МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВНИИСПТ НЕФТЬ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДОПОНИЖЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

РД 39 - 0147103 - 397 - 87

г.Уфа

gost.e-ecolog.ru

Министерство нефтяной промышленности
МИНГ имени академика И.М.Губкина
ВНИИСПТнефть

УТВЕРЖДЕН
начальником Главтранснефти
В.Д.Черняевым
15 июня 1987 года

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДОПОНИЖЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

РД 39-0147103-397-87

1988

Методика расчета параметров водопонижения при ремонте магистральных нефтепроводов разработана на кафедре сооружения газонефтепроводов и хранилищ Московского института нефти и газа им. И.М.Губкина совместно с ВНИИСПТнефть.

При разработке методики использована современная информация о методах водопонижения в строительстве, изложенная в научно-технической литературе. Расчет параметров водопонижения можно производить на ЭВМ с использованием программы в методике.

Ответственный исполнитель аспирант Зайцев С.П.

Принимали участие в подготовке методики д.т.н. профессор Самойлов Б.В., к.т.н. доцент Березина И.В., с.н.с. ВНИИСПТнефть Нефедова Н.Ф.

Руководящий документ

Методика расчета параметров водопонижения при ремонте магистральных нефтепроводов

РД 39-0147103-397-87

Вводится впервые

Срок введения установлен с I.02.88

Срок действия до I.02.9I

Методика определяет порядок расчета параметров водопонижения при ремонте нефтепроводов на обводненных участках и является обязательной при разработке проектов на капитальный ремонт и при выполнении капитального ремонта магистральных трубопроводов на обводненных участках в системе Главтранснефти.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I Настоящая методика устанавливает порядок расчета параметров водопонижения при ремонте магистральных нефтепроводов различных диаметров, проложенных на болотах и влагонасыщенных грунтах.

I.2 Методика предназначена для определения количества устройств и механизмов для понижения уровня грунтовых вод.

I.3 Основным параметром при расчетах является коэффициент фильтрации грунта К.

I.4 Выбор способа и схемы водопонижения принимается в зависимости от характеристик водонасыщенности грунта и скорости фильтрации.

2. ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСЧЕТА

2.1 Определение общего дебита водопонизительной установки, а для контурных систем скважин и среднего удельного дебита по контуру водопонизительной установки при заданных сниженных уровнях грунтовых вод.

2.2 Определение общего количества скважин водопонизительной установки при заданном дебите одной скважины, соответствующей производительности выбранного насосного оборудования.

2.3 Рациональное размещение скважин по контуру водопонизительной установки в плане.

2.4 Определение общей глубины скважины.

2.5 Проверка понижения уровня грунтовых вод в самих скважинах, находящихся в наиболее неблагоприятных условиях.

3. СПОСОБЫ ПОНИЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ОСНОВНЫЕ ВОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТА

3.1 При ремонте нефтепроводов на обводненных участках эффективным технологическим решением может быть искусственное понижение уровня грунтовых вод.

3.2 Для ремонта нефтепроводов понижение уровня грунтовых вод может производиться двумя способами;

- открытым водоотливом;
- иглофильтрованием.

3.3 Основным параметром, характеризующим водопроницаемость грунтов, является коэффициент фильтрации К, который представляет собой скорость фильтрации при градиенте напора равном единице.

$$V = K \cdot J \qquad (I)$$

где J - градиент напора;

V - скорость фильтрации;

K - коэффициент фильтрации.

3.4 Коэффициент фильтрации зависит от свойств грунта и фильтрирующей воды. Размерность коэффициента фильтрации, совпадает с размерностью скорости течения грунтовых вод, см/с, м/сут, м/год.

3.5 Для характеристики фильтрационных свойств водонасыщенных грунтов наряду с коэффициентом фильтрации используется коэффициент водопроводимости:

$$T = K \cdot m, \qquad (2)$$

где m - средняя мощность водоносного горизонта.

3.6 Коэффициент водопроводимости измеряется в $м^2$/сут и выражает способность водоносного горизонта мощностью и шириной I м фильтровать воду в единицу времени при напорном градиенте равном единице.

3.7 Способность пористой среды пропускать жидкости и газы при наличии перепада давления называют проницаемостью.

3.8 Коэффициент проницаемости связан с коэффициентом фильтрации следующим соотношением:

$$K = K_{пр} \cdot \frac{\gamma}{\mu}, \quad K = K_{пр} \cdot \frac{q}{\nu}, \qquad (3)$$

где $K_{пр}$ - коэффициент проницаемости;

γ - удельный вес жидкости;

μ - динамическая вязкость;

q - ускорение свободного падения;

ν - кинематическая вязкость жидкости, а его размерность совпадает с размерностью площади.

4. ОТКРЫТЫЙ ВОДООТЛИВ

4.1 Открытый водоотлив наиболее распространен при ремонте нефтепроводов, так как является простым в реализации и экономичным.

4.2 Схемы открытого водоотлива приведены на Рис. I.

4.3 Открытый водоотлив применяют в тех случаях, когда устойчивость разрабатываемых грунтов в котлованах и траншеях не вызывает сомнений.

4.4 Открытый водоотлив может применятся в сочетании с разными видами временных креплений котлованов и траншей.

4.5 Основными элементами открытого водоотлива являются: водосборные канавы, колодцы и насосные установки для откачки воды.

4.6 Для обеспечения надежной работы насосов они устанавливаются так, чтобы высота всасывания не превышала 4,5 м.

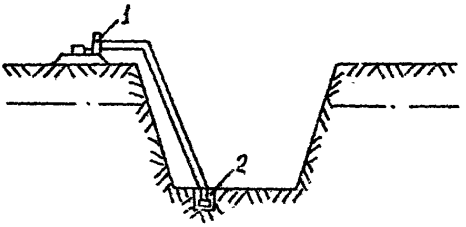
4.7 Каждая насосная установка открытого водоотлива должна иметь резервные агрегаты.

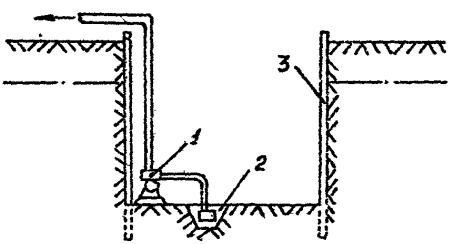
4.8 Для подсчета объема воды, поступающей в котлован, можно использовать приближенные величины фильтрационного притока воды на I $м^2$ для котлована:

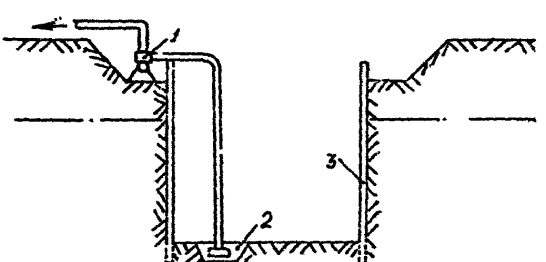
мелкие пески	0,05 – 0,16 $м^3/ч$;
среднезернистые пески	0,I – 0,24 $м^3/ч$;
крупнозернистые пески	0,3 – 3 $м^3/ч$;
Торф: малоразложившийся	0,I8 – 0,042 $м^3/ч$;
среднеразложившийся	0,042 – 0,0063 $м^3/ч$;
сильноразложившийся	0,0063 – 0,0042 $м^3/ч$.

4.9 Технические характеристики насосов, применяемых при водоотливе, даны в приложении 2.

Схемы открытого водоотлива







I – насос; 2 – зумпф; 3 – шпунт

Рис.I

5. ИГЛОФИЛЬТРОВЫЙ ВОДООТЛИВ.

5.1 Искусственное понижение уровня грунтовых вод иглофитровыми установками применяется в тех случаях, когда открытый водоотлив может нарушить структуру грунта и привести к оползанию откосов траншеи и котлованов.

5.2 Иглофильтровый способ искусственного водопонижения грунтовых вод осуществляется с помощью специальных установок, имеющих трубчатые водоприемники - иглофильтры.

5.3 Иглофильтры подключаются к всасывающему коллектору, соединенному с насосами для откачки воды и воздуха.

