Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.10.2026 10:23:20
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e7da612

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

КАФЕДРА ГЕОЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Динамика подземных вод

Методические указания
по написанию курсовой работы
по дисциплине «Динамика подземных вод»

для специальности 21.05.02 «Прикладная геология»
специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

очной формы обучения

Составитель **А.Г.Плавник,**
доктор технических наук, профессор

Тюмень
ТИУ
2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 6FA44C50384686A8E7BD5E27735179BC
Владелец: Ефремова Вероника Васильевна
Действителен: с 14.06.2022 до 07.09.2023

Динамика подземных вод: методические указания по написанию курсовой работы по дисциплине «Динамика подземных вод» для обучающихся специальности 21.05.02 «Прикладная геология» специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»/ сост. А.Г.Плавник; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2021. – 24 с. – Текст: непосредственный.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры геологии месторождений нефти и газа «08» сентября 2021 года, протокол №1

Аннотация

Настоящие методические указания содержат рекомендации по написанию курсовой работы по дисциплине «Динамика подземных вод».

Указания предназначены для использования обучающимися специальности 21.05.02 «Прикладная геология» специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

Указания устанавливают общие требования, структуру и правила оформления курсовой работы по дисциплине «Динамика подземных вод».

Методические указания также могут быть рекомендованы к использованию в рамках самостоятельной работы обучающихся.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение……4
1. Общие положения……4
2. Тематика курсовой работы……4
3.Структура работы……5
4. Требования к содержанию работы……5
5. Правила оформления работы……8
6. Исходные данные для составления курсовой работы……10
7. Основные теоретические положения и порядок выполнения работы ……10
Список литературы……19
Приложение 1……21
Приложение 2……22

ВВЕДЕНИЕ

Главной особенностью дисциплины «Динамика подземных вод» является количественный (механико-математический) подход к анализу и решению гидрогеологических задач.

Курсовая работа по дисциплине «Динамика подземных вод» выполняется обучающимися с целью закрепления и углубления знаний, полученных на лекциях и в ходе практических занятий, и приобретения навыков самостоятельного решения теоретических и практических задач с использованием математического аппарата.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовая работа – часть учебного процесса, позволяющая студентам старших курсов «примерить» полученные знания к своей будущей профессии, которая потребует от них: сбор, систематизацию и анализ исходных материалов, умение формулировать задачу и намечать пути ее решения, применять на практике правила типизации и схематизации гидрогеологических условий, использование известных решений уравнений фильтрации для конкретной задачи, построение расчетной схемы и выполнение расчетов, обработку исходных данных с помощью номограмм и графических зависимостей, работу с отчётной, справочной и нормативной литературой, умение представлять и публично защищать результаты своих исследований.

Курсовая работа посвящена ключевой тематике курса, связанной с анализом взаимодействия водозаборных скважин, на основе которого решается широкий круг практических задач, таких как расчет гидрогеологических параметров и оценка эксплуатационных запасов подземных вод.

При выполнении курсовой работы также используются знания, полученные при изучении других геологических дисциплин, таких как «Общая геология», «Основы гидрогеологии», «Общая гидрогеология».

Общими требованиями к курсовой работе являются: четкость и логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, краткость и точность формулировок, конкретность изложения результатов работы, обоснованность выводов и рекомендаций.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Всем студентам предлагается одна тема: «Расчет гидрогеологических параметров по данным кустовой откачки и оценка эксплуатационных запасов подземных вод» (варианты – индивидуально).

3 СТРУКТУРА РАБОТЫ

Работа состоит из теоретической и практической части и графических приложений.

Структура курсовой работы:

титульный лист,
содержание,
введение,
основная часть,
заключение,
список использованных источников,
приложения.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ РАБОТЫ

4.1 Титульный лист. Титульный лист является первым листом курсовой работы (Приложение 1).

4.2 Содержание. Содержание включает наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование) с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материалов разделов (подразделов, пунктов). Образец оформления содержания приведен в Приложении 2.

4.3 Введение. Во введении должны быть сформулированы цели и задачи курсовой работы, дан перечень вопросов, которые будут отражены в работе. Введение должно содержать основание и исходные данные для разработки темы, применяемые методы и требования к представлению результатов. Объем текста «Введение» - 1-2 страницы.

