

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОСНОВАНИЙ И
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИМЕНИ Н.М.ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ
ГЛИНИСТОЙ КОРКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОТИВО-
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС СПОСОБОМ "СТЕНА В
ГРУНТЕ"**

Москва - 1984

УДК 624. 184.16

В Рекомендациях приводится технология регулирования параметров глинистой корки в различных грунтах при строительстве сооружений способом "стена в грунте" с целью использования противодиффузионных свойств корки.

Глинистый раствор образует кольматационную зону грунта и глинистую корку на стенках траншеи в процессе ее разработки. Закольматированный грунт в контакте с глинистой коркой составляет глинистый экран, который является хорошим гидроизоляционным слоем.

Рекомендации разработаны в НИИОСП им.Н.М.Герсеванова авторским коллективом в составе: ст. инж. К.П.Кацов, ст. науч.сотр., канд.техн. наук А.А.Морозов, инж. Большаков, докт. техн. наук, проф. М.И.Сморodinov, одобрены секцией Научно-технического совета и рекомендованы к изданию.

Все замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просим направлять по адресу: 109389, НИИОСП.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации распространяются на технологию формирования глинистой корки в суглинистых, супесчаных и песчаных грунтах с размером частиц не крупнее 1,0 мм при строительстве противодиффузионных завес и подземных сооружений способом "стена в грунте".

1.2. Рекомендации разработаны для следующих условий: разность напоров, действующих на сооружение в период его эксплуатации не более 10 м; градиент напора $J \leq 500$.

1.3. Для приготовления глинистых растворов используют натриевые бентонитовые глины. Применение кальциевых бентонитовых глин допускается при введении химических реагентов, позволяющих переводить их в натриевые.

1.4. Глинистые растворы, применяемые при строительстве подземных сооружений способом "стена в грунте", предназначены: для удержания стенок траншеи от обрушения; для транспортирования бурового шлама при устройстве траншеи фрезерованием или бурением; для формирования кольматационного слоя грунта и глинистой корки.

1.5. Формирование глинистой корки на стенках траншеи происходит на границе раздела раствора с грунтом. На контакте с грунтом частицы бентонита связываются в плотный гель, который остается на стенках траншеи в виде водонепроницаемой глинистой корки.

1.6. Образующаяся на стенках грунта глинистая корка является гидроизоляционным слоем с коэффициентом фильтрации $10^{-5} + 10^{-6}$ м/сут. при начальном градиенте фильтрации $J_0 = 10-15$.

1.7. Проницаемость и толщина глинистой корки зависят от:
условий, в которых она формируется;
содержания глинистых частиц в растворе;
типа глин, из которыхготавливается глинистый раствор;
дисперсности глинистых частиц;
качества приготовления глинистого раствора.

Управлять проницаемостью и толщиной глинистой корки можно, изменяя содержание и свойства твердой фазы глинистого раствора и используя обработку его химическими реагентами.

2. ГЛИНИСТЫЕ РАСТВОРЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЮ

2.1. Глинистые растворы, применяемые при строительстве подземных сооружений и противофильтрационных завес способом "стена в грунте", обладают следующими особенностями:

тиксотропией, т.е. способностью загустевать при покое и разжижаться при перемешивании; способностью образовывать малопроницаемую глинистую корку на стенках траншеи; способностью удерживать во взвешенном состоянии частицы выбуренной породы; чувствительностью к действию химических реагентов.

2.2. Глинистые растворы, применяемые при строительстве подземных сооружений способом "стена в грунте", должны отвечать следующим требованиям: стабильность должна быть не более $0,02 \text{ г/см}^3$; суточный отстой - не более 8% по объему; водоотдача - не более 15 см^3 за 30 мин; условная вязкость 19-25 с; содержание песка - не более 8%; плотность при применении бентонитовых глин $1,05 + 1,15 \text{ г/см}^3$ и при применении местных глин $1,15 + 1,35 \text{ г/см}^3$.

Наилучшие показатели глинистого раствора достигают при максимальном диспергировании глины.

2.3. Для приготовления глинистых растворов рекомендуется применять натриевые бентонитовые глины. Эти глины обладают высокой набухающей в воде и дают возможность получения из них стабильных тиксотропных растворов.

2.4. Для улучшения показателей глинистых растворов последние обрабатывают химическими реагентами. Химические реагенты позволяют перевести кальциевые глины в натриевые. Наиболее часто применяемые неорганические реагенты - диспергаторы для обработки глинистых растворов приведены в табл. 1.