5.4 Верх иглофильтровой сетки рабочего звена должен быть заглублен под динамический уровень грунтовых вод не менее 0,6 м.

5.5 Расстояние между защищаемым контуром ремонтной траншеи (котлована) и водопонизительными устройствами должно быть минимальным, но достаточным для предотвращения фильтрационных деформаций грунтов и оплывания откосов ремонтной траншеи (котлована).

5.6 При иглофильтровом водопонижении могут использоваться одно- и двухлинейные, одно- и двухрядные схемы расположения иглофильтров вдоль контура.

5.7 В процессе водопонижения ремонтных траншей и котлованов выделяют два периода:

- период первоначальной откачки;
- период поддержания проектных уровней грунтовых вод.

5.8 В период первоначальной откачки система глубинного водоотлива эксплуатируется с целью снижения первоначальных естественных уровней грунтовых вод до проектных отметок. В условиях безнапорной фильтрации в период первоначаль-

ной откачки происходит осушение грунта выше проектных уровней свободной поверхности, в этом случае период первоначальной откачки называется периодом осушения грунта.

5.9 В условиях напорной фильтрации в период первоначальной откачки происходит снижение первоначальных напоров до проектных отметок, но грунт при этом не осушается. В этом случае период первоначальной откачки называют периодом разгрузки напорного горизонта.

5.10 Период поддержания проектных уровней грунтовых вод наступает после периода первоначальной откачки.

5.11 Расстояние между иглофильтрами при коэффициенте фильтрации до 3 м/сут не должно превышать 0,75 м.

5.12 Количество насосных агрегатов ЛИУ рассчитывают по расходу откачиваемой воды, который должен составлять не более 60 м^3/ч на один насос (с учетом резерва по производительности).

5.13 Для обеспечения необходимого понижения уровень воды в колодцах поддерживается ниже этого уровня.

6. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОГО ВОДООТЛИВА

6.1 Расчетная схема линейного водоотлива приводится на Рис. 2, 3, 4.

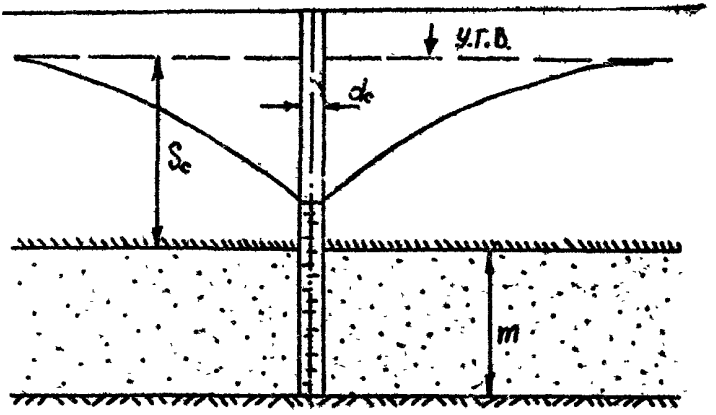
6.2 Для выполнения фильтрационных расчетов водопонижения рекомендуется наметить проектный вариант водопонизительной установки.

6.3 Оценка притока к водопонизительной установке для однородного безнапорного притока производится по формуле:

$$Q = K \frac{h_к^2 - h_д^2}{2 L_{ср}} \cdot B_{уч} \qquad (4)$$

где $h_к$ - глубина потока на контуре питания;