4.4 Основная часть. Основная часть состоит из двух глав: теоретической – «Теория притока воды к скважинам» и расчетной – «Обработка результатов откачки».

В теоретической части (глава 1) должна быть изложена теория притока воды к скважинам с использованием лекционного материала и литературных источников. Необходимо осветить следующие вопросы с оформлением их в виде отдельных разделов, подразделов и пунктов:

1) Виды и назначение откачек из водозаборных скважин. Место и значение кустовых опытных откачек.

2) Общая характеристика потока воды к водозаборной скважине. Статический и динамический уровни, величина понижения уровня воды при откачке в скважине и в пласте. Формирование депрессионной воронки во времени. Гидродинамическая сетка потока и ее деформация при проведении откачки.

3) Математическое описание притока воды к скважине. Формула Дюпюи и ее применение для условий стационарной фильтрации воды. Радиус влияния скважины. Модель Тейса. Динамика подземных вод в условиях неустановившегося и квазистационарного режима. Влияние граничных условий на приток воды к скважине в условиях стационарного и квазистационарного режимов.

4) Методы определения фильтрационных свойств пласта. Способы обработки результатов откачки и получение параметров при нестационарной, квазистационарной и стационарной фильтрации. Учет несовершенства опытной скважины.

6) Гидродинамический метод оценки эксплуатационных запасов подземных вод. Методы расчет понижения уровня при работе системы водозаборных скважин при постоянных и изменяющихся во времени дебитах.

Студент должен показать базовые знания по предмету: привести исходные дифференциальные уравнения и их решения, указать условия их применения для конкретных задач, проследить логику преобразований и конечные результаты, используемые для расчетов. Текст должен сопровождаться необходимыми рисунками и математическими формулами.

В расчетной части (глава 2) приводятся результаты кустовой откачки, расположение скважин и их геологический разрез для заданного варианта. По этим данным, на основе формул квазистационарной фильтрации, необходимо рассчитать коэффициенты водопроводимости и пьезопроводности пласта по всем скважинам опытного куста методами временного, площадного и комбинированного прослеживания понижения уровня воды и временного прослеживания восстановления уровня. Для центральной скважины вычисляется коэффициент водопроводимости методами временного прослеживания понижения и восстановления уровня, а также коэффициент несовершенства.

По полученным расчетным данным необходимо обосновать среднее значение величин параметров для участка и оценить степень неоднородности пород пласта.

На основе полученных результатов провести оценку возможности эксплуатации водозабора, состоящего из четырех скважин (наблюдательные скважины переоборудованы в водозаборные). Расчетный период работы водозабора 25 лет. Дебиты скважин равны и превышают

дебит опытной скважины в период кустовой откачки на 50% в первые 10 лет, а в последующие 15 лет на 20%.

Оптимальный объем курсовой работы 30-40 страниц.

4.5 Заключение. Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной работы. Необходимо указать хозяйственную и научную ценность результатов работы, их возможное использование на практике. Объем «Заключения» - 1-2 страницы.

4.6 Список использованных источников. Список должен содержать перечень литературных источников, использованных при выполнении работы. В алфавитном порядке указываются опубликованные, нормативные, фондовые (отчеты) источники.

4.7 Приложения. В качестве текстовых приложений в работе должны быть оформлены результаты исследований в виде рисунков, графиков, таблиц.

5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

Работа оформляется в виде текста, подготовленного на персональном компьютере с помощью текстового редактора и отпечатанного на принтере на листах белой бумаги формата А4, с одной стороны.

Текст на листе должен иметь книжную ориентацию, альбомная ориентация допускается только для таблиц и схем приложений.

Основной цвет шрифта - черный.

Поля страницы должны иметь следующие размеры:

левое – 30 мм, правое - 15 мм,

верхнее и нижнее - 20 мм.

Текст печатается через полтора интервала шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14 (для сносок 12).

Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и равен 1,25 см.

Перенос слов с одной строки на другую производится автоматически.