2.5. Глинисто-силикатные растворы готовятся из тонкодисперсных бентонитовых глин на основе силикатов натрия или калия плотностью $1,35 + 1,45 \text{ г/см}^3$.

2.6. Глинисто-силикатные растворы применяют для строительства подземных сооружений и противофильтрационных завес способом "стена в грунте" в суглинистых, супесчаных и песчаных грунтах с коэффициентом фильтрации в диапазоне $0,07-7 \text{ м/сут}$.

Таблица I. Основные неорганические реагенты для обработки глинистых растворов

Наименование реагента	Назначение реагента	Способ введения в раствор	Рекомендуемая дозировка, % от массы твердой фазы	Степень воздействия
Кальцинированная сода (Na_2CO_3)	Переводит кальциевые глины в хорошо набухаемые, легко диспергируемые натриевые	С водой затворения	0,25-1,5	Диспергатор твердой фазы
Каустическая сода (NaOH)	То же	То же	0,05-0,015	То же
Силикат натрия ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$)	"	"	2,0 - 4,0	"
Гексаметафосфат ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$)	Удаляет ионы кальция из раствора	"	0,05-0,1	"
Фтористый натрий (NaF)	Переводит кальциевую глину в натриевую	"	0,2 - 0,35	"

3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГЛИНИСТОЙ КОРКИ

3.1. При проектировании противофильтрационных завес и проведении фильтрационных расчетов необходимо учитывать противофильтрационные показатели глинистой корки.

3.2. Для глинистой корки как противофильтрационного материала определяют следующие показатели: коэффициент фильтрации материала глинистой корки k ; допустимый градиент напора J_d ; толщину глинистой корки δ_k .

При устройстве подземных сооружений и противофильтрационных завес способом "стена в грунте" необходимо создавать на стенках траншеи глинистую корку расчетной толщины (см. пп. 3.13 и 3.14 настоящих Рекомендаций), исходя из проектного градиента напора.

3.3. Толщина, коэффициент фильтрации и допустимый градиент напора глинистой корки зависят от технологии проведения работ по устройству подземных сооружений.

Технология регулирования параметров глинистой корки зависит от следующих факторов: типа глины для приготовления глинистого раствора; химического реагента для обработки глинистого раствора; дисперсности глинистых частиц в растворе; количества твердой фазы в растворе; времени формирования корки на стенках траншеи; разности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды; типа грунта, на котором формируется глинистая корка.

Варьирование этих факторов приводит к существенному изменению параметров глинистой корки.

3.4. Параметры глинистой корки зависят от тискоотропных свойств раствора, которые определяются типом глины, применяемых для приготовления раствора и дисперсностью глинистых частиц в растворе.

3.5. Образование водонепроницаемой корки возможно при использовании растворов, отвечающих требованиям п.2.2 настоящих Рекомендаций.

3.6. Обработки растворов химическими реагентами (см. табл. I) снижает проницаемость корки в результате пептизирующего действия реагентов.

3.7. Добавка силиката натрия в глинистые растворы позволяет уменьшить коэффициент фильтрации глинистой корки в 1,5–2 раза и повысить допустимый градиент напора в 3–5 раз. Зависимость скорости фильтрации от градиента напора для глинистых корок, сформированных

из ряда глины, приведена на рис. 1.

Рис. 1 График зависимости скорости фильтрации \mathcal{V} , см, в глинистых корках от градиента напора:

1, 1^I; 2, 2^I; 3, 3^I - глинистые корки, сформированные соответственно из глины кудинковского карьера, константинковского и махарадзевского бетоноцитов;

1, 2, 3-корки, сформированные из растворов, не обработанных химическими реагентами;

1^I, 2^I, 3^I-корки, сформированные из растворов, обработанных силикатом натрия (4% от массы глины).

Глинистые корки, сформированные из глинисто-силикатных растворов, содержащих силикат натрия в количестве 4-5% от массы глины обладают наименьшей водопроницаемостью. Такое количество добавки является оптимальным. При приготовлении растворов из местных глины, наряду с силикатом натрия, необходимо вводить фтористый натрий в количестве 0,3-0,5% от массы глины в растворе.

Примечание: I. Добавка силиката натрия в результате диспергации глинистых частиц способствует также повышению допустимого градиента напора за счет упрочнения связей между глинистыми частицами.