Расчетная схема линейного водостока
в напорных пластах



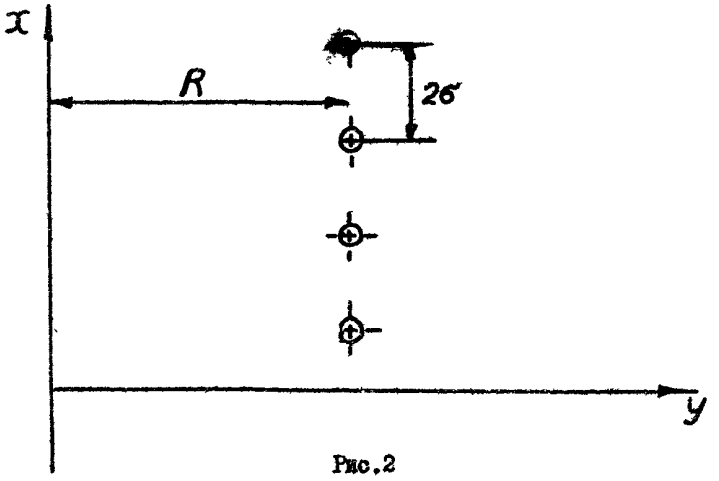


Рис.2

Расчетная схема водоотлива в безнапорных пластах

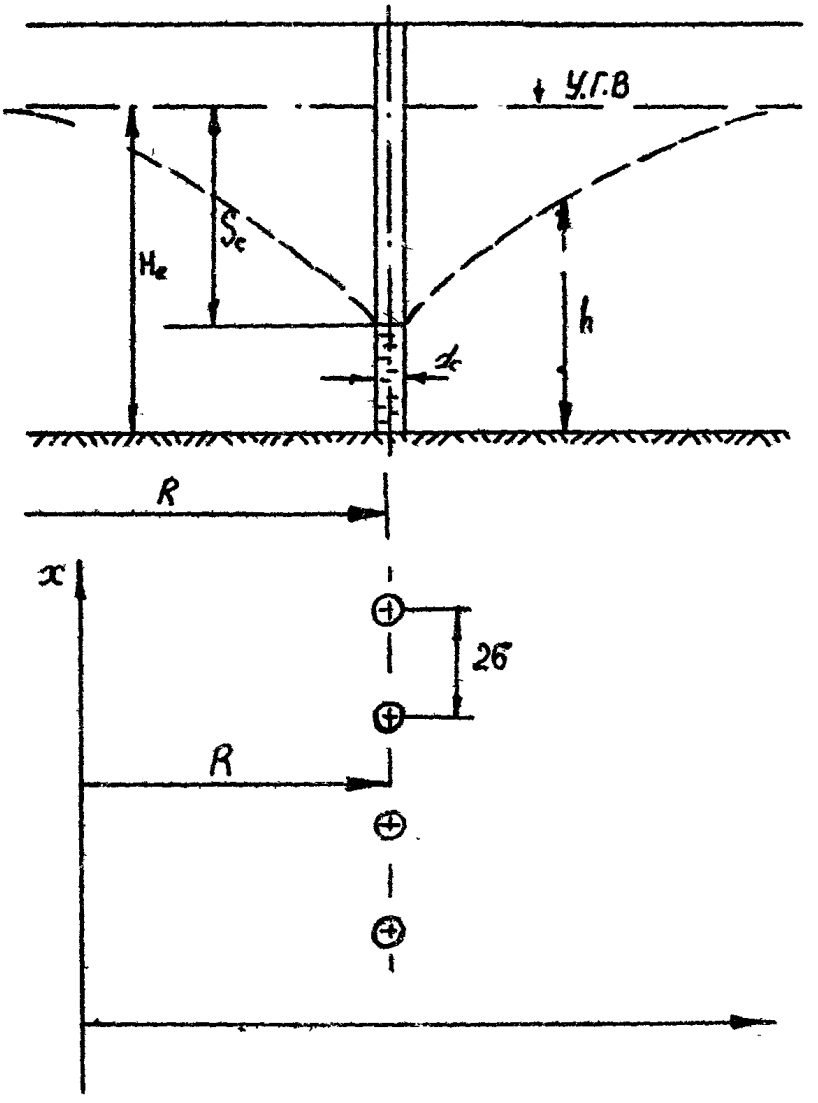


Рис.3

Расчетная схема несовершенной скважины
одиолинейной установки в напорном пласте

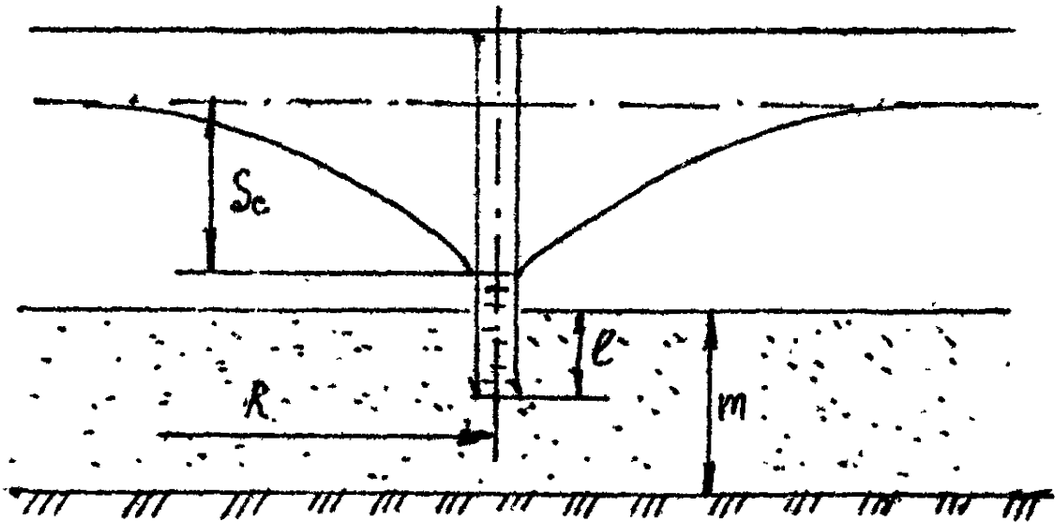


Рис.4

$h_к$ – глубина потока в траншеи (котловане) в пределах рассматриваемого участка;

$L_{ср}$ – среднее расстояние от участка водопонижения до контура питания;

$B_{уч}$ – длина рассматриваемого участка.

6.4 По полученному притоку в первом приближении подбирается насосное оборудование и задается число скважин.

6.5 Определив таким образом проектный вариант водопонизительной установки, можно перейти к его более детальному расчету.

6.6 Расчет притока воды к водопонизительным установкам для торфяных грунтов производится так же, как для типовых условий.

6.7 Под типовыми гидрогеологическими условиями понимается однородное в фильтрационном отношении строение водоносного пласта или такое строение, которое может быть приведено к однородному.

6.8 В типовых условиях для определения притока используется расчетная схема по способу большого колодца, согласно которому группа из n скважин приводится к эквивалентному колодцу, приток к которому будет соответствовать суммарному притоку к группе скважин.

6.9 Радиус такого колодца для сильно вытянутых в плане котлованов (траншей) определяем по формуле:

$$r_к = \frac{P}{2\pi}, \qquad (5)$$

где P – длина водопонизительного контура.

6.10 Общий приток к водопонизительной установке определяем по следующей зависимости:

$$Q = 2{,}73\,\frac{k \cdot m \cdot S_c}{\lg \frac{R}{r_a}} \qquad (6)$$

где S_c – понижение уровня воды в скважине;

R – радиус влияния водопонизительной установки;

k – коэффициент фильтрации;

m – средняя мощность водоносного горизонта.

6.II При расположении линейной водопонизительной установки совершенного типа вблизи контура питания определение притока к каждой скважине или к каждому иглофильтру производят по формуле:

в напорных пластах (Рис. 2.)

$$Q_e = \frac{2\pi k \cdot U_e}{\frac{R}{\sigma} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{2\sigma}{\pi d_e}} \qquad (7)$$

в безнапорных пластах (Рис. 3.)

$$Q_e = \frac{\pi \cdot k\, U_e}{\frac{R}{\sigma} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{2\sigma}{\pi d_e}}, \qquad (8)$$

где – K – коэффициент фильтрации;

2σ – расстояние между скважинами;

d_e – диаметр скважины;

R – радиус влияния водопонизительной установки;

U_e – напорная функция в самой скважине;

для напорных пластов

$$U_e = m S_e , \qquad (9)$$

где S_e – понижение уровня воды в скважине;

m – мощность напорного пласта;

для безнапорных пластов

$$U_e = \left(\frac{1}{2} H_e - S_e\right) S_e , \qquad (10)$$

где H_e – первоначальная мощность безнапорного пласта.

6.12 Для болотных торфяных грунтов расчет величины R производится из условия траншеи с круговой областью питания и определяется по формуле:

$$R = R_к - \frac{\delta^2}{R_к}, \qquad (11)$$

где δ – расстояние от центра большого колодца до центра круговой области питания;

$R_к$ – радиус круговой области питания.

6.13 Понижение уровня в произвольной точке пласта определяем по формулам:

в напорных пластах

$$U = \frac{Q_e}{4\pi k} \cdot \ln \frac{ch\frac{\pi(y+R)}{\delta} - \cos\frac{\pi x}{\delta}}{ch\frac{\pi(y-R)}{\delta} - \cos\frac{\pi x}{\delta}} \qquad (12)$$

в безнапорных пластах

$$\frac{Q_e}{2\pi k} \cdot \ln \frac{ch\frac{\pi(y+R)}{\delta} - \cos\frac{\pi x}{\delta}}{ch\frac{\pi(y-R)}{\delta} - \cos\frac{\pi x}{\delta}} \qquad (13)$$

где x, y – координаты произвольной точки;

U – напорная функция;

для напорных пластов $U = m \cdot S$

для безнапорных пластов $U = \frac{H_e^2 - h^2}{2}$

где S – понижение уровня в произвольной точке пласта;

h – мощность безнапорного пласта в произвольной точке.

6.14 Определение притока к каждому иглофильтру установки из несовершенных скважин определяем по формулам (Рис. 4.):

в напорных пластах

$$Q_c = \frac{2\pi k \cdot U_c}{\frac{R}{\sigma} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{2\sigma}{\pi d_c} + \xi} \qquad (I4)$$

в безнапорных пластах

$$Q_c = \frac{\pi k \cdot U_c}{\frac{R}{\sigma} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{2\sigma}{\pi d_c} + \xi} \qquad (I5)$$

где ξ – дополнительное сопротивление на несовершенство скважин, определяемое по формуле:

$$\xi = \frac{m}{2\ell} \left[2 \ln \frac{4m}{r_c} - f\left(\frac{\ell}{m}\right) \right] - 1{,}32 \ln \frac{m}{r_c} , \qquad (I6)$$

где ℓ – длина водоприемной части фильтра ;

$f\left(\frac{\ell}{m}\right)$ – значение функции, принимаемое по табл. I.

Значение поправок на несовершенство скважин предоставлено в табл. 2.

Таблица I

Значение функции $f\left(\frac{\ell}{m}\right)$

ℓ/m	0,2	0,4	0,6	0,8	I,0	0
$f\left(\frac{\ell}{m}\right)$	5,2	3,9	2,6	I,4	0	

Таблица 2

Значение поправок на несовершенство скважин

ℓ/m	Значение ξ при $\frac{m}{r_c}$									
	0,5	I	3	I0	20	I00	200	500	I000	2000
0,05	0,00423	0,I35	2,3	I2,6	35,5	7I,9	94	I26	I49	I69
0,I	0,00391	0,I22	2,04	I0,4	24,5	43,5	54,9	70,2	8I,8	93,5
0,3	0,00297	0,0908	I,29	4,79	9,2	I4,5	I7,7	2I,8	24,9	28,2
0,5	0,00I64	0,0494	0,656	2,26	4,2I	6,5	7,86	9,64	II	I2,4
0,7	0,000546	0,0I67	0,237	0,879	I,69	2,67	3,24	4,0I	4,58	5,I9
0,9	0,0000482	0,00I5	0,025I	0,I28	0,302	0,537	0,677	0,867	I,0I	I,I5

7. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦЕВОГО ВОДОПОНИЖЕНИЯ.

7.1 Решение задачи о притоке воды к кольцевой (контурной) водопонизительной системе той или иной формы в плане представляет большие трудности, поэтому при практических расчетах любые конфигурации кольцевых водопонизительных систем обычно приводят к эквивалентным в отношении водопритока круглым. Это делается с помощью "приведенного радиуса" r_0

7.2 Для различных контуров водопонижения существуют свои формулы при определении приведенного радиуса r_0 .