Наименования всех структурных элементов курсовой записываются в виде заголовков прописными (заглавными) буквами по центру страницы без подчеркивания (шрифт 14 жирный). Точка после заголовка не ставится.

Страницы нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляется внизу страницы по центру по всему тексту. Титульный лист, включается в общую нумерацию страниц, без проставления на нем номера страницы.

Не включаются в общую нумерацию страниц содержание. Приложения включаются в общую нумерацию страниц.

При ссылках на структурную часть текста выполняемой курсовой работы указываются номера глав (разделов), подразделов, пунктов,

подпунктов, перечислений, графического материала, формул, таблиц, приложений, а также графы и строки таблицы данной курсовой работы. При ссылках следует писать: «... в соответствии с главой (разделом) 2», « ... в соответствии с рисунком 3», «(рисунок 3)», «…в соответствии с таблицей 1», «(таблица 1)», «... в соответствии с приложением 1», «…в соответствии с графическим приложением 2», «(графическое приложение 2)» и т. п.

Таблицы. Таблицу следует располагать *непосредственно после текста*, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Таблицы нумеруют в пределах каждого раздела (главы). В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела (главы) и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» и номер ее указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями справа пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, н*апример:* «Продолжение таблицы 7.1». На все таблицы должны быть ссылки.

Образцы оформления таблиц

Таблица 1 - Использование воды на различные нужды, млн. м^3

Головка таблицы	Водохозяйственный участок	Расход воды в системах водоснабжения		Заголовок графы
строки		последовательного	оборотного	подзаголовок графы
	1	2	3	строки
	1. …… 2. …….			
	боковик (заголовки строк)	графы (колонки)		

Таблица 2 - Некоторые сведения по эксплуатации месторождений трещинно-жильных вод

Водозаборный участок	Тип водозаборного сооружения	Дебит водозабора, тыс.м^3/с
Южно-Уральский	Линейный	0,5
Северо-Копетдагский	То же	0,112
Карамзорский	"	-

Формулы. Формулы. Номер формулы указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

Например: Плотность каждого образца грунта ρ, г/см^3, вычисляют по формуле (5.1)

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (5.1)$$

где m – масса образца, г;

V – объем образца, $см^3$.

Ссылки на формулы указывают порядковым номером формулы в скобках, например: «…в формуле (5.1)».

Ссылки на литературу.

При отсылке к фондовой или опубликованной литературе, включенной в библиографический список, в тексте проекта после упоминания о ней (или после цитаты из литературного источника) проставляют в квадратных или наклонных скобках номер, под которым источник значится в библиографическом списке. В необходимых случаях указываются страницы. Например, /15, т.I, с.80/.

Допускается делать ссылки путем указания фамилии автора или первых слов заглавия и года издания, например: «……[Корценштейн,1963]», «……../Николаев И.Н.,1963/», «……(Геологический словарь,1980)», «…….П.П. Климентов (1989) отмечал…..», «Оценка эксплуатационных запасов подземных вод (Бидеман,1962) заключается……..», « Методы определения расчетных гидрогеологических параметров /18/ заключаются в ……».

Все приводимые в тексте цитаты заключаются в кавычки и сопровождаются ссылкой на использованный источник и страницу оригинала.

Допускаются ссылки на стандарты (кроме стандартов предприятий), технические удостоверения и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документами.

В тесте проекта не допускается заменять термины и названия параметров буквенными обозначениями.

Например, нельзя заменить слова «…коэффициент фильтрации пласта 10 м/сут…» на «…$К_ф$ пласта 10 м/сут…».

Не допускается использовать в тексте математический знак минус (-) или плюс (+). Вместо математического знака (-) или (+) следует писать слова «минус» или «плюс».

Не допускается употреблять математические знаки без цифр, например ≤ (меньше или равно), ≥ (больше или равно), ≠ (не равно), также знаки «№» (номер), «%» (процент).

В курсовой работе используются только общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами русской орфографии и пунктуации.

Текст курсовой работы должен быть переплетен (сброшюрован).

6 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

На участке детальной разведки подземных вод разбурен куст скважин, состоящий из центральной разведочно-эксплуатационной (№ 1р) и трех наблюдательных (№№ 1н, 2н, 3н) скважин.

