости звука в газе межтрубного пространства на основе использования акустического резонатора;
- определения плотности жидкости по стволу добывающих скважин на основе исследований комплексом «влагомер-манометр».

5. Экономический эффект в условиях Республики Татарстан от предложенной технологии проведения гидродинамических исследований в одной горизонтальной скважине составляет 45 тысяч рублей.

### **Основные положения диссертации опубликованы в работах**

1. **Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И., Фархуллин Р. Г., Никашев О.А., Губайдуллин А.А., Ишкаев Р.К., Хусайнов В.М.** Гидродинамические исследова-

- ния скважин и методы обработки результатов **измерений**. - М.: ВНИИОЭНГ, 1999.- 226с.
2. Ткаченко И.А., **Фархуллин Р.Г., Никашев О.А.** Температурные измерения в **скважинах**. - Казань, **Таткнигоиздат**, 1977.- 81с.
  3. **Фархуллин Р.Г.** Комплекс промысловых исследований по контролю за выработкой запасов **нефти**. - Казань, **Татполиграфъ**, 2002.- 304с.
  4. А.с. на полезную модель № 12244. Роспатент 6 G 01 H 5/00. Устройство для измерения скорости звука в газовой среде. // **Бордыков В.П., Закиров И.А., Мазитов Ф.З., Неткач А.Я., Никашев О.А., Смыков В.В., Фархуллин Р.Г.**- **Заявл.№ 99118960.**- 30.08.1999.- **Бюл.№12.**
  5. **Фархуллин Р.Г., Никашев О.А.** Использование влагомера для исследования скважин. // **РНТС. Сер. Нефтепромысловое дело.**- М.: **ВНИИОЭНГ.**- 1979.- **Вып.5.- С.35-36.**
  6. **Фархуллин Р.Г., Никашев О.А., Смыков В.В., Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И., Неткач А.Я.** Скорость звука в газе межтрубного пространства добывающих механизированных скважин. // **Нефтяное хоз-во.**- 2000.- № 7.- С.55-58.
  7. **Муслимов Р.Х., Хайруллин М.Х., Шамсиев М.Н., Гайнетдинов Р.Р., Фархуллин Р.Г.** Интерпретация кривой восстановления давления на основе теории регуляризации. // **Нефтяное хоз-во.**- 1999.- № 11.- С.19-20.
  8. **Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И., Фархуллин Р. Г., Никашев О.А., Губайдуллин А.А., Ишкаев Р.К., Хусаинов В.М.** Программа обработки результатов гидродинамических исследований на вычислительных машинах. // **РНТС. Сер. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности.** – М.: **ВНИИОЭНГ.** - 2000.- № 1-2.- С.8-11.
  9. **Фархуллин Р.Г., Никашев О.А., Галимуллин И.И., Иванушкин Н.П., Маннапов Г.М., Смыков В.В., Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И.** Некоторые результаты измерения давления и температуры в горизонтальной части ствола добывающей скважины. // **Материалы семинара-дискуссии: Горизон-**

- тальные скважины: бурение, эксплуатация, исследования. - Актюба, 2000.- С.131-138.
10. Хайруллин М.Х., Садовников Р.В., Шамсиев М.Н., Морозов П.Е., Фархуллин Р.Г. Исследования скважин и пластов при упругом режиме на основе теории некорректных задач. //Материалы семинара-дискуссии: Горизонтальные скважины: бурение, эксплуатация, исследования. - Актюба, 2000.- С.145-154.
11. Губайдуллин А.А., Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И., Шалин П.А., Фархуллин Р.Г. Комплексная оценка параметров трещиноватости и блочного строения карбонатных продуктивных отложений, в связи с использованием горизонтальных технологий. //Материалы научно-практической конференции, посвященной 10-летию АН РТ.- Казань, 2001.- С.73-74.
12. Морозов П.Е., Хайруллин М.Х., Фархуллин Р.Г., Султанов Р.А., Шамсиев М.Н. Вычислительные алгоритмы для интерпретации результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин. //Сб. научных трудов: Геология и проблемы разработки месторождений углеводородов.- Уфа, 2001.- С.111.
13. Нафиков А.З., Хайруллин М.Х., Садовников Р.В., Фархуллин Р.Г. Интерпретация гидродинамических исследований для горизонтальных скважин. //Тр. научно-практической конференции: Опыт разведки и разработки Ромашкинского и других крупных нефтяных месторождений Волго-Камского региона.- Казань, 1998.- С.316.
14. Нафиков А.З., Хайруллин М.Х., Шамсиев М.Н., Фархуллин Р.Г. Оценка фильтрационных параметров призабойной зоны скважины по кривым восстановления давления на основе методов регуляризации. //Тр. научно-практической конференции: Опыт разведки и разработки Ромашкинского и других крупных нефтяных месторождений Волго-Камского региона. - Казань, 1998.- С.309.
15. Муслимов Р.Х., Хайруллин М.Х., Садовников Р.В., Шамсиев М.Н., Морозов П.Е., Хисамов Р.С., Фархуллин Р.Г. Интерпретация результатов гид-

родинамических исследований горизонтальных скважин. // Нефтяное хозяйство. - 2002. - № 10. - С.76-77.

Соискатель

A handwritten signature in black ink, consisting of a large initial 'F' followed by several loops and a long horizontal stroke at the end.

Р.Г. Фархуллин