Для прямоугольной формы:

при $\frac{a}{b} \leq \frac{1}{25}$ $\quad r_0 = \frac{a+b}{4}$; (17)

при $\frac{a}{b} > \frac{1}{25}$ $\quad r_0 = \frac{b}{4}$; (18)

a и b – соответственно ширина и длина водопонизительной системы;

β – коэффициент, зависящий от отношения $\frac{a}{b}$ по табл. 3

Таблица 3.

Выбор значения коэффициента

$\frac{a}{b}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	I
β	I	I,I2	I,I6	I,I8	I,I8	I,I8

Для П – образной формы в плане:

$$r_0 = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}} \qquad (19)$$

Для Г – образной формы в плане:

$$r_0 = \sqrt{\frac{(a+b-c)c + 0{,}5(b-c)(a-c)}{\pi}} \qquad (20)$$

Для сложных форм:

$$r_к = \sqrt{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \ldots r_n} \qquad (21)$$

где $r_1, r_2, \ldots r_n$ – расстояние от центра тяжести водопонижения до середины его сторон и углов;

n – число характерных точек, для которых определяется расстояние r.

7.3 При расчете кольцевой системы водопонижения вертикального типа, приводим к окружности сначала реальный контур, по периметру которого расположены скважины. Далее расчет ведем по формулам взаимодействующих скважин, расположенных по окружности.

7.4 При наличии кругового контура питания определение дебита каждой скважины кольцевой водопонизительной установки из n скважин совершенного типа производится по формулам:

в напорных условиях (Рис. 5.)

$$Q_c = \frac{2\pi k M_c}{n \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{2b}{\pi d_c}} \qquad (22)$$

в безнапорных условиях (Рис. 6.)

$$Q_c = \frac{\pi k (H_c^2 - h_c^2)}{n \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{2b}{\pi d_c}} \qquad (23)$$

7.5 Приток воды к каждому иглофильтру кольцевой установки, состоящей из несовершенных скважин, расположенных по окружности, определяется в напорных пластах по формуле (Рис. 7.):

$$Q_c = \frac{2\pi k M_c}{n \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{b}{\pi r_0} + \frac{l}{b}} \qquad (24)$$

7.6 Дебит скважины несовершенной кольцевой установки в безнапорном пласте может быть определен как сумма дебитов из напорной и безнапорной зон, на которые условно разбивает-

Расчетная схема контурной установки совершенного типа в напорных условиях

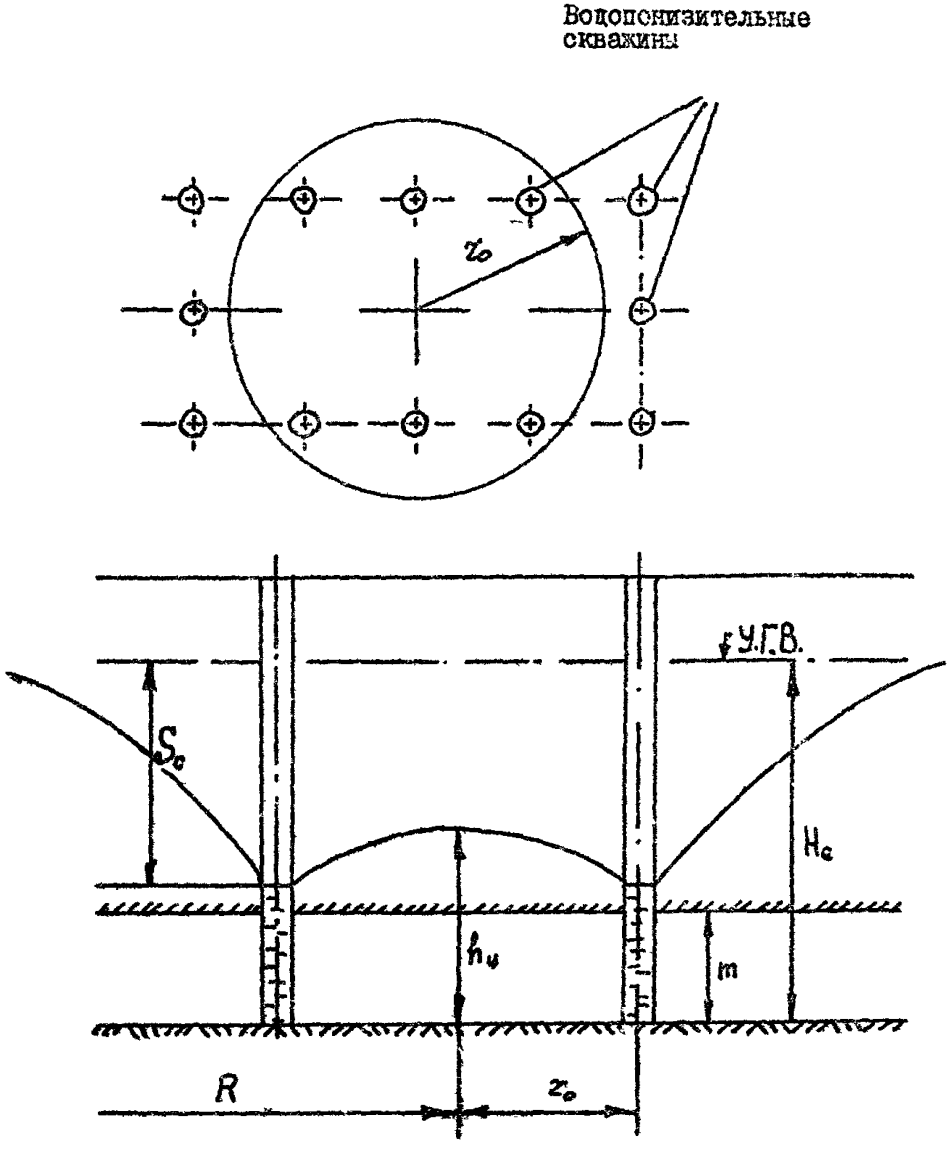


Рис.5

Расчетная схема контурной установки
совершенного типа в безнапорных условиях

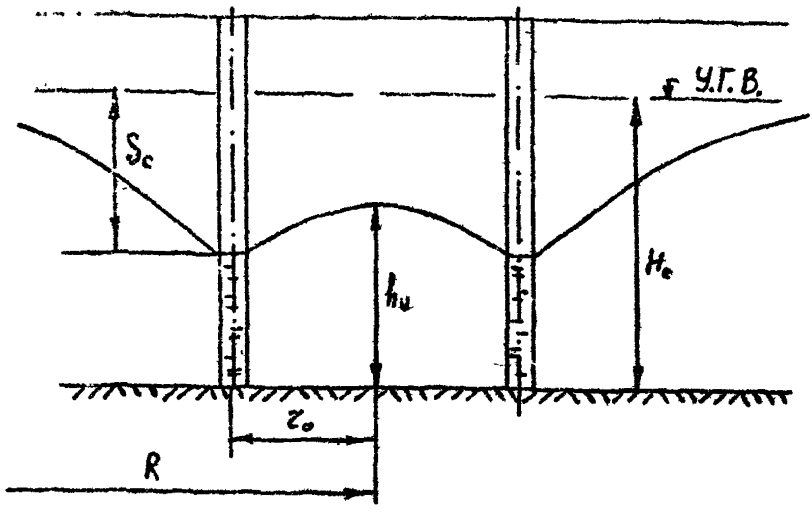


Рис.6

Расчетная схема контурной установки
несовершенного типа в напорных условиях

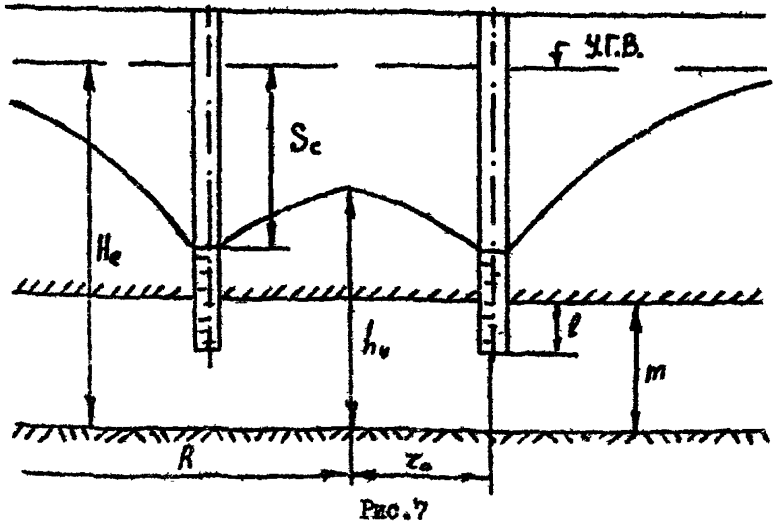


Рис.7

ся вся мощность пласта. Граница раздела этих зон проводится на середине столба воды в стволе скважины (Рис. 8.)
Общий приток к каждую скважину определяется по формуле:

$$\left\{ \frac{2H_e^* - S_e}{n \ln \frac{R}{r_o} + \ln \frac{2\sigma}{\pi d_c}} + \frac{2m^*}{n \ln \frac{R}{r_o} + \ln \frac{2\sigma}{\pi d_c} + \xi_o} \right\} \quad (25)$$

