



11. Цементирование скважин

Количество материалов для цементирования

1. Объем тампонажного раствора:

$$Vm = 0,785 [(kD^2 - d_n^2)L + d_b^2 l_{цс}]$$

Где:

k — коэффициент кавернозности (объемный коэффициент — отношение фактического объема скважины к номинальному);

D — номинальный диаметр скважины, м;

d_n — наружный диаметр колонны, м;

d_b — внутренний диаметр колонны, м;

L — длина участка заколонного пространства, заполняемого тампонажным раствором, м;

l_{цс} — длина цементного стакана, м.

2. Количество тампонажного материала:

$$Q = \frac{\gamma_{ц} (\gamma_p - \gamma_b)}{\gamma_{ц} - \gamma_b} Vm,$$

Где:

$\gamma_{ц}$, γ_b , γ_p , — плотность соответственно сухого цемента (или смеси), жидкости затворения и тампонажного раствора, г/см³.

3. Объем тампонажного раствора V_1 ,
приготовленного из 1т сухого цемента (смеси):



$$V1 = \frac{\gamma_{\text{ц}} - \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}} - m \gamma_{\text{ц}}}, \text{ (м}^3/\text{т)},$$

m — водоцементное (водосмесевое) отношение.

Тампонажные портландцементы по ГОСТ 1581-96

Классификация:

а) *По вещественному составу:*

I — тампонажный портландцемент бездобавочный;

I-G — тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,44;

I-H — тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,38;

II — тампонажный портландцемент с минеральными добавками;

III — тампонажный портландцемент со специальными добавками, регулирующими плотность цементного теста.

б) *По плотности:*

Об — облегченный;

Ут — утяжеленный.



Значение плотности цементного теста для цемента типа III, г/см ³			
облегченного		утяжеленного	
обозначение средней плотности	Плотность ± 0,04	обозначение средней плотности	Плотность ± 0,04
Об 4	1,40	Ут0	2,00
Об 5	1,50	Ут1	2,10
Об 6	1,60	Ут2	2,20
-	-	Ут3	2,30

в) По температуре применения:

- низких и нормальных температур (15—50)°С;
- умеренных температур (51—100)°С;
- повышенных температур (101—150)°С.

г) По сульфатостойкости:

а) типы I, II и III:

- обычный (требования по сульфатостойкости не предъявляют);
- сульфатостойкий (СС);

б) типы I-G , 1-N:

- высокой сульфатостойкости (СС-1);
- умеренной сульфатостойкости (СС-2).



Требования к физико-механическим показателям цементов типов I, II и III

Наименование показателя	Значения для цемента при температурах применения				
	низких и нормальных		умеренных и повышенных		
	тип I, II	тип III -Об	тип I, II	тип III -Об	Тип III -Ут
1. Прочность при изгибе, МПа, не менее, в возрасте:					
1 сут.	—	—	3,5	—	—
2сут.	2,7	0,7	—	1,0	2,0
2. Тонкость помола:					
остаток на сите с сеткой №008 по ГОСТ 6613, не более	12,0	10,0	15,0	12,0	12,0
удельная поверхность, м ² /кг, не менее	270	—	250	—	230
3. Водоотделение, мл, не более	8,7	7,5	8,7	7,5	10,0
4. Растекаемость цементного теста, мм, не менее, для цемента:					
Не пластифицированного	200	—	200	—	—
Пластифицированного	220	—	220	—	—
5. Время загустевания до консистенции 30Bc, мин, не менее			90		



Требования к физико-механическим показателям цемента типов I-G и I-H

Наименование показателя	Значение для цемента типов I-G и I-H	
	не менее	не более
1. Прочность на сжатие, МПа, через 8 часов твердения при температуре:		
38°С	2,1	—
60°С	10,3	—
2. Водоотделение, мл	—	3,5
3. Консистенция цементного теста через 15—30 минут режима испытания, Вс	—	30
4. Время загустевания до консистенции 100Вс, мин	90	120



