

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МАЙКОПСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра нефтегазового дела и энергетики

**ГИДРАВЛИКА И НЕФТЕГАЗОВАЯ ГИДРОМЕХАНИКА
Методические указания по выполнению курсовой работы
для обучающихся направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»**

Майкоп – 2019

УДК 622.271.63(07)

ББК 31.56

Г 46

Печатается по решению Научно-технического совета Майкопского государственного технологического университета

Рецензент – доктор технических наук, доцент Меретуков З.А.

Составитель – канд. техн. наук, доцент Меретуков М.А.

Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика. Методические указания по выполнению курсовой работы для обучающихся направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»– Майкоп: 2019. - стр.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» для направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Меретуков М.А.

МГТУ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Выбор варианта задания.....	5
2 Задания на курсовую работы.....	7
3 Методические указания к выполнению курсовой работы.....	13
3.1 Оформление курсовой работы.....	13
3.2 Пример расчета.....	14
Список использованной литературы.....	21
Приложение 1.....	22
Приложение 2.....	23

ВВЕДЕНИЕ

Разработка нефтяных и газовых месторождений, как правило, происходит в условиях постоянного изменения характеристик фильтрационного потока, поскольку перераспределяются давления по пласту, изменяются дебиты скважин, скорости фильтрации флюидов и т. д. Наиболее существенными являются неустановившиеся процессы, возникающие при пуске скважин в эксплуатацию, при остановке скважин или просто при резком изменении отборов из скважин.

Одной из основных особенностей гидродинамических расчётов нестационарных фильтрационных течений является необходимость учёта упругих свойств жидкостей и породы. Несмотря на, казалось бы, малую сжимаемость жидкостей и пористой среды, влияние упругих эффектов на исследуемые процессы в ряде случаев может быть значительным.

1. ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Вариант задания курсовой работы выбирается по двум последним цифрам зачётной книжки и приведены в таблице 1.1.

Таблица 1
Варианты заданий на курсовую работу

Последние цифры зачётной книжки						Вариант
01	19	37	55	73	91	1
02	20	38	56	74	92	2
03	21	39	57	75	93	3
04	22	40	58	76	94	4
05	23	41	59	77	95	5
06	24	42	60	78	96	6
07	25	43	61	79	97	7
08	26	44	62	80	98	8
09	27	45	63	81	99	9
10	28	46	64	82	100	10
11	29	47	65	83		11
12	30	48	66	84		12
13	31	49	67	85		13
14	32	50	68	86		14
15	33	51	69	87		15
16	34	52	70	88		16
17	35	53	71	89		17
18	36	54	72	90		18

Все варианты заданий даны по теме «Нестационарная фильтрация жидкости и газа». В вариантах заданий даны ссылки на литературу с указанием страниц. Страницы указаны по источнику литературы [3]. Основным литературным источником является учебник по подземной гидравлике.

Численные значения параметров пласта и насыщающих пласт жидкостей к варианту выбираются в нижеприведённых таблицах соответствующего варианта по последней цифре зачётной книжки. Параметры пласта и жидкостей в методических указаниях имеют следующие обозначения

и размерности:

B – ширина галереи, м;

h – толщина пласта, м;

k – проницаемость пласта, м²;

p_k – начальное пластовое давление, МПа;

p_c – давление на галерее, МПа;

Q_o – дебит галереи или скважины, м³/сут.;

μ – коэффициент динамической вязкости жидкости, Па·с;

m – коэффициент пористости пласта;

$\beta_{ж} = 5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па, $\beta_n = 2 \cdot 10^{-10}$ 1/Па – коэффициенты объёмного сжатия жидкости и породы. Используются только при фильтрации жидкости.

Расчёты следует вести в Международной системе единиц (Си) [3].

2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Вариант 1. Приток жидкости к бесконечной галерее с постоянным давлением. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 133-136) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 153-154).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	p_z , МПа	μ , мПа·с	m
1	120	5	25	29	10	27	0,11
3	140	7	35	27	10	31	0,13
5	160	9	45	25	10	35	0,15
7	180	11	55	23	10	39	0,17
9	200	13	65	21	10	43	0,19

Вариант 2. Приток жидкости к бесконечной галерее с постоянным давлением. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 133-136) и метод Пирвердяна [1] (С. 158-159).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	p_z , МПа	μ , мПа·с	m
0	140	6	50	35	15	1	0,13
2	160	8	60	33	15	5	0,15
4	180	10	70	31	15	9	0,17
6	200	12	80	29	15	13	0,19
8	220	14	90	27	15	17	0,21