где $H^* = S_e + \frac{1}{2}\ell$ (26)

$$m^* = H_e + H_e^* = H_e - S_e - \frac{1}{2}\ell \quad , \quad (27)$$

где H_e^* – величина, характеризующая изменения водопонижения части игольфильтра.

При определении ξ вместо m в формулу необходимо подставить величину m^*.

7.7 Общий приток воды к кольцевой водопонизительной установке определяем по формуле:

$$Q_o = Q_e \cdot n \quad , \quad (28)$$

где n – число скважин.

7.8 При работе кольцевой установки внутри защищаемого контура образуется депрессионная поверхность с максимальным понижением в его центре.
Величина понижения уровня в центре дренируемого контура определяется по формулам:

в напорных пластах

$$S_u = \frac{Q_o}{2\pi k m} \cdot \ln \frac{R}{r_o} \quad (29)$$

в безнапорных пластах

$$S_u = H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r_o}} \quad (30)$$

Это понижение устанавливается внутри контуре уже на расстo-

Расчетная схема контурной установки несовершенного типа в безнапорных условиях

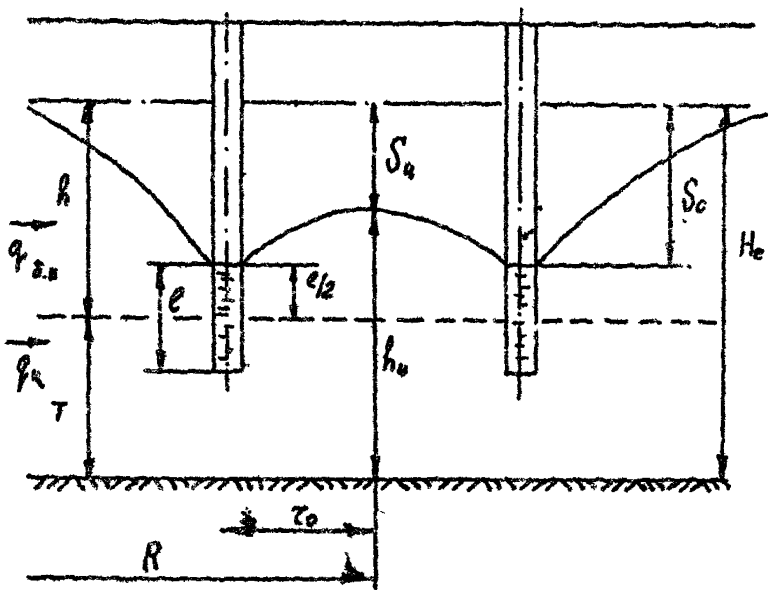


Рис.8

нии больше $\frac{1}{2}S$.

7.9 Для несовершенных скважин пониженный уровень подземных вод в центре осушаемого контура может быть найден по формуле П.П.Аргунова

$$h_y = \sqrt{H_e^2 - \frac{Q_o}{\pi k}\left(\frac{H_o - \ell}{\ell}\operatorname{arc\,sh}\frac{\ell}{r_o} - \frac{H_o - \ell}{\ell}\operatorname{arc\,sh}\frac{\ell}{R} + \ln\frac{R}{r_o}\right)} \quad (31)$$

7.10 Радиус влияния при питании водоносного горизонта за счет равномерной инфильтрации в пределах бассейна с интенсивностью ω величина радиуса влияния может быть приближенно определена по формуле:

$$R\sqrt{\lg R - \lg r_o - 0{,}217} = 0{,}66\sqrt{\frac{k}{\omega}(2H_e - S_c)S_c} - 0{,}5r_o \quad (32)$$

для кольцевой водопонизительной установки определяется методом подбора

$$R = \sqrt{\frac{k}{\omega}(2H_e - S_c)S_c} \quad (33)$$

7.11 Легкие иглофильтровые установки состоят из набора стандартного оборудования. При комплектации установок для конкретного объекта могут изменяться в определенных пределах только длины иглофильтров и всасывающего коллектора.

7.12 Исходя из конкретной гидрогеологической обстановки и методов производства работ параметры установки выбираются конструктивно без фильтрационных расчетов.

7.13 Фильтрационный расчет установок следует производить в том случае, когда возникает сомнение в достижении требуемого понижения уровня в характерных точках при значительной мощности водоносного горизонта.

7.14 При конструктивном выборе параметров легких иглофильтровых установок без фильтрационных расчетов (исходя из

гидрогеологических условий участка и схемы производства работ), для определения шага иглофильтров и определения длины всасывающего коллектора можно использовать таблицы 4,5.

Таблица 4

Параметры расположения иглофильтров

Требующаяся величина понижения, в м, для установок				Рекомендуемый шаг иглофильтров, в м, при насосных агрегатах		
Линейных		Кольцевых				
I-го яруса	2-го яруса	I-го яруса	2-го яруса	ЛИУ-5	ЛИУ-3	ЛИУ-2
4 - 3	3,5 - 2,5	4,5 - 4	4- 3,5	0,75	0,75	0,6
3 - 2,5	2,5 - 2	4 - 3,5	3,5- 3	0,75-I,5	0,75	I.2
2,5 - 2	2,5 - I,5	3,5 - 3	3 - 2,5	I,5-2,25	I,5	1,8

Таблица 5

Параметры расположения иглофильтров

Расстояние между иглофильтрами, в м	Рекомендуемая длина всасывающего коллектора, в м, для установок		
	ЛИУ - 5	ЛИУ - 3	ЛИУ - 2
0,75 - 0,6	55	40	20
I,5 - I,2	70	55	20
2,25 - I,8	75	60	20

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Метод определения коэффициента фильтрации по восстановлению уровня воды в скважине.

Для расчета величины коэффициента фильтрации предлагается несколько формул. Предлагаемые формулы являются экспериментальной зависимостью для определения коэффициента фильтрации методом восстановления уровня воды в скважине (Рис. 9).

