

Расчет понижения уровня в системе взаимодействующих скважин для условий напорного неограниченного водоносного горизонта

В задаче рассматриваются условия напорного водоносного горизонта однородного по фильтрационным свойствам, имеющего внутренние граничные условия, представленные эксплуатационными скважинами.

1. Условие задачи

Однородный по фильтрационным свойствам напорный водоносный горизонт, имеющий постоянную мощность, вскрыт тремя скважинами, работающими с расходами Q_1, Q_2, Q_3 ($\text{м}^3/\text{сут}$). Местоположение скважин в пространстве определяется координатами X_1, X_2, X_3 и Y_1, Y_2, Y_3 (м). Откачка групповая разновременная.

2. Требуется:

Определить понижения в каждой из скважин и в расчетной точке А с координатами X_A, Y_A , если к расчетному моменту времени все скважины активны и отработали соответственно по T_1, T_2 и T_3 суток.

3. Теоретическая основа фильтрационных расчетов

Для решения задачи необходимо знать уравнения водопритока к скважине. Таких уравнений три. Они дают количественную связь понижения уровня и расхода откачки для разных режимов водопритока: нестационарного (уравнение Тейса); квазистационарного (уравнение Тейса-Джейкоба) и стационарного (уравнение Дюпюи). Решение строится по методу суперпозиции для расчета срезок уровня в системе взаимодействующих скважин, и компонуется в соответствии со схемой, показанной на рис. 1. Приведенные ниже уравнения используются при различных режимах водопритока к скважинам:

Уравнение Тейса (нестационарный водоприток)

$$S = \frac{Q}{4\pi km} [-E_i(-\alpha)];$$

Уравнение Тейса-Джейкоба (квазистационарный водоприток)

$$S = \frac{Q}{4\pi km} Ln \frac{2.25at}{r^2};$$

Уравнение Дюпюи (стационарный водоприток)

$$S = \frac{Q}{2\pi km} \operatorname{Ln} \frac{R}{r};$$

где:

Q - расход скважины, м³/сут;

k - коэффициент фильтрации водовмещающих пород, м;

Ei – интегральная показательная функция;

α - малый параметр Фурье, аргумент интегральной показательной функции, равный $r^2/(4at)$ -

m - мощность водовмещающих пород, м;

km - коэффициент водопроницаемости ВГ, м²/сут;

R – условный радиус влияния скважины, м;

a - коэффициент пьезопроводности ВГ, м²/сут;

t - расчетное время работы скважины, сут;

r – радиус-вектор, на конце которого определяется понижение пьезометрической поверхности (S), м.

4. Схематизация гидрогеологических условий

4.1. Режим потока во времени

По условию задачи, на границах фрагмента области фильтрации, напоры не определены. Можно считать их (границы) по характеру произвольными и отнесенными на очень большое расстояние. Поток в нарушенных условиях формируется под влиянием откачки из скважин и полностью определяется режимом работы их насосного оборудования. Снижение уровней пьезометрической поверхности под влиянием откачки изменяется с течением времени, следовательно, поток следует считать неустановившимся, а для решения задачи необходимо правильно подобрать расчетные формулы с учетом длительности откачки.

4.2. Мерность потока

По условию задачи поток формируется в водонасыщенных породах напорного водоносного горизонта. Его направление контролируется областью пониженных величин динамических напоров в окрестности взаимодействующих скважин. Таким образом, в плане формируется депрессионная воронка изометричных (на некотором расстоянии от возмущающих скважин) очертаний. В разрезе (по мощности пласта) искажения линий тока не происходит, они остаются параллельны сами себе. То есть, поток можно считать двумерным (плоским) в плане.

4.3. Пространственное распределение фильтрационных параметров

Водовмещающие породы водоносного горизонта характеризуются одним значением коэффициента фильтрации. Следовательно, водоносный горизонт однороден по фильтрационным свойствам.

4.4. Условия однозначности аналитического решения

По условию задачи, описание возможных внешних граничных условий отсутствует. Предполагается, что на конец расчетного срока размеры области депрессии не достигают естественных границ водоносного горизонта. Решение строится для условий напорного неограниченного водоносного горизонта. Задачу предложено решить в функции понижения уровня, без расчетов величин динамических напоров, поэтому начальные условия в задаче отвечают произвольному положению уровня пьезометрической поверхности до начала откачки. Следует обратить внимание на то, что в задаче требуется определить расчетом только величину изменения уровней пьезометрической поверхности (напоров) под влиянием откачки, а не сами величины напоров искусственного потока. Это упрощает решение и не требует задания начальных условий.

4.5. Распределение источников и стоков

Поток рассматривается как не получающий дополнительного питания за счет инфильтрации или процессов перетекания. Внутренние границы области фильтрации представлены стоками. В качестве точечных (в плане) стоков, выступают эксплуатационные скважины, на которых реализованы граничные условия второго рода ($Q=\text{const}$).

План расположения скважин и схематический гидрогеологический разрез показан на рис. 2.

5. Указания к решению задачи

5.1. Вычертить в масштабе схему расположения скважин.

5.2. Принять для расчета диаметры всех эксплуатационных скважин равными 200мм.

5.3. Считать, что в контрольной точке А расположена наблюдательная скважина.