Классификация цемента по спецификации API

Класс цемента по API	Водоцементное отношение		Плотность цементного раствора		Выход цементного раствора		Глубина скважины		Статическая температура
	Галлон/мешок	-	Фунт/галлон	Г/см ³	Галлон/мешок	М ³ /Т	фут	м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	5,2	0,46	15,6	1,87	8,83	0,784	0-6000	0-1830	27-77
B	5,2	0,46	15,6	1,87	8,83	0,784	0-6000	0-1830	27-77
C	6,3	0,56	14,8	1,77	9,87	0,876	0-6000	0-1830	27-77
D	4,3	0,38	16,4	1,97	7,85	0,697	6000- 12000	1830- 3660	27-127
E	4,3	0,38	16,4	1,97	7,85	0,697	6000- 14000	1830- 4270	27-127
F	4,3	0,38	16,2	1,94	7,85	0,697	10000-16000	3050- 4880	110-160
G (основной)	5,0	0,44	15,8	1,89	8,60	0,764	0-8000	0-2440	27-93
H (основной)	4,3	0,38	16,4	1,97	7,85	0,697	0-8000	0-2440	27-93
J (спец.)	4,8	0,42	15,4	1,84	8,26	0,733	12000-16000	3660- 4880	127-160



Бентонитово-цементные растворы (расчет компонентов для 100 кг цемента)

1. Вес бентонита (кг):

$$b = \frac{100(1 - \frac{P_{цр}}{3,15}) - (P_{цр} - 1)100m}{P_{цр}(\frac{1}{2,65} + z) - (z + 1)}$$

Где:

- $P_{цр}$** — плотность гельцементного раствора;
- m** — водоцементное отношение;
- z** — процент водонасыщения бентонита:
- $z = 5,3$** — для сухих смесей;
- $z = 21,2$** — для глинистых суспензий;
- $3,15$** — плотность цемента;
- $2,65$** — плотность бентонита.

2. Объем воды (л):

$$E = 100m + zb.$$

3. Объем раствора (л):

$$V = \frac{100}{3,15} + \frac{b}{2,65} + 100m + zb$$

Пример: Гельцементный раствор, приготовленный из бентонита и цемента ПЦТ1-50 с плотностью $P_{цр} = 1,50$ г/см³, $m = 0,5$, $z = 21,2$. Для 100 кг цемента:
3 кг (3%) бентонита,
113,6 л воды,
146,4 л гельцементного раствора.



Компонентный состав раствора для 100 кг цемента класса G

Предварительная гидратация бентонита

Процент бентонита	Процент воды	Плотность раствора
1	2	3
0,00	44,0	1,901
0,25	49,3	1,843
0,50	54,6	1,792
0,75	59,9	1,748
1,00	65,2	1,708
1,25	70,5	1,672
1,50	75,8	1,640
1,75	81,1	1,611
2,00	86,4	1,585
2,25	91,7	1,560
2,50	97,0	1,538
2,75	102,3	1,518
3,00	107,6	1,499
3,25	112,9	1,482
3,50	118,2	1,466
3,75	123,5	1,451
4,00	128,8	1,437

21,2 л воды на 1 кг бентонита



Сухая смесь

Процент бентонита	Процент воды	Плотность раствора
1	2	3
0	44,0	1,901
1	49,3	1,846
2	54,6	1,789
3	59,9	1,756
4	65,2	1,719
5	70,5	1,685
6	75,8	1,656
7	81,1	1,629
8	86,4	1,604
9	91,7	1,582
10	97	1,562
11	102,3	1,543
12	107,6	1,526
13	112,9	1,511
14	118,2	1,496
15	123,5	1,482
16	128,8	1,470
17	134,1	1,458
18	139,4	1,447