Схема для определения коэффициента фильтрации методом восстановления уровня воды в скважине

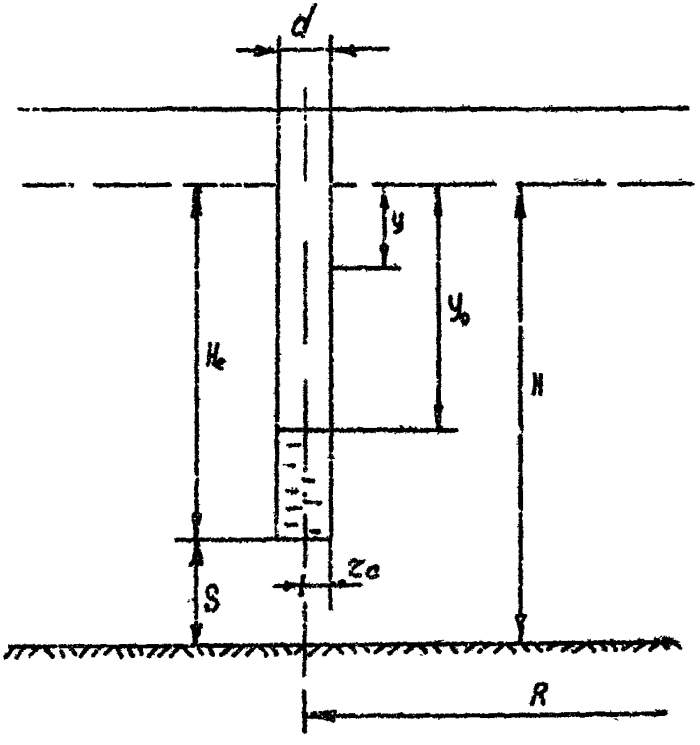


Рис.9

$$K = \frac{r}{2.6t}\left(lg\frac{y_0}{y} + 4{,}1\, lg\frac{3H_0 - y}{3H - y_0}\right) \quad (34)$$

$$K = \frac{3{,}5\,r^2}{(H_0 + d)\cdot t}\cdot lg\frac{y_0}{y} \quad (35)$$

$$K = 2{,}64\,\frac{r^2}{H_0}\, lg\frac{16H}{r}\, tgd \quad (36)$$

$$K = \frac{32{,}6\,r^2}{H_0 t}\, lg\frac{y_0}{y} \quad (37)$$

$$K = \frac{16{,}3\,r^2}{H_0 t}\, lg\frac{y_0}{y} \quad (38)$$

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:

d – диаметр скважины;

$$d = 2{,}3\, lg\frac{R}{r} \quad (39)$$

t – время восстановления уровня от первоначального понижения от y_0 до y;

y_0 – уровень воды в скважине после откачки;

y – уровень по истечению времени t;

H_0 – расстояние от поверхности грунтовых вод до водоупорного слоя.

$$tgd = \frac{lg\frac{y_0}{y}}{t} \quad (40)$$

r – радиус скважины.

9. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Линейная система водопонижения

Определить приток к водопонизительной установке, состоящей из двадцати скважин ($n_c = 20$) и расположенной в круговой области питания при $K = 4$ м/сут, $m = 6$ м, $S = 3$ м, $R = 100$ м

Прежде всего определим радиус большого колодца по формуле:

$$r_к = \frac{\rho}{2\pi} = \frac{100}{2\cdot 3{,}14} \approx 16м$$

Затем определяем величину

$$R = R_к - \frac{a}{R_к} = 100м$$

Предполагаем, что трещина проходит через центр круговой области питания, тогда $\delta = 0$.

Приток к установке составит:

$$Q = 2{,}73\,\frac{4.6.3}{\lg\frac{100}{16}} = 248{,}8\ м^3/сут$$

Дебит одной скважины составит

$$Q_c = \frac{Q}{n_c} = \frac{248}{20} = 12{,}4\ м^3/сут$$

Контурное водопонижение

Требуется рассчитать кольцевую вертикальную систему водопонижения несовершенного типа в безнапорном пласте при круговом контуре питания если дано:

коэффициент фильтрации — К = 2,5 м/сут

понижение уровня в скважине – S_c = 3 м

мощность водоносного пласта – H_e = 8 м

длина водоприемной части фильтра – ℓ = 1 м

радиус влияния водопонизительной установки – R = 100 м

приведенный радиус – $r_o = \frac{B}{4}$

количество скважин – n_e = 200

длина водопонизительной установки – B = 100 м

радиус скважины – r_c = 0,12 м

расстояние между скважинами – a = 10 м

Решение:

Определяем дебит каждой из взаимодействующих скважин, причем предварительно вычисляем H_e^* и ξ.

$$H_e^* = \frac{\ell}{2} + S_c = \frac{1}{2} + 3 = 3{,}5 \quad (м)$$

$$m^* = He - H_e^* = 8 - 3{,}5 = 4{,}5 \quad (м)$$

$$\xi = \frac{m^*}{2\ell}\left[2\ln\frac{4\cdot 4{,}5}{0{,}24} - 1{,}1\right] - 1{,}38 - \ln\frac{4{,}5}{0{,}24} = 3{,}42$$

$$Q_c = \pi k S_c \left[\frac{2He - S_c}{n \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{2b}{\pi d_c}} + \frac{2m^*}{n \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{2b}{\pi d_c} + \xi_0} \right] =$$

$$3{,}14 \cdot 2{,}5 \cdot 3 \left[\frac{2 \cdot 3{,}5 - 3}{2{,}0 \cdot \ln \frac{100}{2{,}5} + \ln \frac{10}{3{,}14 \cdot 0{,}24}} + \right.$$

$$\left. + \frac{2{,}0 \cdot 4{,}5}{2{,}0 \ln \frac{100}{2{,}5} + \ln \frac{10}{3{,}14 \cdot 0{,}24} - 0{,}17} \right] = 9{,}4$$

Суммарный дебит всей системы составит:

$Q = Q_c \cdot n = 9{,}4 \cdot 20 = 188$ м^3/сут

Понижение уровня грунтовых вод в центре системы водопонижения составит:

$$h_u = \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{\pi k} \left(\frac{He - \ell}{\ell} \operatorname{arc\,sh} \frac{\ell}{r_0} - \frac{He - \ell}{\ell} \operatorname{arc\,sh} \frac{\ell}{R} + \ln \frac{100}{2{,}5} \right)} =$$

$$= \sqrt{8^2 - \frac{188}{3{,}14 \cdot 2{,}5} \cdot \left(\frac{8-4}{4} \operatorname{arc\,sh} \frac{4}{2{,}5} - \frac{8-4}{4} \operatorname{arc\,sh} \frac{4}{100} \right) + \ln \frac{100}{2{,}5}} = 6{,}36$$