3.8. Допустимый градиент напора \mathcal{J}_g следует принимать равным

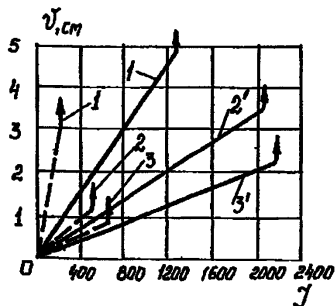
$$\mathcal{J}_g = \frac{\mathcal{J}_{кр}}{b},$$

где $\mathcal{J}_{кр}$ - критический или разрушающий градиент напора;

b - коэффициент запаса равный 2-4.

Так, например, для корки, сформированной на крупных песках, рекомендуется принимать $\mathcal{J}_g = 500$, так как $\mathcal{J}_{кр}$ составляет 2000-2500. Для корки, сформированной на средних и мелких песках, супесях и суглинках $\mathcal{J}_{кр}$ значительно больше, чем для корки на крупных песках. При расчете допустимых градиентов напора следует принимать значение \mathcal{J}_g , соответствующее корке, сформированной на крупных песках.

3.9. Толщина глинистой корки на поверхности стенок траншей увеличивается во времени. Характер изменения толщины глинистой кор-



ки и количества фильтрующей через корку воды, приведен на рис. 2 и 3.

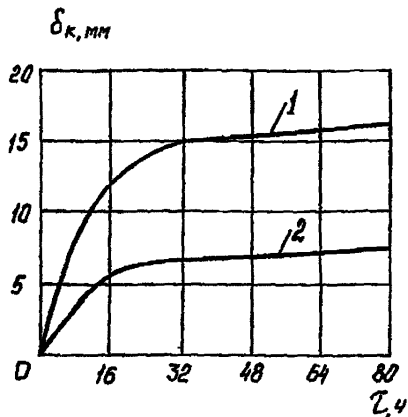


Рис.2. Изменение толщины глинистой корки δ_k , мм, во времени τ , ч : 1 - $\Delta P = 0,08$ МПа; $T = 27^\circ$; 2 - $\Delta P = 0,02$ МПа; $T = 17^\circ$

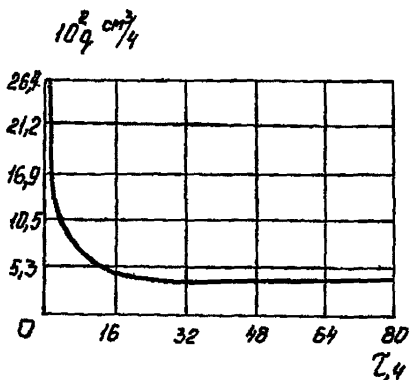
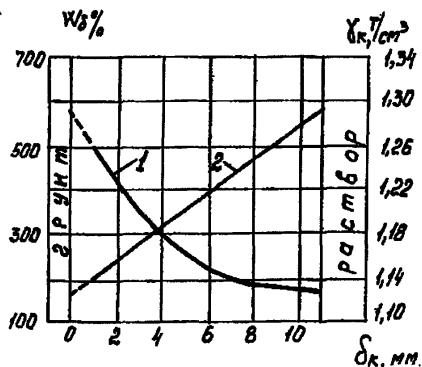


Рис. 3. Изменение количества фильтрующей воды q , см³/ч, через корку во времени τ , ч

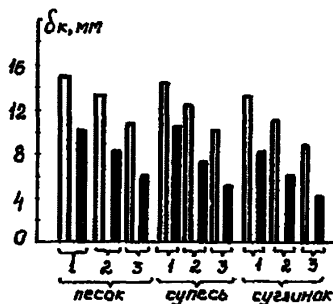
Примечание. Плотность и влажность по сечению глинистой корки не одинаковы. Характер изменения плотности и влажности по толщине глинистой корки приведен на рис. 4.

Рис. 4. Графики изменения плотности (1) и влажности (2) по толщине глинистой корки



3.10. Толщина глинистой корки, сформированной на разных грунтах, не одинакова при прочих равных условиях. Диаграмма изменения толщины глинистой корки в зависимости от вида грунта, на котором она формируется, приведена на рис. 5.

Рис. 5. Диаграмма изменения толщины глинистой корки δ_k , мм, в различных грунтах от разности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды ΔP и времени τ , ч : 1, 2, 3 — соответственно при ΔP , равном 0,08; 0,05 и 0,02 МПа (на диаграмме темные столбцы означают изменение толщины глинистой корки за 8 ч, светлые — за 24 ч).



3.11. Технология регулирования параметров глинистой корки осуществляется варьированием следующих показателей глинистого раствора: плотности, условной вязкости, содержания твердой фазы, а также времени формирования глинистой корки в зависимости от разности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды.