5,3 л воды на 1 кг бентонита



Требования к тампонажным растворам для цементирования обсадных колонн

Наименование показателей	Направление	Кондуктор	Промежуточная колонна	Эксплуатационная колонна	Обоснование требований
1	2	3	4	5	6
Плотность тамп. р-ра, кг/м ³					
нормальной плотности	1820-1850	1820-1850	1820-1850	1850-1910	Согласно данным градиентов гидроразрыва (поглощения)
облегченного	—	1500±40	1500±40	1500±40	
Растекаемость, см	16-22	16-22	16-22	16-22	Инструкция по креплению скважин ГОСТ 1581-96
Водоотделение р-ра, %, не более:					
норм, плотности	3,5	3,5	3,5	0	
облегченного	—	1,0	1,0	1,0	



1	2	3	4	5	6
Водоотдача р-ра норм, плотности $T = 22^{\circ}\text{C}$, $\Delta P = 0,7$, МПа, см ³ /30 мин при производстве ГРП без пр-ва ГРП	не предъявляются	не предъявляются	не предъявляются	не более 100 не более 150	Инструкция по креплению скважин
Время загустевания, мин	—	на 25% больше расчетного времени цементирования, но не менее чем на 30 и не более чем на 90 мин.			Инструкция по креплению скважин
Сроки схватывания, ч:					Необходимость набора прочности камня не менее 1,0 МПа при изгибе за время ОЗЦ
начало, не более	8	—	—	—	
конец, не более	12	—	—	—	



1	2	3	4	5	6
Реологические параметры р-ров:					Фактические показатели растворов Определены на приборе типа ВСН-3 при $T=22\pm 2^{\circ}\text{C}$
нормальной плотности h , мПа \cdot с t_0 , дПа	40—60 75—95	40—60 75—95	40—80 75—120	60—180 100—250	
Облегченного h , мПа \cdot с t_0 , дПа	—	20—50 40—100	20—50 40—100	20—50 40—100	
Прочность цем. камня норм. плотности при изгибе, Мпа не менее:					ГОСТ 1581-96, для промежуточных и эксплуатационных колонн требования на основе лабораторных данных
через 48 ч	$T=22^{\circ}\text{C}$ 2,7	$T=22^{\circ}\text{C}$ 2,7	$T=40^{\circ}\text{C}$ 3,0	$T=60^{\circ}\text{C}$ —	
через 24 ч	—	—	—	3,5	
Прочность цем. камня из облегчен, р-ра при изгибе, МПа, не менее через 48 ч		$T=22^{\circ}\text{C}$ 0,7	$T=22^{\circ}\text{C}$ 0,7	$T=35^{\circ}\text{C}$ 1,0	



ПОНЯТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЦЕМЕНТИРОВАНИИ

МЕШОК ЦЕМЕНТА — мешок весом 50 кг

ПЛОТНОСТЬ СУХОГО ЦЕМЕНТА — вес материала на единицу объема сухого цемента ($\text{т}/\text{м}^3$). Таким образом, насыпная плотность сухого цемента - это фактический объем материала плюс объем воздуха, захваченного между частицами материала. Величина используется для расчетов при приготовлении смеси и расчета стоимости транспортировки.

АБСОЛЮТНАЯ ПЛОТНОСТЬ — фактическая плотность частиц материала ($\text{г}/\text{см}^3$), которая также приблизительно равна удельному весу (γ которого нет единиц измерения).

АБСОЛЮТНЫЙ ОБЪЕМ — объем материала на единицу веса ($\text{м}^3/\text{т}$). Учитывается только фактический объем материала, без воздуха, захваченного между частицами материала. Таким образом, абсолютный объем - это объем, занимаемый только частицами материала, и может быть рассчитан исходя из абсолютной плотности или удельного веса.

ВОДОПОТРЕБНОСТЬ — нормальный объем воды — это количество воды, требуемое для приготовления цементной смеси с консистенцией 11 Вс, достигаемой через двадцать минут после затворения на воздухе. (Также встречается термин "Оптимальный объем воды")

— максимальный объем воды — это количество воды, требуемое для приготовления цементной композиции с максимальным содержанием свободной воды (1'/г%); определяется анализом водоотделения свободной воды в 250 мм стакане с делениями.