Скважинами вскрыто 8 литологических разностей пород (сверху вниз):

1) суглинок легкий с прослоями и линзами мелкозернистых песков,
2) разнозернистый песок водоносный,
3) суглинок с прослоями песка,
4) песок среднезернистый водоносный,
5) глины тёмно-серые,
6) алевриты светло-серые,
7) песок среднезернистый водоносный,
8) глины темно-серые плотные.

Залегание слоев горизонтальное.

Возраст первых трех слоев – верхнечетвертичный, остальных – палеогеновый.

Фильтры всех скважин установлены в интервале 7-го слоя.

Глубина скважин, их координаты, радиус фильтра центральной скважины, абсолютные отметки устьев, дебит центральной скважины, интервалы залегания литологических разностей пород, ход откачки (снижение и восстановление уровня воды) во всех скважинах приведен в файле с данными для каждого варианта задания.

7 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Основная часть курсовой работы подразделяется на теоретическую и прикладную (расчетную) части.

Содержание и порядок изложения теоретического материала должны соответствовать главе 4 и Приложению 2 настоящих методических указаний.

Расчетная часть выполняется в следующем порядке:

1. Изложение исходных данных для конкретного варианта задания. Исходные данные для расчетов необходимо представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Исходные данные для расчетов по варианту ____

Наименование показателя	Обозначение	Значение показателя по скважинам			
		1р	1н	2н	3н
Абсолютная	Но, м				

отметка устья					
Глубина скважины	G , м				
Дебит центральной скважины	Q, $м^3$/сут		-	-	-
Расстояние от центральной скважины	r, м				
Мощность водоносного горизонта	m, м				
Интервал установки фильтра	l, м				
Статический уровень воды	Нст, м				
Максимальное понижение уровня	Smax, м				
Продолжительность откачки	To, час				
Продолжительность восстановления уровня	Tв, час				

Некоторые из показателей таблицы 1 (статический уровень, максимальное понижение, продолжительность периодов откачки и восстановления) следуют из анализа табличных данных хода откачки (файл с данными).

Расстояние между скважинами с координатами (x_1, y_1) и (x_2, y_2) рассчитывается по формуле

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}.$$

Для центральной скважины расстояние принять равным ее радиусу из файла с данными.

Таблица хода откачки в тексте курсовой работы приводится обязательно.

2. Определение величины понижения (повышения) уровня воды в скважинах на заданные моменты времени.

Основой для расчетов служит таблица данных хода откачки (файл с данными). За начальное (нулевое) время принимается начало откачки, а за статический уровень – положение уровня на этот момент времени.

Например, откачка начата в 14 часов, уровень воды в скважине был равен 1.10 м, в 15 часов 42 минуты уровень понизился до отметки 5.43 м, следовательно, с начала откачки прошло 1 час 42 минуты (или 1.70 часа), а величина понижения составила 4.33 м.

Аналогичным образом для каждого замера таблицы рассчитывается разница во времени (в часах) и изменение уровня относительно начального замера.

Помимо текущего времени откачки вычисляется его десятичный логарифм. Тем самым данные представляются в полулогарифмическом масштабе S-lg(t).

Результаты записываются в таблицу 2.

Таблица 2 - Изменение уровня воды в скважинах в процессе опыта

Время от начала откачки, t, час	lg t	Изменение уровня в скважине, S, м			
		1р	1н	2н	3н
0	-	0	0	0	0
1.70	0.23	4.33	0.45	0.17	0.02
...	...	...	...	...	...

3. Для визуализации хода откачки строятся хронологические графики изменения уровня воды в скважинах в координатах S – t (ось t направлена вправо, ось S - вниз), в соответствии с данными таблицы 2 (соседние точки замеров соединяются прямыми линиями). Масштаб произвольный, но позволяющий наглядно представить исходные данные (график должен занимать область, близкую к квадратной).

Допускается нанесение данных разных наблюдательных скважин, используя одну пару осей координат. Данные по центральной скважине отображаются на отдельном графике.

