

**Лекция: Уравнения плано-радиальной фильтрации в пластах с прямолинейными границами второго рода**

Влияние прямолинейных границ с граничными условиями первого и второго родов на гидродинамику потока учитывается методами суперпозиции и зеркальных отображений, последний был предложен Ф. Форхгеймером. Этот прием позволяет эквивалентно заменить гидродинамическое действие каждой границы действием фиктивных (зеркально отображенных относительно этой границы) скважин и свести сложную расчетную схему к более простой схеме бесконечного пласта, в котором работает система взаимодействующих реальных и фиктивных скважин. Режим работы последних определяется характером граничных условий, заданных на прямолинейных границах, и выбирается таким, чтобы сохранилась неизменной гидродинамическая сетка движения, отвечающая исходной реальной обстановке.

Если скважина работает в полуограниченном пласте на расстоянии  $L$  от прямолинейной границы постоянного напора ( $H_p = const, S_p = 0$ ), то ее действие учитывается заданием за контуром на расстоянии  $L$  от него фиктивной нагнетательной скважины, представляющей собой зеркальное отображение действующей (рисунок). Тем самым схема полуограниченного пласта заменяется расчетной схемой бесконечного пласта, в котором работают две скважины с одинаковым дебитом: одна в режиме откачки при  $S_0$ , другая в режиме нагнетания при минус  $S_0$  (рисунок). Нагнетательная скважина гидродинамически играет «питающую» роль в формировании водопритока к реальной скважине. Для такой расчетной схемы понижение в любой точке пласта определяется методом суперпозиции согласно уравнению

$$S_{\text{вл. А}} = \sum_1^n S_i.$$

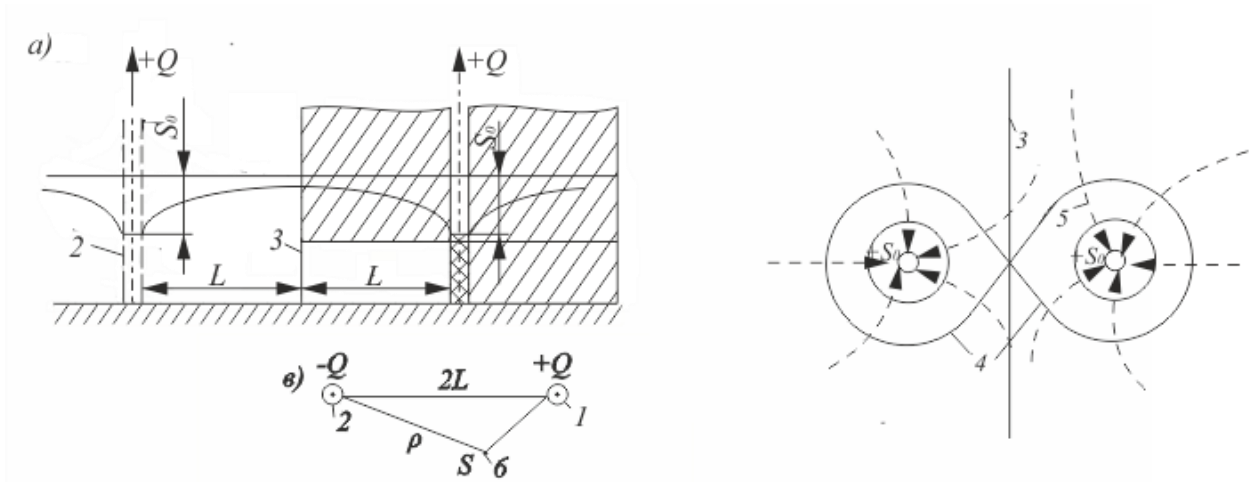


Рисунок – Скважина у прямолинейного непроницаемого контура

*a* – разрез через скважину нормально к границе; *б*– схематическая гидродинамическая сетка движения в плане; *в*– расчетная схема. 1, 2 – соответственно реальная и отображенная скважины; 3 – непроницаемая граница; 4 – линии напора; 5 – линии тока; 6 – расчетная точка