- минимальный объем воды — это количество воды, требуемое для приготовления цементной смеси с консистенцией 30 Вс, достигаемой через двадцать минут после затворения на воздухе.

NOWPOZ — стандартизированная зольная пыль, со средней абсолютной плотностью частиц 2200 кг/м^3 и насыпной плотностью $1,129 \text{ óл}^3$.

ГЕЛЬ — специально разработанная марка бентонита для цементирования нефтяных скважин.

ТИП РАСТВОРА - определяется тремя показателями.

- 1-й показатель - абсолютный объем зольной пыли;
- 2-й показатель - абсолютный объем цемента;
- 3-й показатель - процентное содержание геля от общего веса золы и цемента.

Пример:

2:1:8 — означает два абсолютных объема золы (583 кг/т), один абсолютный объем цемента (417 кг/т) и 8% геля от общего веса золы и цемента (80 кг/т).

Поэтому, одна тонна смеси 2:1:8 состоит из 1080 кг сухой смеси компонентов.

ВЕС РАСТВОРА — плотность раствора в кг/м^3 (фунтов/гал. США), определяемая фактическим весом компонентов смеси и воды и их абсолютными объемами.

Пример: для смеси 2:1:8 объем раствора составляет $1,303 \text{ м}^3$ на тонну сыпучего материала. Общий вес раствора ($1,303 \text{ м}^3$) составляет 1,956 т, из которых 583 кг - зольная пыль, 417 кг - цемент, 80 кг - гель и 876 кг - вода ($0,876 \text{ м}^3$). Плотность цементной смеси составляет $1,956 \text{ т}/1,303 \text{ м}^3$ или 1501 кг/м^3 ($12,5 \text{ \#/U.S. gal.}$)



ВЫХОД РАСТВОРА — объем раствора в м³ на тонну сухого цементирующего материала (или специальной смеси). При затвердевании объем раствора не изменяется ($\pm 1\%$) в зависимости от типа смеси и использованных добавок.

Пример: Выход цементной смеси 2:1:8 составляет 1,303 м³/т. Он определяется абсолютным объемом каждого из компонентов смеси: цемент - 417 кг/т занимает 0,132 м³, зола - 583 кг/т занимает 0,265 м³, гель - 80 кг/т занимает 0,030 м³ и вода - 876 кг/т занимает 0,876 м³ с общим объемом смеси 1,303 м³

ДОБАВКИ: Добавки применяются в процентном отношении от общего веса цементирующего материала (или специально разработанной смеси) за исключением хлорида натрия и хлорида калия, которые добавляются по весу воды. Следующие добавки используются для изменения свойств цемента:

Турбулизаторы	T-10, T-11
Понизители водоотдачи	D-19, D-20, D-21
Замедлители схватывания цемента	R-5, R-55
Ускорители схватывания цемента	CaСЬ, NaCl, KCl

ЦЕМЕНТНЫЕ СМЕСИ NOWSCO

В приведенных ниже таблицах даны свойства различных цементовочных материалов, которые необходимо знать для расчета объемов воды, выхода и плотности цементного раствора. Также приводится список свойств цементных смесей NOWSCO. Ниже даны объяснительные комментарии по используемым значениям.

Свойства цемента

Для расчета выхода и плотности цементного раствора используются абсолютный объем или абсолютная



плотность (удельный вес) цемента и объем воды. Удельный вес цемента класса «А» и класса «G» варьируется от 3,14 до 3,17, соответственно, за оптимальную среднюю величину принимается значение 3,15 для обоих классов цемента. Объем воды, требуемый для замеса цементов класса А и класса G дается по стандартам АНИ - 46% и 44% соответственно.