Вариант 3. Приток жидкости к бесконечной галерее с постоянным давлением. Сравнить метод последовательной смены стационарных состояний [1](С. 153-154) и метод Пирвердяна [1] (С. 158-159).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	p_z , МПа	μ , мПа·с	m
1	210	10	75	39	20	12	0,1
3	230	12	85	37	20	16	0,12
5	250	14	95	35	20	20	0,14
7	270	16	105	33	20	24	0,16
9	290	18	115	31	20	28	0,18

Вариант 4. Приток жидкости к бесконечной галерее с постоянным расходом. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 136-139) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 152-153).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	Q_0 , м ³ /сут	μ , мПа·с	m
0	110	7	40	30	15	12	0,1
2	130	9	50	28	19	16	0,12
4	150	11	60	26	23	20	0,14
6	170	13	70	24	26	24	0,16
8	190	15	80	22	28	28	0,18

Вариант 5. Приток жидкости к бесконечной галерее с постоянным расходом. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 136-139) и метод Пирвердяна [1] (С. 157-158).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	Q_0 , м ³ /сут	μ , мПа·с	m
1	160	11	75	24	76	7	0,14
3	180	13	85	22	62	11	0,16
5	200	15	95	20	55	15	0,18
7	220	17	105	18	48	19	0,2
9	240	19	115	16	39	23	0,22

Вариант 6. Приток жидкости к бесконечной галерее с постоянным расходом. Сравнить метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 152-153) и метод Пирвердяна [1] (С. 157-158).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	Q_0 , м ³ /сут	μ , мПа·с	m
0	200	12	90	40	62	30	0,12
2	220	14	100	38	73	34	0,14
4	240	16	110	36	83	38	0,16
6	260	18	120	34	92	42	0,18
8	280	20	130	32	100	46	0,2

Вариант 7. Приток жидкости к скважине в бесконечном пласте с постоянным расходом. Сравнить точное решение [1] (С. 139-144) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 154-156).

Последняя цифра	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k	Q_0 , м ³ /сут	μ , мПа·с	m
1	5	75	29	34	14	0,11
3	7	85	27	38	18	0,13
5	9	95	25	40	22	0,15
7	11	105	23	39	26	0,17
9	13	115	21	37	30	0,19

Вариант 8. Приток жидкости к скважине в бесконечном пласте с постоянным расходом. Сравнить точное решение [1] (С. 139-144) и метод интегральных соотношений [1] (С. 159-161).

Последняя цифра	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k	Q_0 , м ³ /сут	μ , мПа·с	m
0	7	90	40	26	50	0,1
2	9	100	38	32	54	0,12
4	11	110	36	37	58	0,14
6	13	120	34	41	62	0,16
8	15	130	32	44	66	0,18

Вариант 9. Приток жидкости к скважине в бесконечном пласте с постоянным расходом. Сравнить метод последовательной смены стационарных состояний

[1] (С. 154-156) и метод интегральных соотношений [1] (С. 159-161).

Последняя цифра	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k	Q_0 , м ³ /сут	μ , мПа·с	m
1	10	115	34	26	72	0,14
3	12	125	32	29	76	0,16
5	14	135	30	32	80	0,18
7	16	145	28	34	84	0,2
9	18	155	26	34	88	0,22

Вариант 10. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным давлением. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 133-136) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 153-154).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	p_2 , МПа	μ , мПа·с	m
0	200	9	70	40	20	0,011	0,09
2	220	11	80	38	20	0,012	0,11
4	240	13	90	36	20	0,013	0,13
6	260	15	100	34	20	0,015	0,15
8	280	17	110	32	20	0,016	0,17

Вариант 11. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным давлением. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 133-136) и метод Пирвердяна [1] (С. 158-159).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	p_z , МПа	μ , мПа·с	m
1	110	5	35	29	15	0,012	0,1
3	130	7	45	27	15	0,013	0,12
5	150	9	55	25	15	0,014	0,14
7	170	11	65	23	15	0,015	0,16
9	190	13	75	21	15	0,017	0,18

Вариант 12. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным давлением. Сравнить метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 153-154) и метод Пирвердяна [1] (С. 158-159).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	p_z , МПа	μ , мПа·с	m
0	150	8	50	20	10	0,015	0,15
2	170	10	60	18	10	0,017	0,17
4	190	12	70	16	10	0,018	0,19
6	210	14	80	14	10	0,020	0,21
8	230	16	90	12	10	0,022	0,23