Если скважина работает на расстоянии  $L$  от прямолинейной непроницаемой границы (условие второго рода  $Q=0$ ), то ее гидродинамическое действие на приток воды к реальной скважине учитывают отображением относительно этой границы фиктивной скважины, работающей с тем же дебитом в режиме откачки (рисунок). Понижение в любой точке пласта находится из выражения

$$S_A = \frac{Q}{4\pi T} [W(u_1) + W(u_2)], \quad (1)$$

Если справедливо условие (3.6), то вместо (3.10) имеем:

$$S_A = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{2,25at}{\rho r}. \quad (2)$$

Понижение в скважине при  $r = r_{\text{СКВ}}$  и  $\rho = 2L$  из выражения (2) определяется следующим уравнением:

$$S_{\text{СКВ}} = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{2,25at}{r_{\text{СКВ}} * 2L}. \quad (3)$$

В этом случае, как видно из выражений (2) и (3), квазистационарная фильтрация в стационарную не переходит.

### Лабораторная работа № 13

#### «Расчет водозаборных скважин в полуограниченных пластах»

**Задание № 1.** В напорном водоносном горизонте на расстоянии  $l$  от прямолинейной границы запущена совершенная скважина, работающая с постоянным расходом  $Q$  л/сек. Мощность пласта 12 м. Коэффициент фильтрации пород 10 м/сут, коэффициент пьезопроводности  $5 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сут. Диаметр скважины 200 мм. Определить понижение уровня в скважине через  $t$  суток после начала откачки для случая, когда граница проницаема. Данные для расчета приведены в таблице.

	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l$ , м	300	400	700	500	600	400	300	500	800	600
$Q$ , л/сек	8	5	6	20	10	12	7	14	18	15
$t$ , сут	6	8	8	5	10	13	4	7	8	6

**Задание № 2.** В напорном водоносном горизонте на расстоянии 200 м от прямолинейной границы первого рода запущены две водозаборные скважины, работающие с постоянным расходом  $Q$  л/сек. Расстояние между скважинами 100 м.

Мощность водоносного пласта 10 м. Коэффициент фильтрации пород 12,5 м/сут; коэффициент пьезопроводности  $5 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сут.

Определить понижение уровня в скважинах с учётом влияние граничного условия первого рода. Данные для расчета приведены в таблице.

	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_1$ , л/сек	8	5	6	9	10	12	7	14	18	15
$Q_2$ , л/сек	6	8	8	5	10	13	4	7	8	6

**Задание № 3.** В напорном водоносном горизонте на расстоянии  $l$  от прямолинейной границы запущена совершенная скважина, работающая с постоянным расходом  $Q$  л/сек. Мощность пласта 24 м. Коэффициент фильтрации пород 15,5 м/сут, коэффициент пьезопроводности  $1,3 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сут. Диаметр скважины 200 мм. Определить понижение уровня в скважине через  $t$  суток после начала откачки для случая, когда граница непроницаема. Данные для расчета приведены в таблице.

	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l$ , м	500	800	1000	400	300	200	600	500	300	200
$Q$ , л/сек	8	5	6	20	10	12	7	14	18	15
$t$ , сут	30	90	180	50	100	365	120	30	80	600

**Задание № 4.** Определить понижение уровня в скважине. Скважина работает в пласте-квадранте с непроницаемыми границами, расстояние до границ пласта – 200 и 250 м. Параметры пласта следующие:  $a = 5 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сут,  $T = 100$  м<sup>2</sup>/сут. Время работы скважины – 6 месяцев, ее дебит равен  $Q$  м<sup>3</sup>/сут.

	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q$ м <sup>3</sup> /сут.	350	540	750	1500	800	1400	900	1200	850	1400

**Контрольные вопросы:** Каков гидродинамический смысл метода зеркальных отображений? Как в расчетах учитывается, если река как граница несовершенна? Получите уравнения для определения понижений в произвольной точке пласта и в одной из трех взаимодействующих скважин, расположенных в виде линейного ряда.