Смеси «Nowpoz»

В расчетах выхода цементных смесей «Nowpoz» принимается удельный вес зольной пыли 2,20, однако, при использовании готовых цементных смесей, в состав которых входит зольная пыль «Форестбург» выход рассчитывается с удельным весом 2,00. Это связано с тем, что под давлением многие пузырьки газа в зольной пыли лопаются, что приводит к увеличению удельного веса приблизительно до 2,2. Испытания под давлением ряда проб показали удельный вес под давлением в пределах от 2,1 до 2,3. По этой причине все смеси «Nowpoz» основываются на удельном весе 2,20. Объем воды, требуемый для приготовления этих цементных смесей, рассчитан с учетом 46% воды от общего объема золы в качестве оптимального объема воды для зольной пыли.

Гель-цемент

При расчете выхода гель-цементной смеси величина 2,63 принимается за удельный вес бентонита. Эта величина точно определена для чистого сухого бентонита, но, поскольку технические спецификации гель-цемента АНИ допускают до 12% влажности, то фактическая абсолютная плотность будет несколько ниже этой величины, что не окажет значительного влияния на расчет выхода раствора. Необходимый объем воды для геля определяется АНИ как 530% от общего веса геля. В некоторых случаях может возникнуть необходимость в дополнительном разбавлении раствора водой. Поэтому в таблице



приводятся показатели необходимого объема воды по АНИ из расчета 530% и 700% от веса гель-цемента.

Специальные смеси

Одна тонна специальной цементной смеси включает все материалы (цементные и нецементные) в зависимости от назначения смеси.

Для расчета выхода этих смесей необязательно используется оптимальный объем воды, а учитывается необходимый объем воды для получения требуемой консистенции и прочностных свойств.



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА И ЦЕМЕНТНЫХ ДОБАВОК

КОМПОНЕНТ	УДЕЛЬНЫЙ ВЕС	НЕОБХОДИМОЕ КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ, КГ/Т	ПЛОТНОСТЬ СУХОГО ЦЕМЕНТА, Т/М ³	АБСОЛЮТНЫЙ ОБЪЕМ, М ³ /Т
Цемент класса "А"	3,15	460	1,44	0,3175
Цемент класса "G"	3,15	440	1,44	0,3175
Nowroz (Зола)	2,20	460	1,12	0,4545
Гель	2,60	5300	0,96	0,3846
Солеустойчивая глина	2,50	5300	0,95	0,4000
Силикатная мука	2,63	285	1,12	0,3802
Цементное фондю	3,23	400	1,44	0,3096
Обожженная глина	2,60	395	1,335	0,3846
Гильсонит	1,07	333	0,80	0,9346
Барит	4,23	220	2,16	0,2364
Гематит	5,02	30	3,09	0,1992
N.S. 2000	0,37	1750	0,24	2,7027
N.S. 7000	0,70	650	0,40	1,4286
Гур-Сет (Гипсоцемент)	2,70	400	1,20	0,3704
Слюда	2,87	—	0,32	0,3484
Целлофановые хлопья	1,3/1,4	—	0,4	0,72/0,76
Песок(SFS)	2,63	—	1,720	0,3802



Хлорид кальция	1,96	—	0,81	0,5102
Вода	1,00	—	1,00	1,0000
Диатомовая земля	2,00	—	0,17	0,5000
Антралит	1,30	29,2-63,8	0,786	0,7692
Антрабридж	1,30	450 333	0,741	0,7692
Хлорид натрия (% содержания добавки по весу воды)	2,165	—	1,407	
5%				0,3067
10%				0,3201
15%				0,3316
18%				0,3377
20%				0,3413
25%				0,3492
30%				0,3552
35%				0,3594
37% (насыщенный)				0,3606



УСТАНОВКА ЦЕМЕНТНЫХ МОСТОВ - ЦЕМЕНТ КЛАССА "G"