Вариант 13. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным расходом. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 136-139) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 152-153).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	Q_0 , тыс. м ³ /сут	μ , мПа·с	m
1	110	6	25	19	3394	0,013	0,11
3	130	8	35	17	5283	0,014	0,13
5	150	10	45	15	6347	0,015	0,15
7	170	12	55	13	5741	0,017	0,17
9	190	14	65	11	2675	0,019	0,19

Вариант 14. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным расходом. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 136-139) и метод Пирвердяна [1] (С. 157-158).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	Q_0 , тыс. м ³ /сут	μ , мПа·с	m
0	50	10	10	25	210	0,018	0,14
2	70	12	20	23	3170	0,020	0,16
4	90	14	30	21	5473	0,022	0,18
6	110	16	40	19	7565	0,024	0,2
8	130	18	50	17	8869	0,027	0,22

Вариант 15. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным расходом. Сравнить метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 152-153) и метод Пирвердяна [1] (С. 157-158).

Последняя цифра	B , м	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k , МПа	Q_0 , тыс. м ³ /сут.	μ , мПа·с	m
1	80	8	10	29	1112	0,032	0,15
3	100	10	20	27	2820	0,035	0,17
5	120	12	30	25	4874	0,038	0,19
7	140	14	40	23	6954	0,042	0,21
9	160	16	50	21	8713	0,047	0,23

Вариант 16. Приток газа к скважине в бесконечном пласте с постоянным расходом. Сравнить точное решение [1] (С. 139-144) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 154-156).

Последняя цифра	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k	Q_0 , тыс. м ³ /сут	μ , мПа·с	m
0	2	20	15	106	0,016	0,13
2	4	30	15	2305	0,018	0,15
4	6	40	15	4182	0,019	0,17
6	8	50	15	6321	0,021	0,19
8	10	60	15	8601	0,024	0,21

Вариант 17. Приток газа к скважине в бесконечном пласте с постоянным расходом. Сравнить точное решение [1] (С. 139-144) и метод интегральных соотношений [1] (С. 159-161).

Последняя цифра	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k	Q_0 , тыс. м ³ /сут	μ , мПа·с	m
1	2,2	21	20	1491	0,021	0,14
3	2,6	23	20	1750	0,023	0,16
5	3	25	20	1991	0,026	0,18
7	3,4	27	20	2211	0,028	0,2
9	3,8	29	20	2407	0,031	0,22

Вариант 18. Приток газа к скважине в бесконечном пласте с постоянным расходом. Сравнить последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 154-156) и метод интегральных соотношений [1] (С. 159-161).

Последняя цифра	h , м	$k \cdot 10^{15}$, м ²	p_k	Q_0 , тыс. м ³ /сут	μ , мПа·с	m
0	4	15	20	381	0,016	0,13
2	4,4	17	20	2299	0,022	0,15
4	4,8	19	20	2542	0,024	0,17
6	5,2	21	20	2761	0,027	0,19
8	5,6	23	20	2954	0,030	0,21

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Оформление курсовой работы

Оформление курсовой работы должно соответствовать установленным требованиям [3]. В помощь студентам на кафедре «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики» (РЭНГМ и ПГ) установлен стенд, на котором в том числе имеется образец оформления этикетки на обложку курсовой работы. Курсовая работа должна содержать следующие разделы.

Пояснительная записка. За титульным листом идёт «Пояснительная записка» и «Задание». Это готовые бланки. Их можно взять на кафедре и заполнить при сдаче курсовой работы на проверку.

Содержание. Следующая страница содержит оглавление. В нём содержатся заголовки всех разделов, которые содержатся в курсовой работе, с указанием страниц, на которых начинаются данные разделы. Пример оглавления приведён ниже.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
1. Теория упругого режима.....	
1.1. Закон Дарси.....	
1.2. Вывод уравнения неразрывности.....	
1.3. Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости.....	
1.4. Начальные и граничные условия.....	
1.5. Первый метод решения.....	
1.6. Второй метод решения.....	
1.7. Аналогия между фильтрацией жидкости и газа.....	
2. Расчёт распределения давления и расходов.....	

2.1. Исходные данные.....	
2.2. Расчёт пьезопроводности пласта.....	
2.3. Расчёт возмущённой зоны.....	
2.3. Расчёт давления и расходов первым методом.....	
2.4. Расчёт давления и расходов вторым методом.....	
2.5. Программа расчёта давлений на ЭВМ.....	
2.6. Результат расчёта давлений.....	
Заключение.....	
Список использованной литературы.....	

Во «Введении» объёмом одна-две страницы следует обосновать необходимость изучения упругого режима и объяснить условия, при которых он проявляется.