Приложение I

```
10 REM              ПРОГРАММА
20 REM           ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
30 REM           СИСТЕМЫ ВОДОПОНИЖЕНИЯ
40 REM       ВАРИАНТ ДЛЯ МЕТОДИКИ ОПТ. СИСТ. ТОР ОБОРУД. НАГ. НЕФТЕП
РОВОДОВ
50 REM        СОСТАВЛЕНА САМОЙЛОВЫМ Б.В.,ЗАЙЦЕВЫМ С.П.
60 REM          ВАРИАНТ   1   02/10/85
70 REM
80 REM K - КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ М/СУТ.
90 K=4
100 REM U - НАПОРНАЯ ФУНКЦИЯ
110 REM R - РАДИУС ВЛИЯНИЯ ВОДОПОНИЗИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, М
120 R=50
130 R=10
140 K1=4
150 REM R1 - ПРИВЕДЕННЫЙ РАДИУС ВОДОПОНИЗИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, М
160 REM S - ПОЛОВИНА РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИГЛОФИЛЬТРАМИ, М
170 S=1
180 REM D - ДИАМЕТР ИГЛОФИЛЬТРА ( СКВАЖИНЫ), М
190 D=0.05
200 REM N - КОЛИЧЕСТВО ИГЛОФИЛЬТРОВ В КОНТУРНОЙ СХЕМЕ
210 N=100
220 REM H - МОЩНОСТЬ ВОДОНОСНОГО СЛОЯ ( ГЛУБИНА БОЛОТА), М
230 H=3
240 REM P - ВЕЛИЧИНА ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ ИГЛОФИЛЬТРА,
М
250 P=2.5
260 REM W - ИНТЕНСИВНОСТЬ ИНФИЛЬТРАЦИИ
270 W=1
280 REM M - КОЭФФИЦИЕНТ ВОДООТДАЧИ
290 M=0.2
300 REM T - ВРЕМЯ, СУТКИ
310 T=10
320 REM Q - ДЕБИТ СКВАЖИНЫ ( ИГЛОФИЛЬТРА), М.КУБ./СУТКИ
330 REM L1 - ДЛИНА ТРАНШЕИ, М
340 L1=500
350 REM B1 - ШИРИНА ТРАНШЕИ, М
360 B1=5
370 W=50
380 SELECT PRINTOS
390 REM
400 REM ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
410 PRINT "МОЩНОСТЬ ВОДОНОСНОГО СЛОЯ ( ГЛУБИНА БОЛОТА)",H,"М"
420 INPUT H
430 PRINT "ВЕЛИЧИНА ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ ИГЛОФИЛЬТРА",P
,"М"
440 INPUT P
450 PRINT " КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ М/СУТ.",K
460 INPUT K
470 PRINT " КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ М/СУТ.",K
480 PRINT "РАДИУС ВЛИЯНИЯ ВОДОПОНИЗИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ВВОДИТСЯ ?"
490 PRINT "ЕСЛИ ДА, ВВЕСТИ ЗНАЧЕНИЕ РАДИУСА В М, ИНАЧЕ ВВЕСТИ 0"
500 INPUT R
510 IF R=0THEN530
520 GOTO 660
530 PRINT "РАДИУС ВЛИЯНИЯ БУДЕТ ОПРЕДЕЛЯТЬСЯ ДЛЯ СТАЦИОНАРНОГО РЕЖИ
МА ?"
540 PRINT "ЕСЛИ ДА, ВВЕСТИ ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИИ, ИНА
ЧЕ ВВЕСТИ 0"
```

```
550 INPUT W
560 IF W=0THEN600
570 PRINT "ИНТЕНСИВНОСТЬ ИНФИЛЬТРАЦИИ",W
580 R=SQR(K*(2*H-P)*P/(4*W))
590 GOTO 660
600 PRINT "КОЭФФИЦИЕНТ ВОДООТДАЧИ",M
610 INPUT M
620 PRINT "ВРЕМЯ, СУТКИ",T
630 INPUT T
640 P=1.5*SQR(K*0.8*H/M)
650 GOTO 660
660 PRINT "РАДИУС ВЛИЯНИЯ ВОДОПОНИЗИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ РАВЕН",R,"М"
670 PRINT "ПОЛОВИНА РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИГЛОФИЛЬТРАМИ, М",S
680 INPUT S
690 PRINT "ДИАМЕТР ИГЛОФИЛЬТРА (СКВАЖИНЫ), М",D
700 INPUT D
710 PRINT "РАСЧЕТ БУДЕТ ВЫПОЛНЯТЬСЯ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ИЛИ ЛИНЕЙНОЙ СИСТ
EMЫ ?"
720 PRINT "ЕСЛИ ДА, ВВЕСТИ КОЛИЧЕСТВО ИГЛОФИЛЬТРОВ, ИНАЧЕ ВВЕСТИ 0"
730 INPUT N
740 PRINT "КОЛИЧЕСТВО ИГЛОФИЛЬТРОВ",N
750 U=(2*H-P)*P/2
760 PRINT "НАПОРНАЯ ФУНКЦИЯ",U
770 IF N=0THEN1090
780 L1=N*S
790 PRINT "ДЛИНА ТРАНШЕИ, М",L1
800 INPUT L1
810 S=L1/N
820 PRINT "ПОЛОВИНА РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИГЛОФИЛЬТРАМИ, М",S
830 PRINT "ШИРИНА ТРАНШЕИ, М",B1
840 INPUT B1
850 R1=.25*(L1+B1)
860 PRINT "РАСЧЕТ ДЛЯ КОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ"
870 IF R>R1THEN960
880 PRINT "."
890 PRINT " "
900 PRINT "          ВНИМАНИЕ"
910 PRINT "РАДИУС ВЛИЯНИЯ ВОДОПОНИЗИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ",R," М"
920 PRINT "МЕНЬШЕ ПРИВЕДЕННОГО РАДИУСА ТРАНШЕИ",R1," М"
930 PRINT "  ПОГРЕШНОСТЬ РАСЧЕТА БУДЕТ ВЕЛИКА !!!!!!!!!!!!"
940 PRINT " "
950 PRINT " "
960 Q=(3.14*K*U)/(N*LOG(R/R1)+LOG((2*S)/(3.14*D)))
970 REM
980 GOTO 1070
990 M1=3.14*K*U
1000 M2=N*LOG(R/R1)
1010 M3=LOG((2*S)/(3.14*D))
1020 M4=R/R1
1030 M5=LOG(R/R1)
1040 M6=2*S/(3.14*D)
1050 PRINT "M1",M1,"M2",M2,"M3",M3
1060 PRINT "M4",M4,"M5",M5,"M6",M6
1070 REM
1080 GOTO 1120
1090 REM
1100 PRINT "РАСЧЕТ ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ"
```

```
1110 Q=(3.14*K*U)/(R/S*(1/3.14)*LOG((2*S)/(3.14*D)))
1120 PRINT "ДЕБИТ СКВАЖИНЫ (ИГЛОФИЛЬТРА), М.КУБ./СУТКИ",Q
1130 SELECT PRINTO5
1140 PRINT "            ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ"
1150 PRINT "       ДЛЯ РАСЧЕТА ВОДОПОНИЖЕНИЯ"
1160 PRINT "   С ПОМОЩЬЮ ИГЛОФИЛЬТРОВОЙ УСТАНОВКИ"
1170 PRINT " "
1180 PRINT "МОЩНОСТЬ ВОДОНОСНОГО СЛОЯ (ГЛУБИНА БОЛОТА),М",H
1190 PRINT "ВЕЛИЧИНА ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ,М",P
1200 PRINT "КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ М/СУТ.",K
1210 PRINT "РАДИУС ВЛИЯНИЯ ВОДОПОНИЗИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ РАВЕН,М",R
1220 PRINT "ДИАМЕТР ИГЛОФИЛЬТРА (СКВАЖИНЫ), М",D
1230 PRINT "ПОЛОВИНА РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИГЛОФИЛЬТРАМИ, М",S
1240 IF N=0THEN1310
1250 PRINT "ДЛИНА ТРАНШЕИ, М       ",L1
1260 PRINT "ШИРИНА ТРАНШЕИ, М",B1
1270 PRINT "КОЛИЧЕСТВО ИГЛОФИЛЬТРОВ",N
1280 PRINT "       РЕЗУЛЬТАТ"
1290 PRINT "РАСЧЕТА ДЛЯ КОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ"
1300 GOTO 1330
1310 PRINT "       РЕЗУЛЬТАТ"
1320 PRINT "РАСЧЕТА ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ"
1330 PRINT "ДЕБИТ СКВАЖИНЫ (ИГЛОФИЛЬТРА), М.КУБ./СУТКИ",Q
1340 REM
1350 REM НАХОЖДЕНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧКЕ
1360 PRINT "ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧКЕ Н
ЕОБХОДИМО ?"
1370 PRINT "ВВЕСТИ 1, ЕСЛИ ДА, ИЛИ 0 В ПРОТИВНОМ СЛУЧАЕ"
1380 X=.1
1390 Y=0
1400 INPUT X
1410 TRACE OFF
1420 IF X=0THEN1840
1430 PRINT "ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОПОНИЖЕНИЯ НАЧАЛО КООРДИНАТ В И
ГЛОФИЛЬТРЕ"
1440 PRINT "ОСЬ АБСЦИСС ПО РЯДУ ИГЛОФИЛЬТРОВ"
1450 PRINT "ОСЬ ОРДИНАТ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНА РЯДУ ИГЛОФИЛЬТРОВ"
1460 PRINT "ВВОДИТЕ АБСЦИССУ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧКИ, М"
1470 INPUT X
1480 PRINT "АБСЦИССА ТОЧКИ, М",X
1490 PRINT "ВВОДИТЕ ОРДИНАТУ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧКИ, М"
1500 INPUT Y
1510 PRINT "ОРДИНАТА ТОЧКИ, М",X
1520 Z1=3.14/S
1530 REM ZO - АРГУМЕНТ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО КОСИНУСА
1540 REM   ,ZO=Z1*(Y+2*R)
1550 ZO=Z1*(Y+R)
1560 PRINT "Z1",Z1,"ZO",ZO
1570 PRINT "Y",Y,"R",R,"Y+R",Y+R
1580 PRINT "ПЕРВЫЙ ЗАХОД В ПРОГРАММУ, АРГУМЕНТ ",ZO
1590 GOSUB 1780
1600 REM ПЕРЕХОД ДЛЯ ВЫЧИСЛ. ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО КОСИНУСА
1610 Z2=Z9
1620 REM   ZO=Z1*Y
1630 ZO=Z1*(Y-R)
1640 PRINT "Y",Y,"R",R,"Y-R",Y-R
1650 PRINT "ВТОРОЙ ЗАХОД В ПРОГРАММУ, АРГУМЕНТ ",ZO
```

```
1660 SELECT D
1670 GOSUB 1780
1680 SELECT D
1690 Z3=Z9
1700 Z4=COS(Z1*X)
1710 Z5=LOG((Z2-Z4)/(Z3-Z4))
1720 U1=Q*Z5/(6.28*K)
1730 PRINT "НАПОРНАЯ ФУНКЦИЯ","U1 ",U1,"Z5 ",Z5
1740 H1=SQR(H*H-1*U1)
1750 PRINT "МОЩНОСТЬ НАПОРНОГО ПЛАСТА","H1 ",H1
1760 REM
1770 GOTO 1850
1780 REM ПОДПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО КОСИНУСА
1790 Z9=.5*(EXP(Z0)-EXP(Z0))
1800 SELECT D
1810 PRINT "ВЫЧИСЛЕНИЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО КОСИНУСА"
1820 PRINT "АРГУМЕНТ",Z0,"КОСИНУС",Z9
1830 RETURN
1840 REM
1850 STOP
```