Глубина, м	Статическая температура на забое, °С	Тцирк на забое °С	Забойно е давлени е, кПа	Вес раствора кг/м ³	Добавки, %			Водоотда ча, МЛ / МИН	Предел прочности На сжатие, кПа	
					R-5	D-15	T-10		16 ч.	24ч.
					6	7	8		9	10
610	21	23	10342	1901	—	—	0,75	6:00 +	3447	6895
				1977	—	—	1,00	5:00	10342	17237
				2097	—	—	1,00	3:30	13789	24131
1219	38	33	17926	1901	—	—	0,75	5:00	6895	10342
				1977	—	—	1,00	4:00	17237	24131
				2097	—	—	1,00	3:00	34474	—
1829	54	43	26890	1901	—	—	0,75	3:30	13789	18616
				1977	—	—	1,00	2:30	34474	34474
				1977	0,2	—	1,00	5:00	24131	—
				2097	—	—	1,00	1:30	41368	—
				2097	0,2	—	1,00	3:30	34474	—



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2438	71	54	35853	1901	0,2	—	0,75	4:30	17237	24131
				1977	0,2	—	1,00	3:30	34474	—
				2097	0,2	—	1,00	2:00	41368	—
				2097	0,3	—	1,00	4:00	34474	—
3048	88	68	44126	1901	0,2	—	0,75	3:00	34474	34474
				1901	0,3	—	0,75	4:30	27579	—
				1977	0,3	—	1,00	3:30	34474	—
				2097	0,3	—	1,00	2:30	41368	—
				2097	0,4	—	1,00	4:30	34474	—
3658	104	85	53090	1901	0,5*	—	0,75	4:30	27579	34474
				1977	0,6*	—	1,00	5:00	34474	—
				2097	0,7*	—	1,00	6:00	34474	—

* R-55; замедлитель схватывания цемента для использования при высоких температурах



ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ (РИР) - ЦЕМЕНТ КЛАССА "G"

Глубина ,м	Статическая температура на забое, °С	Тцирк На забое °С	Забойно е давлени е, кПа	Добавки, %			Время загустевани я [час/мин]	Водоотд ача, МЛ / 30 МИН	Предел прочности На сжатие, кПа	
				R-5	D-19	T-10			16 ч.	24 ч.
610	21	23	28958	—	0,5	0,75	6:00 +	35	1379	4137
1219	38	33	38611	—	0,5	0,75	6:00 +	35	4137	7584
1829	54	43	46195	—	0,5	0,75	6:00	35	8963	13789
2438	71	54	53779	—	0,5	0,75	5:00	35	13789	20684
3048	88	68	64811	—	0,5	0,75	3:30	50	20684	34474
				0,2	0,5	0,75	6:00 +	50	10342	20684
3658	104	85	81358	0,5	0,5	0,75	3:00 +	55	20684	34474
				0,5*	0,5**	0,75	5:30	70	10342	20684
				0,6*	0,5**	0,75	6:00 +	70	6895	13789

+ изменчивые данные. Показатели во многом зависят от партии цемента.

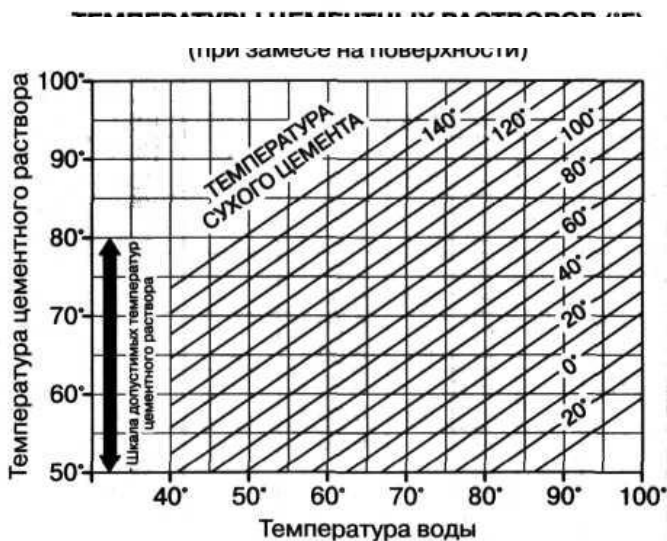
* R-55; замедлитель схватывания цемента для использования при высоких температурах