В разделе «Теория упругого режима» описываются все необходимые для выполнения курсовой работы теоретические положения и формулы [1]. В конце каждого раздела необходимо записать, как данный закон или формула выглядят в вашем случае. Все формулы теории упругого режима выводятся для случая фильтрации упругой жидкости. Если в задании указывается, что фильтруется жидкость, то пункта 1.7. в вашей курсовой работе не должно быть. Если же фильтруется газ, то в пункте 1.7. следует описать аналогию между фильтрацией жидкости и газа и преобразовать все ранее полученные формулы для жидкости (пп. 1.5., 1.6.) для случая фильтрации газа.

В разделе «Расчёт распределения давления и расходов» ниже приводится пример расчёта неустановившейся фильтрации газа. В примере сохранена нумерация разделов в том виде, что и в курсовой работе.

3.2. Пример расчета

Расчёт распределения давления и расходов

Исходные данные

Вариант 00. Приток газа к бесконечной галерее с постоянным

расходом. Сравнить точное решение для неограниченного пласта [1] (С. 133-136) и метод последовательной смены стационарных состояний [1] (С. 153-154).

$B = 150$ м – ширина галереи;

$h = 30$ м – толщина пласта;

$k = 0,127 \cdot 10^{-12}$ м² – проницаемость пласта;

$p_k = 33$ МПа – начальное пластовое давление МПа;

$Q_o = 50000$ тыс. м³/сут = 579 м³/с – дебит галереи;

$\mu = 0,0185$ мПа·с = $1,85 \cdot 10^{-5}$ Па·с – динамическая вязкость жидкости;

$m = 0,17$ – пористость пласта.

Расчёт пьезопроводности пласта

Пьезопроводности пласта при фильтрации газа рассчитывается по формуле:

$$\chi = k p_k / (\mu m) = 127 \cdot 10^{-15} \cdot 33 \cdot 10^6 / (1,85 \cdot 10^{-5} \cdot 0,17) = 1,33 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Расчёт возмущённой зоны

Так как пласт бесконечный, выбираем область вблизи галереи, в которой и будем рассматривать изменение давления. Размер этой области обозначим через L . Этот размер выбирается студентом самостоятельно в пределах 50...300 м. Выберем $L = 250$ м. По методу последовательной смены стационарных состояний в случае притока к галерее с постоянным расходом зона возмущения определяется по формуле:

$$\ell(t) = \sqrt{2 \chi t}.$$

Найдём время подхода зоны возмущения к границе выбранной области t^* и округлим его до большего значения:

$$t^* = \frac{L^2}{2 \chi} = \frac{250^2}{2 \cdot 1,33} = 23500 \text{ с} = 390 \text{ мин.} = 6,5 \text{ часа} \approx 10 \text{ часов.}$$

Выбираем шаг по времени $\Delta t = t^*/5 = 10/5 = 2$ часа.

Тогда на первый момент времени $t_1 = 2$ часа = 7200 с возмущённая зона находится на расстоянии:

$$\ell(t) = \sqrt{2 \chi t} = \sqrt{2 \cdot 1,33 \cdot 7200} = 138 \text{ м.}$$

Аналогично рассчитываем зону возмущения и для других моментов времени. Результаты расчётов заносим в таблицу и по результатам расчёта строим график.

Таблица 3.1

Изменение зоны возмущения с течением времени

$t, \text{ ч}$	0	2	4	6	8	10
$\ell(t), \text{ м}$	0	138	195	239	276	308

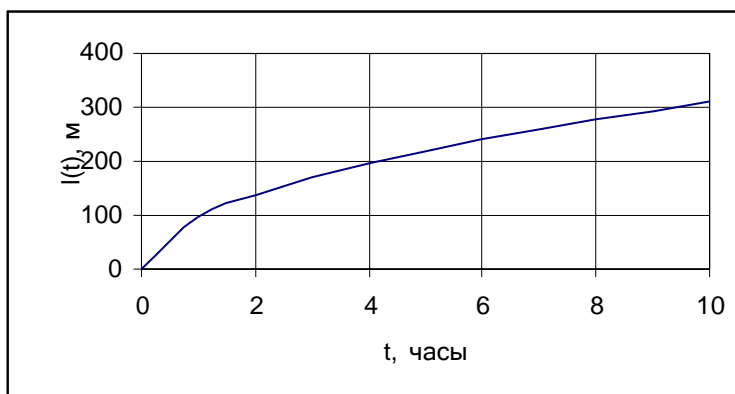


Рис. 3.1. Изменение зоны возмущения с течением времени

Шаг по координате x в случае притока к галерее постоянный и равен $\Delta x = L/5 = 250/5 = 50$ м. В случае притока к скважине точки, в которых рассчитываются давления, желательно выбирать с переменным шагом. Вблизи скважины чаще, а вдалеке реже. Например: 0,1; 0,3; 1,0; 3,0 и т. д. метров.