Приложение 2

НАСОСЫ ДЛЯ ОТКРЫТОГО ВОДООТЛИВА

Горизонтальные центробежные насосы

Таблица 5

Марка насоса	Ресурс до первого капит.ремонта	Мощность эл.двиг., кВт	КПД, %	Габариты, мм	Масса, кг
К 8/I8	20 000	I,5	53	768х257х32I	64
К 20/I8	20 000	2,2	65	788х257х32I	68
К 20/30	20 000	4,0	64	832х300х343	92
К 45/30	20 000	7,5	70	I030х332х4I3	II4

В марке насоса цифры, стоящие перед косой чертой, обозначают подачу насоса в $м^3/ч$, цифры, стоящие после косой черты – напор в м.

На практике широкое применение нашли самовсасывающие насосы. В их корпус заливают воду для первоначального запуска. При последующих запусках воду в насос не заливают (самовсасывающий): вода, необходимая для начала работы насоса, находится внутри него и не вытекает будучи перекрытой обратным клапаном. Марки насосов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Марка	Подача, $м^3/ч$	Напор	Двигатель и его мощность	КПД	Габариты, мм	Масса, кг
I	2	3	4	5	6	7
НЦС-I	I8-I30	20,5-8,3	Электродвигатель 4А II2М2, 7,5 кВт	I7,6-54,6	II5х390х665	250
НЦС-2	I8-I30	20,5-8,3	Бензиновый двигатель УД-2, 5,8 кВт	I7,6-54,6	I200х500х880	268
НЦС-3	8-60	2I,7-4,3	Электродвигатель 4А I00, 2,4 кВт	I9-50,2	II20х385х540	I50

1	2	3	4	5	6	7
НЦС-4	8-60	2I,7-4,3	Бензиновый двигатель УД-2МI, 5,8 кВт	I9-50,2	I050x500x880	I90
С-245	30-I00	I6	Т-62 ("Анцижанец")	52	I800x930xI225	830

Для откачек загрязненных вод применяют грязевые осушительные моноблочные насосы типа ГНОМ.

Эти насосы могут работать, находясь в вертикальном и горизонтальном положении, не требуют при своем запуске заливки водой, легко разбираются, что важно для ремонта на трассе. В таблице 7 приведены характеристики насосов.

Таблица 7

Марка	Мощность, кВт	КПД, %	Габариты, мм	Масса, кг
ГНОМ I0/I0	I,I	43	I78x2I0x450	2I
ГНОМ 25/20	4	46	260x327x600	58
ГНОМ 40/I6Т	5,5	46	327x260x660	76
ГНОМ 53/I0Т	4	46	295x270x600	58

В марке насоса цифры, стоящие до черточки, обозначают подачу в $м^3/ч$, цифры, стоящие после черточки-напор в м.

Для откачки воды из котлованов и траншей при небольших притоках грунтовой воды и при отсутствии силовой электроэнергии могут использоваться насосы бытового назначения. Они могут работать от сети однофазного тока или передвижной электростанции.

В таблице 8 приведены характеристики насосов

Таблица 8

Марка насоса	Подача, $м^3/ч$		Напор, м		Мощность двигателя, кВт	Габариты, мм	Масса, кг
ВЦН-I центробежный моноблочный "Агидель"	I,3	I,5	I3		0,34	2I5x325	9
ЦБН IМ центробежный бензиномоторный	цо	I0	I5		0,2	-	I2
АН I-К-6-М центробежный насосный агрегат	5	I4	I8,5	I2	I,5	660x392x600	35
ВЦН 3/I7		3	I7		0,4	226x340	II,5

Приложение 3

ИГЛОФИЛЬТРОВЫЕ УСТАНОВКИ

Легкие иглофильтровые установки типа ЛИУ предназначены для искусственного понижения грунтовых вод одним ярусом на глубину *А*-5 м в обводненных грунтах с коэффициентом фильтрации от 2 до 40 м/сут.

Для водопонижения создано несколько типоразмеров легких иглофильтровых установок (ЛИУ-2, ЛИУ-3, ЛИУ-4, ЛИУ-5 и ЛИУ-6), которые отличаются типом всасывающего насоса, количеством иглофильтров и размерами водосборного коллектора. Установки ЛИУ-5 и ЛИУ-6 серийно выпускаются Московским механическим заводом № 3 треста Сантехдеталь, установки ЛИУ-6 БМ Можайским экспериментально-механическим предприятием.

Техническая характеристика легких иглофильтровых установок типа ЛИУ

Показатель	ЛИУ-2	ЛИУ-3	ЛИУ-4	ЛИУ-5	ЛИУ-6 БМ	
					насос I	насос 2
Подача, $м^3/ч$	30	60	65	до I40	до I40	до 65
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	I0	I0	22	22	I0
Масса насосного агрегата, кг	3I3	350	420	550	738	575
Высота всасывания, м.вод.ст.	до 6	до 6	8	до 8	до 8	до 8
Полный напор, МПа	0,25	0,24	0,28	0,35	0,35	0,24
Диаметр водосборного коллектора (условный), мм				I50	I50	I50
Количество иглофильтров на одну установку, шт				I00	I00	I00
Диаметр напфильтровых труб, мм				33		38
Масса установки, кг				6983		8000

Приложение 4

Фильтрационные характеристики грунтов

Вид грунта	Коэффициент фильтрации Кф; м/сут	
Галечник без наполнителя	500	1000
Гравий с песком	50	150
Песок:		
крупный гравелистый	50	100
крупный	30	75
средний	5	25
мелкий	1	5
пылеватый	0,5	1
Супесь	0,1	0,5
Суглинок	0,005	0,1
Глина		0,005
Торф:		
слаборазложившийся	1	5
среднеразложившийся	0,1	1,0
сильноразложившийся		0,1

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Задачи фильтрационного расчета 4
3. Способы понижения грунтовых вод и основные водные характеристики грунта 4
4. Открытый водоотлив 6
5. Иглофильтровый водоотлив 8
6. Расчет параметров линейного водоотлива 9
7. Расчет параметров кольцевого водопонижения 17
8. Определение коэффициента фильтрации в полевых условиях 24
9. Примеры расчета 26

Приложение 1. Программа определения параметров системы водопонижения 29
Приложение 2. Насосы для открытого водоотлива 33
Приложение 3. Иглофильтровые установки 36
Приложение 4. Фильтрационные характеристики грунтов 37

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДОПОНИЖЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

РД 39-0147108-397-87

Издание ВНИИСПТнефти

450055, г.Уфа, пр.Октября, 144/3

Подписано к печати 2.02.88г. П06116
Формат 90х60/16. Уч.-изд.л. 2,0 Тираж 140 экз.
Заказ 24
Ротапринт ВНИИСПТнефти

gost.e-ecolog.ru