4. Исходные данные также представляются в плане и на разрезе. На рисунке в тексте следует изобразить план расположения скважин в произвольном масштабе, сохраняя пропорции расстояний между скважинами. Подписать названия скважин и расстояния между ними.

Гидрогеологический разрез куста скважин оформляется в виде графического приложения. На разрезе необходимо показать:

- послойное залегание слоев горных пород в общепринятых обозначениях литологических разностей,
- шкалу (слева и справа) абсолютных отметок уровня,
- скважины куста с указанием номера, глубины и интервала фильтра,
- статический уровень воды до начала откачки,
- динамический уровень, соответствующий окончанию этапа откачки,
- масштаб горизонтальный и вертикальный,
- условные обозначения.

Для изображения воронки депрессии предварительно следует рассчитать положение динамического уровня за стенкой центральной скважины (в пласте).

Понижение уровня воды в центральной скважине описывается уравнением Дюпюи:

$$S_{\text{с}} = \frac{Q}{2\pi km}\left(ln\frac{R}{r_{\text{с}}} + \xi\right), \qquad (7.1)$$

где

Q – дебит центральной скважины,

km – коэффициент водопроводимости пласта,

R - радиус влияния скважины,

$r_{\text{с}}$ – радиус скважины (фильтра),

ξ - показатель несовершенства скважины.

Общее понижение, регистрируемое нами в ходе откачки в стволе скважины, складывается из гидродинамической составляющей (понижения за стенкой скважины) и понижения, вызванного несовершенством скважины по степени и характеру вскрытия пласта:

$$S_{\text{с}} = S_{\text{гд}} + S_{\xi} = \frac{Q}{2\pi km} ln\frac{R}{r_{\text{с}}} + \frac{Q}{2\pi km}\xi. \qquad (7.2)$$

Для расчета искомой величины $S_{\text{гд}}$ требуется знание параметров km и R.

В зависимости от того, наступила ли стабилизация уровня воды в скважинах к концу откачки (это определяется по совпадению двух последних замеров уровня), расчет проводится по одному из двух сценариев:

а) Стабилизация наступила

В этом случае радиус влияния скважины – постоянная величина. Искомые параметры вычисляются по формулам стационарной фильтрации для любой пары наблюдательных скважин:

$$km = \frac{Q}{2\pi(S_1 - S_2)} ln\frac{r_2}{r_1} \qquad (7.3)$$

$$lnR = \frac{S_1 lnr_2 - S_2 lnr_1}{S_1 - S_2}, \qquad (7.4)$$

где

S_1, S_2 и r_1, r_2 – понижения уровня в наблюдательных скважинах к концу откачки и расстояния от них до центральной скважины.

Применить формулы (7.3) и (7.4) для всех (трех) пар наблюдательных скважин, результаты усреднить.

б) Стабилизация не наступила

В этом случае параметры km и R определяются по формулам квазистационарной фильтрации. Так,

$$R = 1.5\sqrt{at}, \qquad (7.5)$$

Где

a – коэффициент пьезопроводности пласта,

t – продолжительность этапа откачки.

Здесь значениями гидрогеологических параметров km и a должны служить конечные результаты обработки кустовой откачки (их средние значения). Поэтому расчет величины $S_{гд}$ и нанесение на разрез пьезометрической кривой проводится по окончании всех вычислений.

5. **Собственно обработка кустовой откачки разными методами**. Построить графики изменения уровня в координатах, соответствующих каждому способу обработки данных (ось логарифмов направлена вправо, ось S - вверх).

Привести формулы расчета параметров водоносного пласта в условиях квазистационарной фильтрации.

Рассчитать параметры пласта - коэффициенты водопроводимости и пьезопроводности.

Показать все расчеты (не только результаты).

Учесть следующие особенности методов прослеживания.

А) **Временно*е* прослеживание понижения уровня** основано на представлении данных таблицы 2 в координатах S – lg t для каждой из четырех скважин. По опытным данным выбирается усредняющее положение прямой линии, на основе которой рассчитываются параметры пласта по формулам:

$$km = \frac{0.183*Q}{C_t}, \quad \lg a = \frac{A_t}{C_t} - 0.35 + 2\lg r\,, \qquad (7.6)$$

где угловой коэффициент C_t определяется из соотношения $C_t = \frac{S_2 - S_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$,

A_t – ордината точки пересечения прямой линии с осью S.

Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 3.

Таблица - Результаты расчета гидрогеологических параметров методом временного прослеживания понижения уровня

№ скв.	S_1, м	S_2, м	lgt_1	lgt_2	C	A	km, $м^2$/сут	r, м	lg r	lg a	a, $м^2$/сут

Б) **Площадное прослеживание снижения уровня** предполагает единовременный замер во всех наблюдательных скважинах. Данные представляются в координатах S – lg r. Формулы для расчета параметров:

$$km = \frac{0.366*Q}{C_r}, \quad \lg a = \frac{2A_r}{C_r} - \lg 2.25t, \tag{7.7}$$

где угловой коэффициент C_r определяется из соотношения $C_r = \frac{S_2 - S_1}{\lg r_1 - \lg r_2}$,

A_r – ордината точки пересечения прямой линии с осью S.

Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 4.
Рассчитать параметры, как минимум, для двух моментов времени.

Таблица 4 - Результаты расчета гидрогеологических параметров методом площадного прослеживания понижения уровня

Время t, час	S_1, м	S_2, м	lgr_1	lgr_2	C	A	km, $м^2$/сут	lg a	a, $м^2$/сут

Для одного из моментов времени откачки с помощью гидроизопьез показать на плане расположения скважин текущее положение воронки депрессии.

Данные для построения линий равного напора снимаются с прямой линии на графике S – lg r, соответствующей выбранному времени. Шаг сетки (падение напора) принять 0.2 м.

В) Исходные данные для построения графика **комбинированного прослеживания** в координатах S - lg (t/r^2) предварительно представляются в виде таблицы 5.

Таблица 5 - Исходные данные для комбинированного прослеживания понижения уровня

Время от начала откачки, t, час	Номера скважин и длина лучей								
	1н, r = …			2н, r =…			3н, r =…		
	t/r^2	lg (t/r^2)	S, м	t/r^2	lg (t/r^2)	S, м	t/r^2	lg (t/r^2)	S, м

Все точки замеров по всем наблюдательным скважинам, по возможности, должны ложиться на одну прямую. Формулы для расчета параметров:

$$km = \frac{0.183*Q}{C_k}, \quad \lg a = \frac{A_k}{C_k} - 0.35, \tag{7.8}$$

где угловой коэффициент C_k определяется из соотношения

$$C_k = \frac{S_2 - S_1}{\lg(\frac{t}{r^2})_2 - \lg(\frac{t}{r^2})_1},$$

A_k – ордината точки пересечения прямой линии с осью S.
Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 6.

Таблица 6 - Результаты расчета гидрогеологических параметров методом комбинированного прослеживания понижения уровня

S_1, м	S_2, м	$lg(t/r^2)_1$	$lg(t/r^2)_2$	C	A	km, м^2/сут	lg a	a, м^2/сут

Г) При обработке **восстановления уровня** предварительно следует сравнить период $t_в$ восстановления уровня с продолжительностью T откачки.

Если период восстановления относительно мал ($t_в \leq 0.1T$), кривая восстановления может обрабатываться по формулам временного прослеживания понижения. В противном случае необходимо учитывать «наследство» откачки.

Для этого данные следует представлять в координатах S - lg((T+t)/t). Прямая линия должна пройти через начало координат, поэтому для расчета углового коэффициента прямой линии достаточно взять одну точку на прямой – с координатами S_1, $\lg((T+t)/t)_1$.

Зафиксировав величины T и S_T – время и максимальное понижение к концу откачки, параметры вычисляют по формулам:

$$km = \frac{0.183*Q}{C}, \quad \lg a = \frac{S_T}{C} + 2\lg r - \lg 2.25T. \qquad (7.9)$$

Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 7.

Таблица 7 - Результаты расчета гидрогеологических параметров методом временного прослеживания восстановления уровня

№ скв.	T, час	S_T, м	S_1, м	$\lg((T+t)/t)_1$	C	km, м^2/сут	r, м	lg r	lg a	a, м^2/сут

6. Результаты обработки опытной откачки представить в виде таблицы 8 (приведен условный пример).