Разность гидростатических давлений ΔP глинистого раствора и грунтовой воды рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = \gamma (H_p \cdot \rho_r - H_g \cdot \rho_b), \quad (I)$$

где ΔP - разность гидростатических давлений, Па;
 γ - ускорение силы тяжести, m/c^2 ;
 H_p - напор глинистого раствора в границе до расчетного горизонта, м;
 ρ_r - плотность глинистого раствора, kg/m^3 ;
 H_g - напор грунтовых вод до расчетного горизонта, м;
 ρ_b - плотность воды, kg/m^3 .

Примечание. Остальные показатели глинистого раствора принимаются по п.2.2 настоящих Рекомендаций.

3.12. Толщину глинистой корки, сформированной на песке, определяют по формуле:

$$\delta_k^n = \Delta P (0,05\tau - 0,674) + \tau (0,019T - 0,204) - 0,139T + 5,415, \quad (2)$$

где δ_k^n - толщина глинистой корки на песке, мм;
 ΔP - разность гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды Па;
 τ - время формирования глинистой корки, ч (τ не более 24 ч);
 T - условная вязкость глинистого раствора, с

3.13. Изменения толщины и плотности глинистой корки, сформированной на песке, в зависимости от времени ее формирования, разности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды и условной вязкости раствора приведены на рис. 6 и 7.

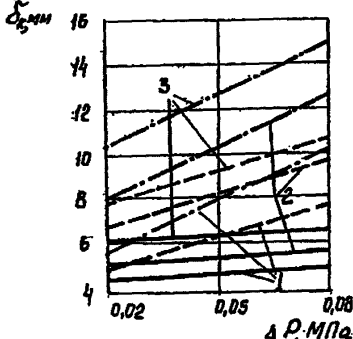


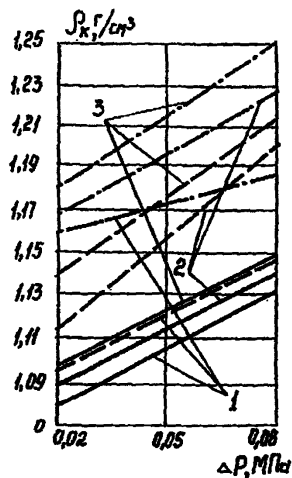
Рис.6. Изменение толщины глинистой корки δ_k^n , мм, в зависимости от времени ее формирования τ , ч, разности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды ΔP и условной вязкости раствора T , с: сплошные линии даны для $T = 17$ с, пунктирные - для $T = 22$ с; штрихпунктирные - для $T = 27$ с

3.14. Толщину глинистой корки δ_k^n , сформированной на супеси и суглинке, следует определять по формуле:

$$\delta_k^n = a \cdot \delta_k^n, \quad (3)$$

где a - коэффициент, равный 0,85;
 δ_k^n - толщина корки, сформированной на песке, мм.

Рис. 7. Изменение плотности глинистой корки ρ_k , г/см³, в зависимости от времени ее формирования τ , ч, резности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды ΔP и условной вязкости раствора T , с. Обозначения те же, что на рис. 6



8.15. На основании формулы /2/ находят время выдерживания раствора в течение τ или условную вязкость раствора T , необходимые для формирования глинистой корки с заданными параметрами.

Время формирования глинистой корки определенной толщины, при которой гидравлический градиент напора не превысит 1000, можно определить пользуясь табл. 2.

8.16. Условная вязкость и время формирования глинистой корки с заданными параметрами в зависимости от резности гидростатических давлений глинистого раствора и грунтовой воды определяют, пользуясь монограммой (рис. 8).

Таблица 2. Время формирования τ , ч глинистой корки определенной толщины δ_k , мм, при заданных условной вязкости T , с, раствора и напор H , м

Условная вязкость раствора T , с	Напор H , м											
	4			6			8			10		
	Толщина глинистой корки δ_k , мм											
	2-4	4-6	6-8	2-4	4-6	6-8	2-4	4-6	6-8	2-4	4-6	6-8
17	2-5	До 2	19-22	16-19	13-16	Применять не рекомендуется			Применять не рекомен- дуется			
19	2-4	До 2	14-17	10-14	7-10	2-4	23-26	19-23	То же			
22	2-4	До 2	9-13	5-9	2-5	18-22	14-18	10-14	Применять 20-24 не рекомен- дуется			
25	2-3	До 2	7-11	2-7	До 2	14-18	10-14	5-10	Применять 13-17 не рекомен- дуется			
27	2-3	До 2	5-8	2-5	До 2	12-16	8-12	3-8	18-23	10-14 14-18		