** D-21; понизитель водоотдачи цементного раствора для использования при высоких температурах



СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА

Приведенные ниже таблицы, составленные компанией Nowasco, применяются в качестве руководства при проведении работ по цементированию скважин в Канаде. Данные, представленные в таблицах, - это средние показатели свойств, полученные по цементу класса «G», который в настоящее время используется в западной Канаде (Canada Lafarge, Woodstock, Ontario класс «G»). Однако, возможны отклонения от приводимых данных в связи с условиями проведения цементирования, приготовления раствора, либо фактическими полевыми условиями. Учитывая, что все лабораторные исследования цементов проводились при температуре 27°C (80T), то приведенный ниже график поможет в определении температур цементных растворов в реальных полевых условиях.



Примечание: Несмотря на то, что приводимые ниже данные основываются на применении цемента класса «G», их также можно использовать для



приблизительного определения усредненных свойств цементного раствора на основе цемента класса «А». Однако, необходимо учитывать, что возможны большие отклонения от указываемых параметров при использовании цемента класса «А», так как к спецификациям этого типа цемента предъявляются менее жесткие требования, чем к цементу класса «G».

СОЛЯНЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Соль (NaCl) является добавкой многоцелевого назначения в цементировании нефтяных скважин. Помимо изменения времени загустевания цементного раствора она предотвращает загрязнение продуктивных пластов, способствует расширению и сцеплению цементного камня с породой и колонной, улучшает реологические свойства, предотвращает образование размывов в соляных куполах и способствует повышению плотности растворов.

Концентрация соли, и наличие специальных добавок определяет свойства раствора. Ниже приводится описание влияния концентрации соли на свойства растворов.

1. Влияние на время загустевания раствора

Соль может использоваться для изменения времени загустевания цементных растворов. В зависимости от концентрации она может действовать как ускоритель так и замедлитель схватывания цемента.

Концентрация соли в объеме 5-7% по весу воды позволяет достичь максимально быстрого затвердевания цемента. Концентрация 15 -18% не оказывает значительного эффекта на время загустевания, тогда как концентрация свыше 20% (по весу воды) действует как замедлитель схватывания цемента.

2. Улучшение реологических свойств

Присутствие соли в цементном растворе уменьшает вязкость, позволяя увеличивать плотность раствора и



уменьшая потери давления на трение в затрубье во время закачки раствора. Однако, при концентрациях до 18% соли (по весу воды) рекомендуется дополнительно использовать турбулизатор Т-10, поскольку соль не уменьшает вязкость раствора до уровня, необходимого для возникновения турбулентного потока. Не все соленасыщенные растворы (37% соли по весу воды) могут быть разжижены в достаточной степени для получения турбулентного потока. Для растворов с высокой концентрацией соли рекомендуется использовать турбулизатор Т-11 для обеспечения турбулентности, поскольку этот реагент совместим с растворами с повышенным содержанием соли в отличие от обычных дисперсантов.

3. Понижение водоотдачи

Хотя, применение соли незначительно влияет на водоотдачу (обычно в сторону уменьшения), этот эффект настолько минимален, что им можно пренебречь.

4. Изменение предела прочности на сжатие

Скорость гидратации, как и время загустевания, может быть увеличена или уменьшена в зависимости от концентрации используемой соли. Увеличивая скорость гидратации, снижается время приобретения раствором требуемой прочности на сжатие. При замедлении скорости гидратации, раствор приобретает необходимые прочностные характеристики за больший промежуток времени. Как правило, максимальный эффект влияния соли на прочностные характеристики цемента достигается при концентрации 5-7% соли по весу воды. В то время как концентрация 15 - 18% оказывает незначительный эффект на прочность на сжатие, а концентрация свыше 20% продляет время достижения прочности на сжатие, а также снижает предел прочности на сжатие приблизительно на 25 %.



Регулирование свойств цементов

Хлорид кальция — CaCl_2 г, водопоглощающий материал, производится в виде хлопьев, порошка и в гранулированной форме. Nowpro использует ангидритный 96% класс для всех видов цементирования. Диапазон применяемых концентраций составляет от 1 до 3% по весу цемента.