Значения коэффициента водопроводимости округлить до целого числа, пьезопроводности – записать в формате, как показано в таблице.

Таблица 8 - Результаты расчетов параметров пласта по формулам квазистационарной фильтрации

Сква-жина	r, м	Smax, м	Временное		Площадное		Комбинирован.		Восстановление	
			km	a	km	a	km	a	km	a
1р	0.1	9.00	735	-	-	-	-	-	764	-
1н	60	1.50	822	$1.0*10^6$					796	$7.9*10^5$

2н	150	1.00	710	$1.8*10^5$					686	$1.5*10^5$
3н	190	0.85	826	$2.6*10^5$					774	$2.6*10^5$
Среднее	-	-	773	$4.8*10^5$	540	$8.2*10^4$	685	$1.8*10^5$	755	$4.0*10^5$

7. Сделать выводы по результатам обработки опытной откачки:
- по соотношению максимальной и минимальной величины коэффициента водопроводимости оценить степень неоднородности пород пласта.
- оценить разброс значений коэффициента водопроводимости, полученных разными методами, для этого вычислить среднеквадратическое отклонение σ параметра от средней величины:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} (km_i - km_{\text{ср}})^2} .$$

Здесь
km_i - значение параметра, полученного i - м методом, n = 4.
Результат записать в следующем виде (в соответствии с данными таблицы 8):

$$\text{km} = km_{\text{ср}} \pm \sigma = (773+540+685+755)/4 \pm \sigma = 688 \pm 92 \text{ (м}^2\text{/сут)}.$$

8. Выполнить расчет понижения уровня в скважинах через 25 лет эксплуатации водозабора:
- определить максимально допустимое понижение как расстояние от статического уровня до кровли эксплуатационного объекта.
- рассчитать расстояния между различными скважинами по формуле

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

и внести значения в таблицу 9. Для элементов таблицы по идентичным скважинам заносить их радиус.
- дебиты скважин принять равными и превышающими дебит опытной скважины в период кустовой откачки на 50% в первые 10 лет ($Q_{1\text{-}10}$), а в последующие 15 лет на 20% ($Q_{11\text{-}25}$). Занести данные по дебитам в таблицу 9.

Таблица 9 - Расстояния между скважинами и проектные дебиты скважин

Скважина	Расстояние, м				Дебит, м3/сут	
	1р	1н	2н	3н	$Q_{1\text{-}10}$	$Q_{11\text{-}25}$

1р						
1н						
2н						
3н						

- оценить применимость квазистационарной модели фильтрации для расчета понижения в скважинах водозабора на конец эксплуатации водозабора (25 лет) по критерию:

$$\frac{r_{max}^2}{4at} < 0.1$$

- выполнить расчетные понижения уровня в скважинах за счет работы каждой из скважин:

$$S_i = \frac{Q_{1-10}}{4\pi km} ln \frac{2.25at_1}{r_i^2} + \frac{Q_{11-25} - Q_{1-10}}{4\pi km} ln \frac{2.25at_2}{r_i^2},$$

где

t_1 – время эксплуатации месторождения (25 лет),

t_2 – время работы на измененном режиме (15 лет).

При расчетах использовать средние значения фильтрационных свойств пласта (водопроводимости и пьезопроводности), полученные по результатам интерпретации данных кустовой откачки.

- найти суммарное расчетное гидродинамическое понижение:

$$S_{гд} = \sum_i S_i$$

- оценить понижение уровня, обусловленное несовершенством скважин:

$$S_\xi = \frac{Q}{2\pi km} \xi$$

- рассчитать конечную оценку понижения уровня в каждой скважине:

$$S = S_{гд} + S_\xi$$

- занести результаты расчетов в таблицу 10.

- сопоставить полученные расчетные понижения с максимально допустимым понижением и сделать вывод о возможности обеспечения заявленной водопотребности проектным водозабором.

