**Расчет взаимодействия скважин по принципу "сложения решений"**

Р.С. Шенгелов

Вернемся к идее гидрогеодинамического расчета систем скважин по принципу "сложения решений". Очевидно, что при значительном числе скважин (а для крупных водозаборов оно может измеряться десятками) такие аналитические расчеты становятся слишком громоздкими. Как быть?

- при владении простыми навыками программирования нетрудно сделать небольшие программы для такого рода расчетов

- можно воспользоваться приемами приближенных аналитических расчетов систем скважин.

Покажем идею приближенных расчетов на примере упорядоченной КОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ скважин в виде линейного ряда в простейшей фильтрационной схеме (рис. 1):

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 1. Схема притока к линейному водозаборному ряду и к эквивалентной траншее |

- Ряд равномерный - шаг между скважинами постоянный, ,



- Ряд равнодебитный - дебиты скважин одинаковые, ,



- Режим фильтрации - стационарный,

- Две исходных предпосылки:

- граничные условия, обеспечивающие стационарный режим фильтрации, удалены от линии ряда более, чем на σ ;



- длина ряда существенно больше расстояния до границы (теоретически речь идет о ряде "неограниченной" длины).



При выполнении этих условий зона деформации линий тока вблизи скважин невелика и составляет 0.5σ в каждую сторону. За границами этой зоны поток имеет ЛИНЕЙНУЮ структуру - как будто поток идет к сплошной эквивалентной (по интенсивности водоотбора) траншее с удельным (на 1 м длины) расходом



Разница в уровнях и вызвана необходимостью расходования энергии для поворота линий тока к скважинам, т.е. является следствием реальной дискретности водоотбора.



Поскольку зона деформации локальна, то правомерен такой ход:

- сначала сделаем расчет для траншеи по простым зависимостям для линейных потоков,

- а потом введем поправку на дополнительные потери напора и получим уровни в скважинах.

Теоретически доказано, что разность не зависит от характера граничных условий и определяется общим выражением:



.



Символом обозначено собственное "внутреннее" сопротивление контурной системы - безразмерная величина, зависящая только от характеристик и :



.



Так как , то откуда



Вспомним из курса гидрогеодинамики: расход линейного в плане потока по единичной ленте тока Отсюда следует формальная аналогия: - это эквивалентная длина, т.е. такая длина планового потока с проводимостью , на преодоление которой затрачивается разность напоров Итак, можно записать:



или



Как использовать эти теоретические построения ?

Возьмем случай очень распространенной схемы водозабора - равномерный равнодебитный линейный ряд скважин, расположенный параллельно реке (рис. 2).

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 2. Расчетная схема линейного ряда у реки |

Для простоты построения расчетных формул будем считать , что фактически не так, однако принципиального значения это не имеет. Режим фильтрации - стационарный, так как при работе водозабора происходит инверсия русловой разгрузки естественного потока и в принципе возможно формирование привлекаемого потока из реки.



Для ПРИБЛИЖЕННОГО расчета воспользуемся вышерассмотренной моделью ряда "неограниченной" длины, заменив его водозаборной траншеей с погонным расходом:

(\*)



С другой стороны, мы уже знаем, что

,



что при сравнении с (\*) дает: .



Подстановка в (\*) дает окончательно:



Дальше всё зависит от того, ЧТО ЗАДАНО и ЧТО ХОЧЕТСЯ ПОЛУЧИТЬ.

ЗАДАНЫ всегда заявленная потребность и допустимое понижение. Часто заранее задано удаление ряда от реки (по условиям строительства и землепользования). Естественно, что всегда должны быть известны параметры .



ОПРЕДЕЛИТЬ же чаще всего нужно, сколько потребуется скважин () и как их расставить (шаг между скважинами).



Если не ограничивать возможную производительность одной скважины (но не выше ), то решений великое множество.



Действуем так:

- берем разные (по маркам насосов),



- получаем разные величины ,



- решаем уравнение относительно .