Расчёт давления и расходов по точному решению

Приток к галерее с постоянным расходом при фильтрации жидкости задаётся уравнениями:

$$p_c(t) = p_k - \frac{2 \mu Q_o}{k B h} \sqrt{\frac{\chi t}{\pi}};$$

$$p(x,t) = p_c + \frac{\mu Q_o}{k B h} \left[x \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2 \sqrt{\chi t}} \right) \right) + 2 \sqrt{\frac{\chi t}{\pi}} \left(1 - e^{-\frac{x^2}{4 \chi t}} \right) \right];$$

$$Q(x,t) = Q_o \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2 \sqrt{\chi t}} \right) \right).$$

С учётом аналогии между формулами при фильтрации жидкости и газа в формулах для жидкости необходимо провести замены:

- давление p заменить на функцию Лейбензона P ,
- объёмный расход Q заменить на массовый Q_m :

$$\text{давление } p \Rightarrow P = \frac{\rho_{am} p^2}{2 p_{am}} - \text{функция Лейбензона};$$

$$\text{объемный расход } Q \Rightarrow Q_m = \rho_{am} Q_{am} - \text{массовый расход}.$$

После таких замен и преобразования уравнений получим формулы фильтрации газа:

$$p_c^2(t) = p_k^2 - \frac{2 \mu Q_o 2 p_{am}}{k B h} \sqrt{\frac{\chi t}{\pi}};$$

$$p^2(x,t) = p_c^2 + \frac{\mu Q_o 2 p_{am}}{k B h} \left[x \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2 \sqrt{\chi t}} \right) \right) + 2 \sqrt{\frac{\chi t}{\pi}} \left(1 - e^{-\frac{x^2}{4 \chi t}} \right) \right];$$

$$Q(x,t) = Q_o \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2 \sqrt{\chi t}} \right) \right).$$

Для удобства расчётов введём вспомогательную переменную Qq и η , тогда уравнения запишутся более просто:

$$Qq = \frac{\mu Q_o 2 p_{am}}{k B h} = \frac{1,85 \cdot 10^{-5} \cdot 579 \cdot 2 \cdot 10^5}{1,27 \cdot 10^{-13} \cdot 150 \cdot 30} = 3,75 \cdot 10^{12} \cdot \text{Па}^2 / \text{м} = 3,75 \text{ МПа}^2 / \text{м};$$

$$\eta = \frac{x}{2 \sqrt{\chi t}}.$$

$$p_z^2(t) = p_k^2 - Qq \cdot 2 \sqrt{\frac{\chi \cdot t}{\pi}};$$

$$p^2(x,t) = p_z^2 + Qq \left[x (1 - \operatorname{erf}(\eta)) + 2 \sqrt{\frac{\chi \cdot t}{\pi}} (1 - e^{-\eta^2}) \right];$$

$$Q(x,t) = Q_o (1 - \operatorname{erf}(\eta)).$$

Рассчитаем значение давления в точке $x = 50$ м на момент времени $t = 2$ часа. Находим:

$$\eta = \frac{x}{2 \sqrt{\chi \cdot t}} = \frac{50}{2 \sqrt{1,33 \cdot 3600 \cdot 2}} = 0,255.$$

По таблицам приложения находим значение функции

$$\operatorname{erf}(\eta) = \operatorname{erf}(0,255) = 0,282 \text{ и } e^{-\eta^2} = e^{-0,255^2} = 0,937.$$

Далее находим:

$$\frac{2 \sqrt{\chi \cdot t}}{\sqrt{\pi}} = \frac{2 \sqrt{1,33 \cdot 3600 \cdot 2}}{\sqrt{3,14}} = 110 \text{ м.}$$

Тогда давление на галерее равно:

$$p_r(t) = \sqrt{p_k^2 - Qq \cdot 2 \sqrt{\frac{\chi \cdot t}{\pi}}} = \sqrt{33^2 - 3,75 \cdot 110} = 26,0 \text{ МПа};$$

$$\begin{aligned} p(x,t) &= \sqrt{p_z^2 + Qq \left[x (1 - \operatorname{erf}(\eta)) + 2 \sqrt{\frac{\chi \cdot t}{\pi}} (1 - e^{-\eta^2}) \right]} = \\ &= \sqrt{26^2 + 3,75 \cdot [50 \cdot (1 - 0,282) + 110 \cdot (1 - 0,937)]} = 28,9 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

$$Q(x,t) = Q_o (1 - \operatorname{erf}(\eta)) = 579 (1 - 0,25) = 434 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Аналогично рассчитаем давление и в других точках на различные моменты времени и на различных расстояниях от скважины. Результаты расчёта давлений занесём в таблицу 3.2.