Таблица 10 - Расчетные понижения уровня в скважинах

Скважина	S_i, м				$S_{\text{гд}}$	S_ξ	S
	1р	1н	2н	3н			
1р							
1н							
2н							
3н							

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Мироненко В. А. Динамика подземных вод. М.: Изд-во Горная книга, 2009, 519 с.
2. Шестаков В. М. Гидрогеодинамика. М.: Изд-во КД МГУ, 2009.
3. Ленченко Н. Н. Динамика подземных вод. М., Недра, 2008.

Дополнительная:

4. Бочевер Ф. М., Гармонов И. В., Лебедев А. В., Шестаков В. М. Основы гидрогеологических расчетов. М., Недра, 1969.
5. Боревский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М., Недра, 1979.
6. Климентов П. П., Кононов В. М. Динамика подземных вод. М., Высшая школа, 1985.
7. Ленченко Н. Н., Фисун Н. В. Практикум по динамике подземных вод. Часть 1 и 2. М., Недра, 2008-2010 гг.
8. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. М., Недра, 1978.
9. Мироненко В. А., Шестаков В. М. Основы гидрогеомеханики. М., Недра, 2004 г.
10. Синдаловский Л. Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. - СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. - 769 с.
11. Шестаков В. М. Динамика подземных вод. М.: Изд-во МГУ, 1979.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

КАФЕДРА ГЕОЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

КУРСОВАЯ РАБОТА

РАСЧЕТ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПО ДАННЫМ КУСТОВОЙ ОТКАЧКИ И ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

(Вариант …)

Разработал:

студент гр. ПРИЗ-… _____ (*ФИО*)

руководитель: _____(*ФИО*)

Тюмень, 20…

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Содержание……
Список иллюстраций и таблиц……
Список тестовых приложений…….
Список графических приложений……
Перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов……..
Введение……
1. Теория притока воды к скважинам…….
1.1. Виды и назначение откачек из водозаборных скважин…….
1.1.1. Пробные и одиночные откачки……
1.1.2. Кустовые откачки…….
1.1.3. Групповые и опытно-эксплуатационные откачки……
1.2. Общая характеристика потока воды к скважине ……
1.2.1. Статический и динамический уровни, понижение уровня …….
1.2.2 Изменение воронки депрессии при откачке….
1.2.3 Гидродинамическая сетка потока ……
1.3. Математическое представление притока воды к скважине. Формула Дюпюи……
1.3.1. Стационарный режим фильтрации. Формула Дюпюи …….
1.3.2. Схема Тейса.
1.3.3 Квазистационарный режим фильтрации ……
1.3.3. Влияние граничных условий на приток воды к скважине…….
1.4. Методы определения гидрогеологических параметров по данным откачек…….
1.4.1. Стационарный режим……
1.4.2. Квазистационарный режим……
1.4.3. Нестационарный режим……
1.4.4 Учет несовершенства скважины ……..
1.5 Гидродинамический метод оценки запасов ……..
1.5.1 Расчет понижения уровня при работе системы водозаборных скважин……
1.5.2 Учет изменения дебита скважин……
2. Обработка результатов откачки…….

2.1. Исходные данные для варианта задания……
2.2.1. Представление данных в полулогарифмических координатах……..
2.2.2. Хронологические графики изменения уровня воды…….
2.2.3. Представление опытного куста скважин в плане и на разрезе…….
2.2. Расчет гидрогеологических параметров……
2.2.1. Временное прослеживание понижения уровня..
2.2.2. Площадное прослеживание понижения уровня.
2.2.3. Комбинированное прослеживание понижения уровня…….
2.2.4. Временное прослеживание восстановления уровня…….
2.3. Оценка степени неоднородности пород……
3. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод ……
3.1 Исходные данные для расчета ……..
3.2 Расчет понижения уровня в скважинах ……
3.3 Учет несовершенства скважин …….
3.4 Оценка обеспеченности заявленной водопотребности
Заключение……
Список литературы……..
Приложение 1
Приложение 2

Учебное издание

Динамика подземных вод

Методические указания
по написанию курсовой работы
по дисциплине «Динамика подземных вод»

Плавник Андрей Гарьевич

Подписано в печать Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 1,5
Тираж Заказ №

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Отдел оперативной полиграфии издательства
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52