При этом будет получаться разная длина ряда (рис. 3).



|  |
| --- |
|  |
| Рис. 3 |

Далее нужно выбрать (с заказчиком и проектировщиками) - что лучше:

много скважин и короткий ряд или поменьше скважин, но длиннее ряд.

Не исключено, что длина ряда будет ограничена (землеотвод, условия строительства, санитарно-охранные соображения ) некоторой предельно допустимой величиной .



Могут быть и другие варианты:

· задана производительность одной скважины (по марке насоса с учетом местного опыта эксплуатации водозаборов, состава и строения водовмещающей толщи и др.) - следовательно, количество скважин предопределено. В этом случае логично минимизировать длину ряда, т.е. найти минимальный шаг;



· если положение ряда относительно уреза не лимитируется, полезно исследовать, как зависит возможная длина ряда (или необходимое количество скважин ) от удаления от реки ;



· и т.д.

Заметим, что в большинстве случаев в этих расчетах придется столкнуться с необходимостью решения трансцендентных уравнений. Это неплохая возможность для желающих повысить свою компьютерную подготовленность - численные методы решения таких уравнений достаточно широко разработаны.

Однако, уже пора задать ВОПРОС : почему же эти расчеты приближенные? Ведь все используемые зависимости имеют строгое гидрогеодинамическое обоснование.

Это так, но они справедливы для "неограниченной" длины ряда, т.е. для бесконечно большого количества взаимодействий скважин между собой. Как следствие - понижения во всех скважинах ряда одинаковые. Фактически же для ряда ограниченной длины это не так: на флангах понижения меньше, чем в средней части ряда; да и в целом понижения реально будут меньше. Такой расчет всегда дает завышение реально необходимого расстояния между скважинами; полученный результат следует использовать лишь как первое приближение для окончательного уточнения по "нормальным" аналитическим зависимостям. Степень погрешности расчета понижения в средней скважине реального ряда (обычно в первую очередь рассчитывают именно это понижение, поскольку оно самое большое и именно его надо сравнивать с допустимой величиной) существенно зависит от длины ряда - вернее, от количества скважин в ряду. Любознательным студентам рекомендуем провести небольшое исследование, сравнив результаты расчета по приближенной и точной методике.

ТОЧНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ для равномерного линейного ряда равнодебитных водозаборных скважин вдоль контура несовершенной реки построено на использовании

а) приема сложения решений (для учета взаимодействия скважин ряда),

б) приема зеркального отражения каждой действующей скважины относительно сдвинутого (на величину ) уреза реки (для учета граничного условия на контуре несовершенной реки).



Аналитическое решение для понижения в точке от действия одиночной скважины у прямолинейного контура несовершенной реки



,



где - радиальная координата точки относительно реальной скважины, - то же относительно отраженной скважины. Соответственно для "собственного" понижения в действующей скважине (т.е. при расположении точки M на ее стенке):



,



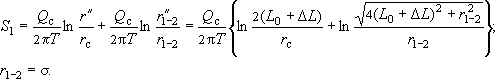
где



|  |
| --- |
|  |

(обоснование этих формул - с использованием приема "зеркального отражения" - студентам следует вспомнить из курса "Гидрогеодинамика").

Далее рассмотрим две взаимодействующие равнодебитные скважины, расположенные параллельно урезу реки. Очевидно, что понижения в них будут одинаковыми. Следуя принципу сложения решений, запишем понижение в скв.1 с учетом влияния скв.2 (рис. 4):



Для учета взаимодействия равнодебитных скважин в ряду:

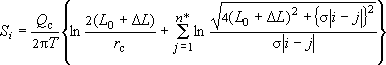


|  |
| --- |
|  |
| Рис. 4. Схема к расчету влияния скв.2 на точку расположения скв.1 |

При постоянном шаге формула для учета влияния всех скважин унифицируется:



.



(обратить внимание: нужно использовать модуль разности номеров скважин).

Это абсолютно точная формула, лучше считать по ней. Но относительно громоздко для "ручного" счета (а вот программируется она предельно просто). Поэтому где-то на ранних стадиях расчетов можно пользоваться более простыми, но приближенными расчетами.