Таблица 3.2
Расчёт давлений по точному методу, МПа

Значения x , м							
t , ч	p_z	0	50	100	150	200	250
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
2	26,0	26,0	28,9	30,8	31,9	32,5	32,8
4	22,4	22,4	25,9	28,3	30,0	31,2	31,9
6	19,3	19,3	23,3	26,2	28,3	29,8	30,8
8	16,2	16,2	20,9	24,1	26,5	28,3	29,7
10	12,8	12,8	18,4	22,1	24,9	26,9	28,5

В том же порядке производится расчёт расходов.

Расчёт давления и расходов методом последовательной смены стационарных состояний

Расчёт давления и расходов по этому методу производится по формулам этого метода аналогично предыдущему разделу.

Программа расчёта давлений на ЭВМ

Этот раздел входит в курсовую работу, если расчёты проводились на ЭВМ.

Результат расчета давлений

В этом разделе строятся графики распределения давлений и расходов по длине пласта и с течением времени. На рис. 3.2 приведено распределение давления по длине пласта на различные моменты времени. А на рис. 3.3 – изменение давления с течением времени на различных расстояниях. Желательно на одном графике строить линии распределения давления по обоим методам, но линии второго метода обозначить пунктиром.

Выводы

В этом разделе описывается поведение давлений и расходов с расстоянием и временем, а также сравниваются расчёты по обоим методам. Находится максимальная ошибка.