Хлорид натрия — NaCl , обычная соль кристаллической структуры, производится с высокой степенью чистоты.

Концентрация применения — 3-10% по весу воды, оптимальная концентрация, рекомендуемая для ускорения схватывания — от 5 до 7%. В качестве ускорителя эта соль менее эффективна, чем CaCl_2 .

R-55 является высокотемпературным замедлителем медленно схватываемых цементов. Обладает некоторыми турбулизирующими свойствами R-5, а в применении с D-20 и D-21 влияет на водоотдачу каждого компонента смеси.

Стандартная концентрация R-55 - менее 0,5% по весу цементной смеси. При аномально высоких температурах на забое совместно с применением силикатной муки для сохранения прочностных свойств цемента используется до 1% R-55, а при цементировании через ГНКТ - до 2%.

СМНЕС (карбоксиметил-гидроксиэтил целлюлоза) — является высокомолекулярным утяжеленным целлюлозным составом. СМНЕС может использоваться со всеми классами цементов по АНИ и цементными смесями Nowproz как в целях замедления схватывания, так и для контроля водоотдачи. Стандартная концентрация СМНЕС — 0-1,5% по весу цемента. Более высокие концентрации применяются



для замедления схватывания при высоких температурах (не совместим с CaC1r).

NaCl — соль; при использовании в составе затворяемой жидкости вызывает замедление схватывания цемента и продление времени загустевания. Применяется для замедления схватывания цемента класса А до глубин 3050 м (10,000 футов) и смесей Norwood до глубин 3650 м (12,000 футов).

К замедлителям схватывания относятся: сернистое железо в количестве 0,5—1,0% к массе сухого цемента, применяемое в интервалах температур 75—130° С.

В этом же интервале температур используют КМЦ в количестве 0,5—0,8% и ССБ до 1,0% к массе сухого цемента.

В интервале температур до 150—170°С и давлениях до 60—70 МН/м² применяют виннокаменную кислоту естественную ВК и синтетическую СВК в количестве до 1,25%.

При повышении температур до 170—200° С и тех же давлениях применяют комбинированный реагент ВКБК, состоящий из 1,25% ВК и 0,2—0,5% борной кислоты БК.

Для этих же условий можно применять смесь в количестве до 0,6% гипана и 0,3% бихромата калия или натрия к массе сухого цемента.



Оптимальные составы облегченного тампонажного раствора

№	Состав тампонажного раствора				Свойства тампонажного раствора и камня										
					Плотность кг/м ³	Растекаемость, м	Сроки схватывания, час/мин		Прочность цементного камня, МПа через			Расширение цементного камня, % через			
	ПЦТ, %	АСПМ, %	СаО, %	4% водный раствор СаСl ₂			начало	конец	2 сут	7 сут	14 сут	3 сут	7 сут	14 сут	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
При температуре 20 °С															
1	82	10	8	0,6	1540	0,22	4-15	5-50	3,2	4,4	4,8	0,20	0,25	0,25	
2	76	10	15	0,6	1500	0,21	3-35	4-40	2,6	3,9	4,4	0,26	0,35	0,35	
3	77	15	8	0,7	1420	0,23	4-05	5-50	2,4	3,2	3,8	0,18	0,25	0,25	
4	71	15	15	0,7	1410	0,23	4-10	5-10	1,8	2,2	2,8	0,24	0,30	0,30	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
При температуре -2 °С														
1	82	10	8	0,6	1540	0,22	5-45	7-10	1,3	2,8	3,2	0,11	0,14	0,14
2	76	10	15	0,6	150	0,21	6-30	7-20	1,6	2,5	3,0	0,14	0,16	0,16
3	77	15	8	0,7	1420	0,23	6-15	7-40	1,3	2,1	2,5	0,11	0,14	0,14
4	71	15	15	0,7	1410	0,23	6-40	7-45	1,2	2,2	2,8	0,13	0,15	0,15