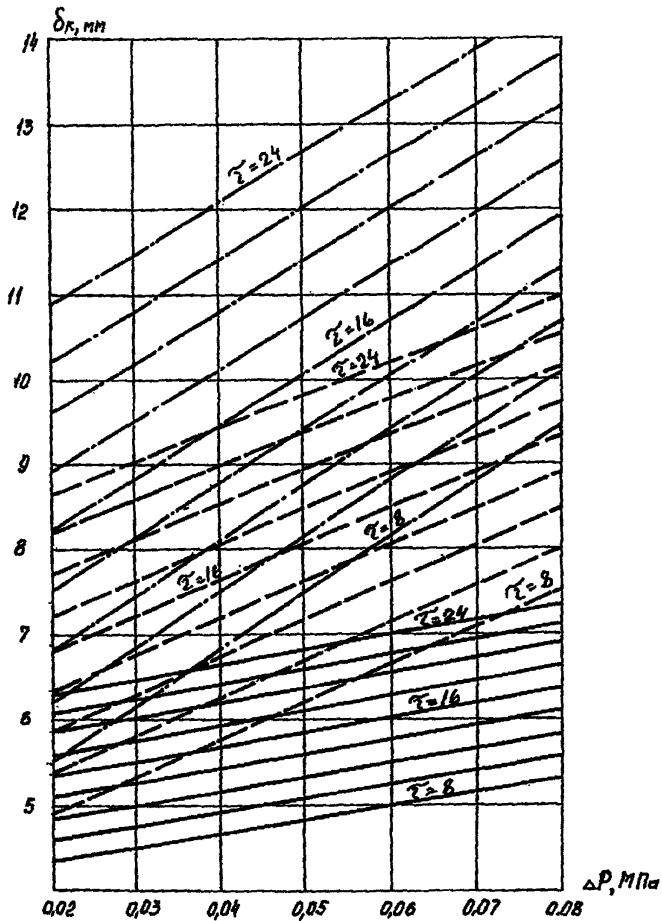


Рис. 8. Номограмма определения времени формирования глинистой корки при заданных значениях толщины δ_r , мм, и разности гидростатических давлений глинистого осадка и грунтовой воды ΔP . Обозначения те же, что на рис. 6

**ПРИМЕР РАСЧЕТА УСЛОВНОЙ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРА Т
И ВРЕМЕНИ τ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТОЙ КОРКИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ, В КОТОРЫХ ОНА
ФОРМИРУЕТСЯ**

Исходные данные следующие. Разность напоров ΔH , которая будет действовать на завесу во время ее эксплуатации; разность гидростатических давлений ΔP глинистого раствора и грунтовой воды, которая предварительно рассчитывается по формуле (1).

Зная разность напоров и допустимый градиент напора, определяют требуемую толщину глинистой корки по формуле:

$$\delta_k = \frac{\Delta H}{\gamma_d} \quad (4)$$

Необходимые значения условной вязкости раствора Т и времени формирования глинистой корки τ требуемой толщины находим по монограмме (см.рис.8). Зависимость толщины глинистой корки δ_k от условной вязкости раствора Т при каком-то определенном значении ΔP представлена семейством прямых с различным временем выдерживания раствора в траншее, имеющими разный угол наклона к оси δ_k .

Последовательность нахождения Т и τ следующая. Восстанавливаем перпендикуляры к осям абсцисс и ординат из точек с соответствующими значениями δ_k и ΔP . Пересечение перпендикуляров дает точку А, из которой проводят прямые, параллельные каждому из семейств прямых с соответственной условной вязкостью раствора Т до пересечения с вертикальной линией, показывающей время τ .
Например: $\Delta H = 6$ м; $\Delta P = 0,03$ МПа; $\gamma_d = 1000$.
Определим по формуле (4) δ_k , равную 6 мм.

Пересечение перпендикуляров, дает точку, которая показывает, что для заданных параметров необходим раствор с условной вязкостью Т = 17 с, при выдерживании его в траншее в течение 20 ч (см.рис.8, прямая А). Растворы с Т = 22 с и 27 с необходимо выдерживать в траншее соответственно 11 и 8 ч.

4. КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТОЙ КОРКИ

4.1. В процессе устройства подземных сооружений и противофильтрационных завес способом "стена в грунте" осуществляют систематический контроль за показателями глинистого раствора, толщиной и водопропускностью глинистой корки.