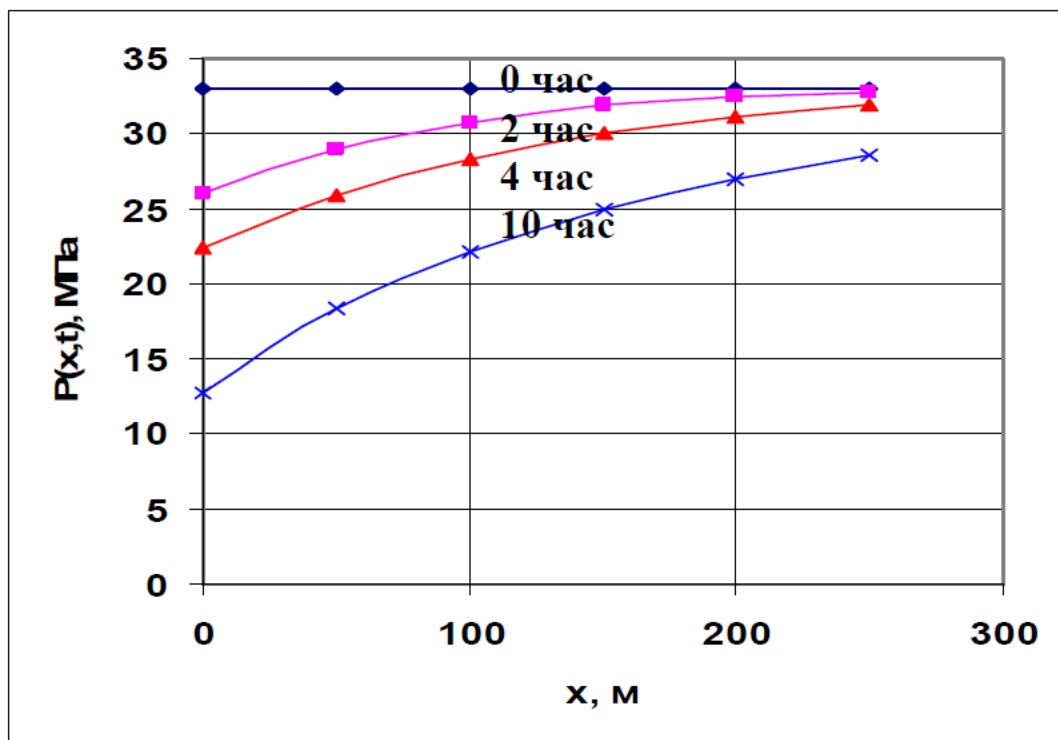


Рис.3.2 Изменение давления с расстоянием на различные моменты времени

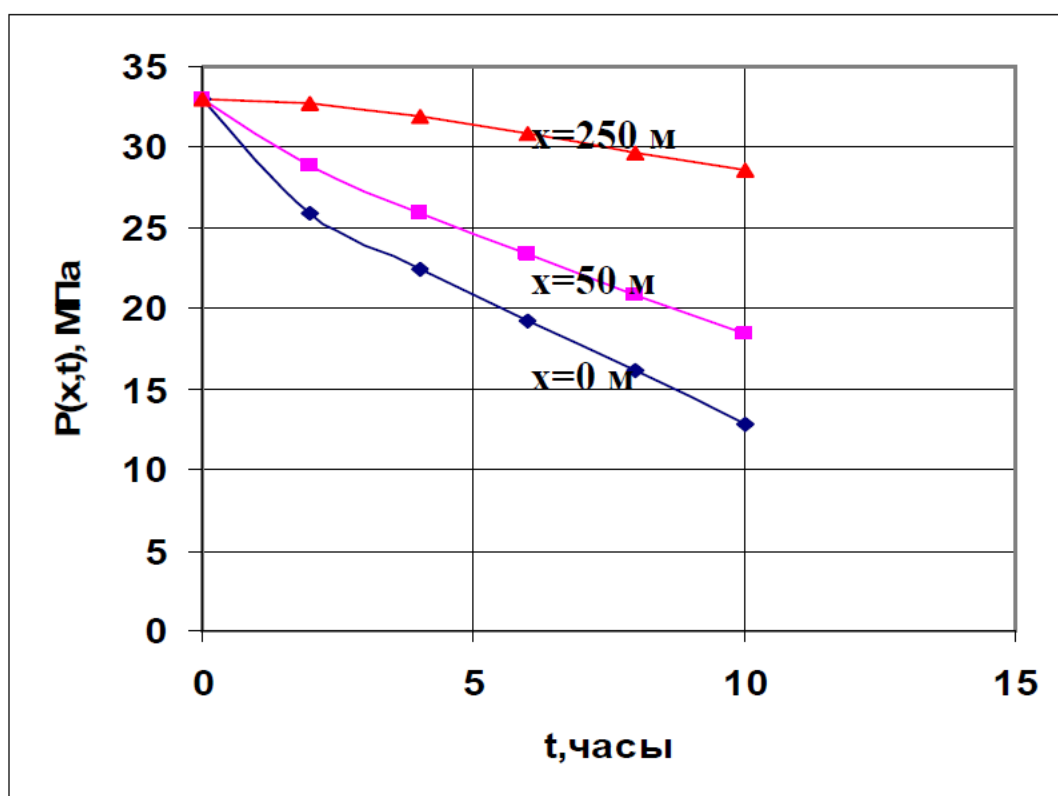


Рис. 3.3. Изменение давления с течением времени на различных расстояниях

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подземная гидромеханика. – 2-е изд., исправ. – М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2006. – 488 с. – (Соврем. нефтегазовые технологии).
2. Шоль, Н. Р. Дипломное и курсовое проектирование. Оформление, презентация : учебно-метод. пособие / Н. Р. Шоль, А. В. Сальников, Л. Ф. Тетенькина. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ухта : УГТУ, 2012. – 59 с.: ил.
3. Подземная гидравлика: учеб. для вузов / К. С. Басниев, А. М. Власов, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. – М. : Недра, 1986. – 303 с.
4. Мордвинов, А. А. Единицы физических единиц и правила их применения : учеб. пособие / А. А. Мордвинов. – Ухта: УИИ, 1997. – 60 с.
5. Подземная гидромеханика [Текст] : метод. указания / В. П. Пятибрат. – 2-е изд., исправ. – Ухта: УГТУ, 2013. – 20 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Интеграл вероятности $erf(x)$