5.4. Обосновать необходимыми вычислениями выбор основной расчетной зависимости для определения понижений.

5.5. Расчет необходимых расстояний между скважинами можно выполнить по координатам с использованием теоремы Пифагора.

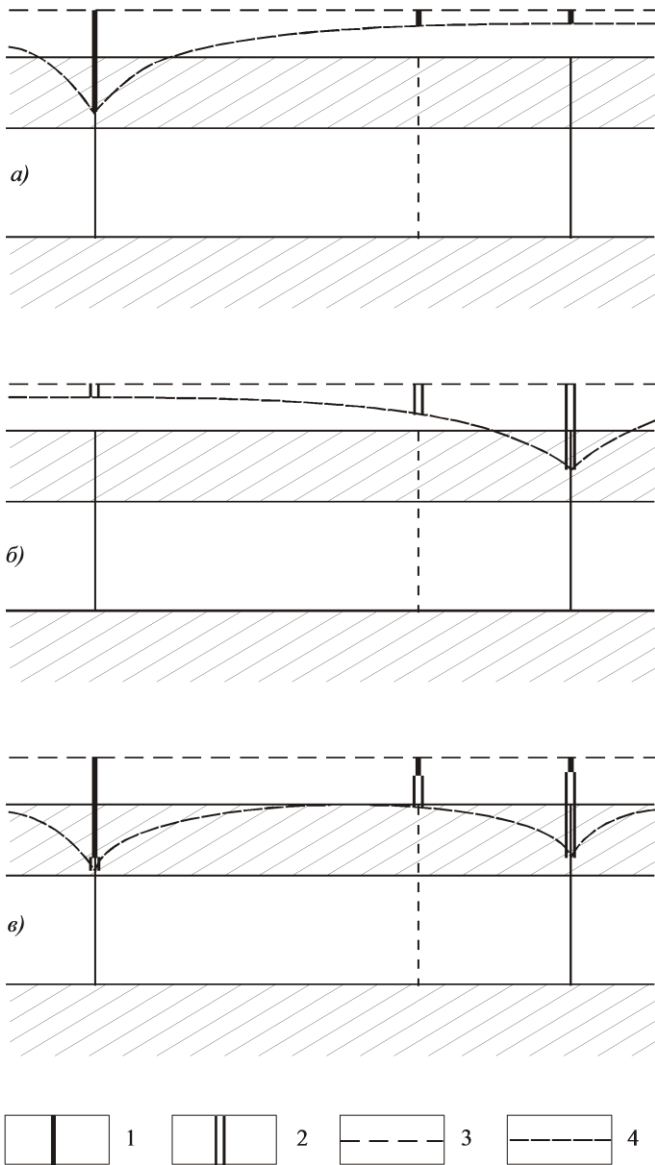


Рис. 1. Схема формирования понижений в системе взаимодействующих скважин:

1 – понижения, формирующиеся под влиянием западной скважины (а); 2 – понижения, формирующиеся под влиянием восточной скважины (б); 3 – статическое положение пьезометрической поверхности; 4 – динамическое (итоговое (в)) положение пьезометрической поверхности.

5.6. Допускается определение необходимых расстояний между скважинами графическим способом, путем непосредственных измерений на схеме. В этом случае следует оценить величину погрешности, которую вносит инструментальная методика.

5.7. Для надежного контроля выполненных вычислений следует составить таблицу исходных данных, промежуточных и окончательных результатов вычислений.

5.8. Выполнить расчет срезов уровней можно с использованием вычислительного шаблона UTD, составленного в среде электронных таблиц EXCEL.

В этом случае следует привести краткое описание порядка использования программы, результатами расчетов дополнить таблицу исходных данных. Обратит внимание на различие в расчетах понижений для эксплуатационных и наблюдательной скважины.

Описание работающей версии вычислительного шаблона приведено в приложении № 1.

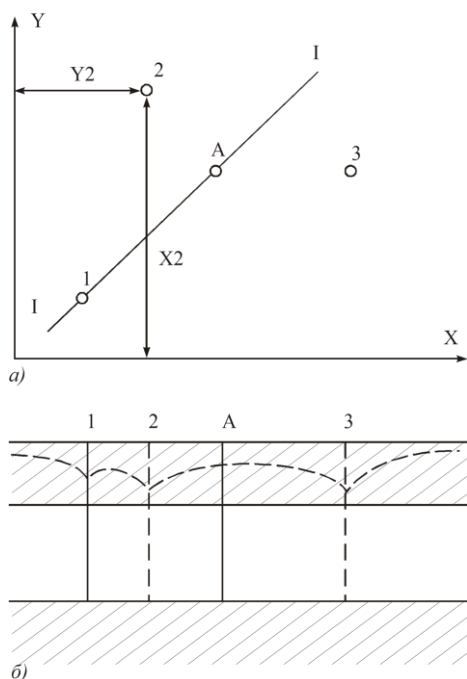


Рис.2. Схема расположения скважин (а) и схематический гидрогеологический разрез по линии I-I.

6. Интерпретация результатов расчетов

Для анализа работы системы взаимодействующих скважин необходимо сравнить понижения уровней в разных скважинах, возникающие во время эксплуатации водозабора. Оценить влияние продолжительности и интенсивности водоотбора на формирование понижения пьезометрической поверхности в нарушенных условиях.