4.2. Пробы глинистого раствора отбирают батометром не реже чем один раз в смену и определяют следующие показатели: плотность, условную вязкость, содержание песка, стабильность, суточный отстой.

4.3. Контроль показателей глинистой корки на строительной площадке заключается в определении ее толщины, прибором КМ-1 (приложение).

Коэффициент фильтрации глинистой корки и допустимый градиент напора определяют в приборе для определения фильтрационных характеристик глинистых корок. Исследуемые образцы отбирают прибором КМ-1.

4.4. Контроль за толщиной глинистой корки осуществляют не реже чем один раз в смену. Толщину глинистой корки определяют с точностью ± 1 мм.

Приложение

Прибор КМ-1 для контроля толщины глинистой корки

Прибор КМ-1 применяется для получения образцов глинистой корки с целью определения ее показателей. Схема прибора дана на рис.9

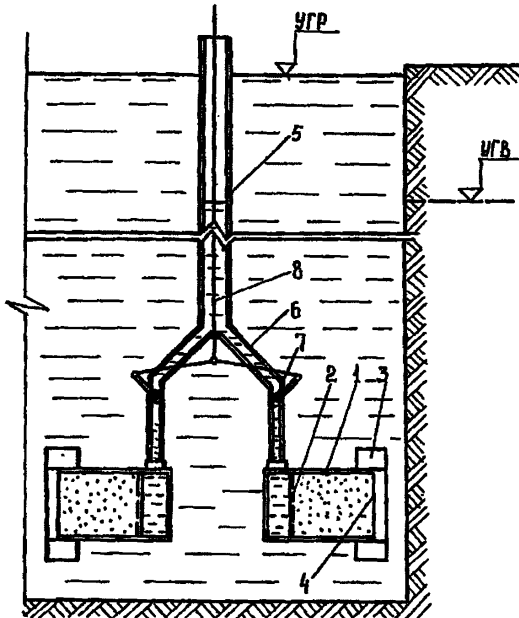


Рис.9.Схема прибора для определения толщины глинистой корки в траншее

Глинистая корка формируется на песке, помещенном в прибор КМ-1, который опускают в траншею на требуемую глубину. Толщину глинистой корки измеряют после извлечения образца на поверхность.

Прибор КМ-1 состоит из двух гильз 1, заполненных песком, один конец которых закрыт перфорированной перегородкой 2. С другой стороны гильзы крепится камера 3, в зоне которой образуется глинистая корка 4. Гильза соединяется с вертикальной трубой 5 петрубком 6, имеющим кран 7, дистанционное управление которым производится тягой 8. Труба состоит из секций длиной по 1 м.

Перед опусканием прибора в траншею гильзу заполняют песком, патрубком при этом должен быть заполнен водой. После заполнения гильзы песком кран перекрывается. Работа с прибором КМ-1 осуществляется следующим образом.

Прибор опускают в траншею, заполненную глинистым раствором, и фиксируют на заданной глубине. При наличии грунтовых вод сразу после опускания прибора трубу 5 заполняют водой до отметки грунтовых вод и открывают кран 7. Верхний конец трубы должен быть выше уровня глинистого раствора не менее 300 мм. В таком положении прибор выдерживается в траншее заданное время, затем кран закрывают. После этого прибор поднимают на поверхность, отсоединяют гильзу, снимают камеру 3 с глинистой коркой и измеряют ее толщину и водопрочность.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	8
2. ГЛИНИСТЫЕ РАСТВОРЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЮ	4
3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГЛИНИСТОЙ КОРКИ	6
4. КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТОЙ КОРКИ	15
ПРИЛОЖЕНИЕ . ПРИБОР КМ-1 ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ГЛИНИСТОЙ КОРКИ	16

НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова

Рекомендации по регулированию параметров глинистой корки
при строительстве противофильтрационных завес способом
"стена в грунте".

Отдел патентных исследований и научно-технической информации

Зав. отделом Б.И.Кулачкин

Редактор Г.Н.Кузнецова

Л - 94074 . Подп. в печать 29/II1984г. Заказ № 460
формат 60 x 90 I/16. Бумага офсетная. Усл.печ.л. I, I3.
Уч. изд. л. I, I8. Усл.кр.-отт. I, 38 Тираж 500 экз.
Цена 15 коп.

Отпечатано в Производственных экспериментальных мастерских
ВНИИС Госстроя СССР
I2I47I, Москва, Можайское шоссе, 25