x	$erf(x)$	x	$erf(x)$	x	$erf(x)$	x	$erf(x)$
0,000	0,0000	0,400	0,4283	1,25	0,9229	2,25	0,9985
0,020	0,0225	0,420	0,4474	1,30	0,9340	2,30	0,9988
0,040	0,0451	0,440	0,4662	1,35	0,9437	2,35	0,9991
0,060	0,0676	0,460	0,4846	1,40	0,9522	2,40	0,9993
0,080	0,0900	0,480	0,5027	1,45	0,9597	2,45	0,9994
0,100	0,1124	0,500	0,5205	1,50	0,9661	2,50	0,9995
0,120	0,1347	0,550	0,5633	1,55	0,9716	2,55	0,9996
0,140	0,1569	0,600	0,6038	1,60	0,9763	2,60	0,9997
0,160	0,1790	0,650	0,6420	1,65	0,9803	2,65	0,9998
0,180	0,2009	0,700	0,6778	1,70	0,9837	2,70	0,9998
0,200	0,2227	0,750	0,7111	1,75	0,9866	2,75	0,9999
0,220	0,2443	0,800	0,7421	1,80	0,9890	2,80	0,9999
0,240	0,2657	0,850	0,7706	1,85	0,9911	2,85	0,9999
0,260	0,2869	0,900	0,7969	1,90	0,9927	2,90	0,9999
0,280	0,3078	0,950	0,8208	1,95	0,9941	2,95	0,9999
0,300	0,3286	1,00	0,8427	2,00	0,9953	3,00	0,9999
0,320	0,3491	1,05	0,8624	2,05	0,9962	∞	1,0000
0,340	0,3693	1,10	0,8802	2,10	0,9970		
0,360	0,3893	1,15	0,8961	2,15	0,9976		
0,380	0,4090	1,20	0,9103	2,20	0,9981		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Интегральная показательная функция $E_1(x) = -E_i(-x)$

x	$E_1(x)$	x	$E_1(x)$	x	$E_1(x)$	x	$E_1(x)$
0,010	4,037	0,078	2,050	0,560	0,493	3,40	0,00789
0,012	3,857	0,080	2,026	0,580	0,473	3,60	0,00616
0,014	3,705	0,082	2,004	0,600	0,454	3,80	0,00482
0,016	3,573	0,084	1,982	0,620	0,436	4,00	0,00377
0,018	3,458	0,086	1,960	0,640	0,419	4,20	0,00296
0,020	3,354	0,088	1,939	0,660	0,403	4,40	0,00233
0,022	3,261	0,090	1,918	0,680	0,388	4,60	0,00184
0,024	3,176	0,092	1,898	0,700	0,373	4,80	0,00145
0,026	3,098	0,094	1,879	0,720	0,359	5,00	0,00114
0,028	3,026	0,096	1,859	0,740	0,346	5,20	0,00090
0,030	2,959	0,098	1,841	0,760	0,334	5,40	0,00071
0,032	2,896	0,100	1,822	0,780	0,322	5,60	0,00057
0,034	2,837	0,120	1,659	0,80	0,310	5,80	0,00045
0,036	2,782	0,140	1,524	0,82	0,299	6,00	0,00036
0,038	2,730	0,160	1,409	0,84	0,289	6,20	0,00028
0,040	2,681	0,180	1,309	0,86	0,279	6,40	0,00022
0,042	2,634	0,200	1,222	0,88	0,269	6,60	0,00018
0,044	2,589	0,220	1,145	0,90	0,260	6,80	0,00014
0,046	2,547	0,240	1,076	0,92	0,251	7,00	$1,15 \cdot 10^{-4}$
0,048	2,506	0,260	1,013	0,94	0,242	7,20	$9,21 \cdot 10^{-5}$
0,050	2,467	0,280	0,957	0,96	0,234	7,40	$7,36 \cdot 10^{-5}$
0,052	2,430	0,300	0,905	0,98	0,226	7,60	$5,88 \cdot 10^{-5}$
0,054	2,394	0,320	0,858	1,00	0,219	7,80	$4,70 \cdot 10^{-5}$
0,056	2,360	0,340	0,814	1,20	0,158	8,00	$3,76 \cdot 10^{-5}$
0,058	2,327	0,360	0,774	1,40	0,116	8,20	$3,01 \cdot 10^{-5}$
0,060	2,295	0,380	0,737	1,60	0,0863	8,40	$2,41 \cdot 10^{-5}$
0,062	2,264	0,400	0,702	1,80	0,0647	8,60	$1,93 \cdot 10^{-5}$
0,064	2,234	0,420	0,669	2,00	0,0489	8,80	$1,55 \cdot 10^{-5}$
0,066	2,205	0,440	0,639	2,20	0,0371	9,00	$1,24 \cdot 10^{-5}$
0,068	2,177	0,460	0,611	2,40	0,0284	9,20	$9,99 \cdot 10^{-6}$
0,070	2,150	0,480	0,584	2,60	0,0218	9,40	$8,02 \cdot 10^{-6}$
0,072	2,124	0,500	0,559	2,80	0,0168	9,60	$6,44 \cdot 10^{-6}$
0,074	2,099	0,520	0,536	3,00	0,0130	9,80	$5,17 \cdot 10^{-6}$
0,076	2,074	0,540	0,514	3,20	0,0101		

При значениях $X < 0,01$ справедлива формул $E_1(x) \approx \ln(1/x) - 0,5772$.