

ГИДРОГЕОЛОГИЯ МПИ

Лекции - 17 ч.

Лабораторные занятия - 17 ч.

ЗАЧЕТ

Курс лекций

Сидорова Галина Петровна

д.т.н., профессор кафедры « Прикладной геологии и
технологии геологической разведки».

Горный факультет.

Забайкальский государственный университет



Противофильтрационные завесы

В системах защиты горных выработок от подземных вод следует предусматривать **противофильтрационные завесы (ПФЗ):** траншейные, свайные, тонкие щелевые, завесы выполняемые методом струйной цементации грунтов, инъекционные, льдопородные, шпунтовые, завесы устраиваемые открытым способом.

ПФЗ подразделяются по типу, способу устройства и материалу, с замещением грунта или без замещения. ПФЗ, устраиваемые открытым способом (например, в насыпях дамб обвалования) следует проектировать согласно СП 39.13330.

Возможно устройство комбинированных завес, как по типу, так и по способу устройства и материалам.

При проектировании и устройстве ПФЗ следует соблюдать требования свода правил **СП 103.13330.2012, СП 23.13330, СП 45.13330, СП 69.13330**.

Выбор типа и параметров противофильтрационной завесы следует производить исходя из инженерно-геологических и гидрогеологических условий в районе защищаемого от подземных вод объекта, результатов фильтрационных расчетов (исследований) и при необходимости – расчетов на силовые воздействия.

Завесы, как правило, должны полностью прорезать водоносные породы и заглубляться в водоупорные породы на глубину, определяемую характером контактной зоны, состоянием водоупорных пород и действующим напором на завесу, но не менее чем на 1 м при хорошо выраженной границе слоев.

Применение несовершенных (не доходящих до водоупора) завес должно быть обосновано фильтрационными и технико-экономическими расчетами.

При проектировании противофильтрационных завес необходимо обосновывать расчетами фильтрационную устойчивость завесы, ее сохранность (прочность) на протяжении всего проектного срока службы и устойчивость воспринимающего напор на завесу массива горных пород.



Притоки подземных вод через завесу, доведенную до водоупора, допускается определять по формулам, исходя из величины перепада напора с верховой и низовой сторон противofильтрационной завесы H_s , м, определяемого по формуле:

$$H_s = t_s I_{cr}$$

где, t_s – толщина противofильтрационной завесы, м;

I_{cr} – допускаемый градиент напора на завесу, определяемый, как правило, по экспериментальным данным.

При сложных гидрогеологических условиях площадки строительства или сложных очертаниях выработок параметры фильтрационного потока следует определять методом численного моделирования, расчетами с применением инженерно– расчетных программ и программных комплексов или экспериментальным путем.

Фильтрационные расчеты завес следует уточнять по данным опытно-производственных работ .

В проектной документации следует предусматривать прием подземных вод, фильтрующихся через завесу, внутрикарьерными (внутришахтными) водопонизительными устройствами и водостоками.

Для наблюдений за перепадом напора на завесе (за уровнями подземных вод) в проектной документации следует предусматривать устройство пьезометрических скважин с обеих сторон завесы и программу мониторинга за уровнями с учетом разработки карьера (разреза) по этапам .

По результатам наблюдений, в случае необходимости, корректируются противofильтрационные мероприятия следующего этапа, в том числе по приему фильтрующихся через завесу подземных вод.

Траншейные, свайные, тонкие щелевые ПФЗ, завесы, выполняемые методом струйной цементации грунтов, следует проектировать в виде контурных и линейных схем для защиты, как правило, открытых выработок от притока подземных вод.

Материал для заполнения перечисленных выше типов завес следует выбирать путем технико-экономического сопоставления, учитывая при этом величину напора подземных вод, срок работы завесы и характеристики вмещающего ее грунтового массива.

В любом случае завесы этих типов, назначаемые в проектной документации, должны быть сплошными по фронту, а так же по глубине.

Для обеспечения сплошности завесы по глубине допускается ее устройство переменной глубины (обычно ступенчато), повторяя контур водоупорного слоя, в который осуществляется заглубление.

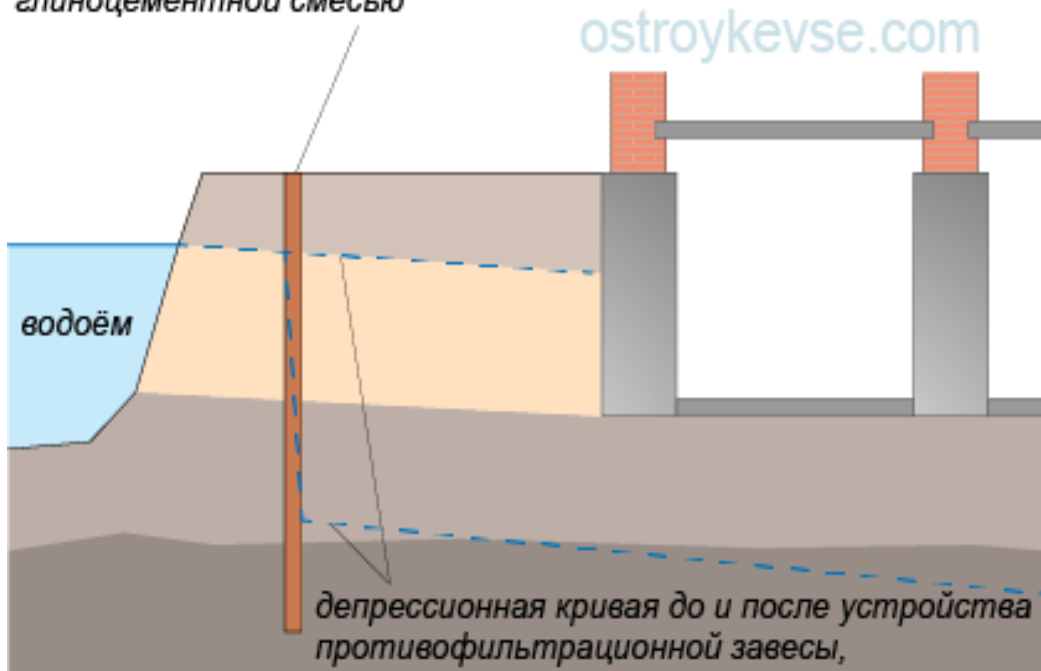
Траншейные завесы

Траншейные секционные и непрерывные завесы, выполняемые способом «стена в грунте» под защитой тиксотропного глинистого раствора, следует проектировать в нескальных горных породах без крупнообломочных включений глубиной, определяемой возможностями применяемых землеройных механизмов и оборудования.

В качестве заполнителя траншеи применяются твердеющие (бетон, глиноцементный раствор) и нетвердеющие материалы (глины, суглинки, заглинизированный грунт, глиногрунтовые пасты).

Толщину траншейных завес следует принимать, как правило, в пределах 0,5–1,0 м при использовании специального оборудования и до 2,0–2,5 м – при использовании землеройных машин общего назначения.

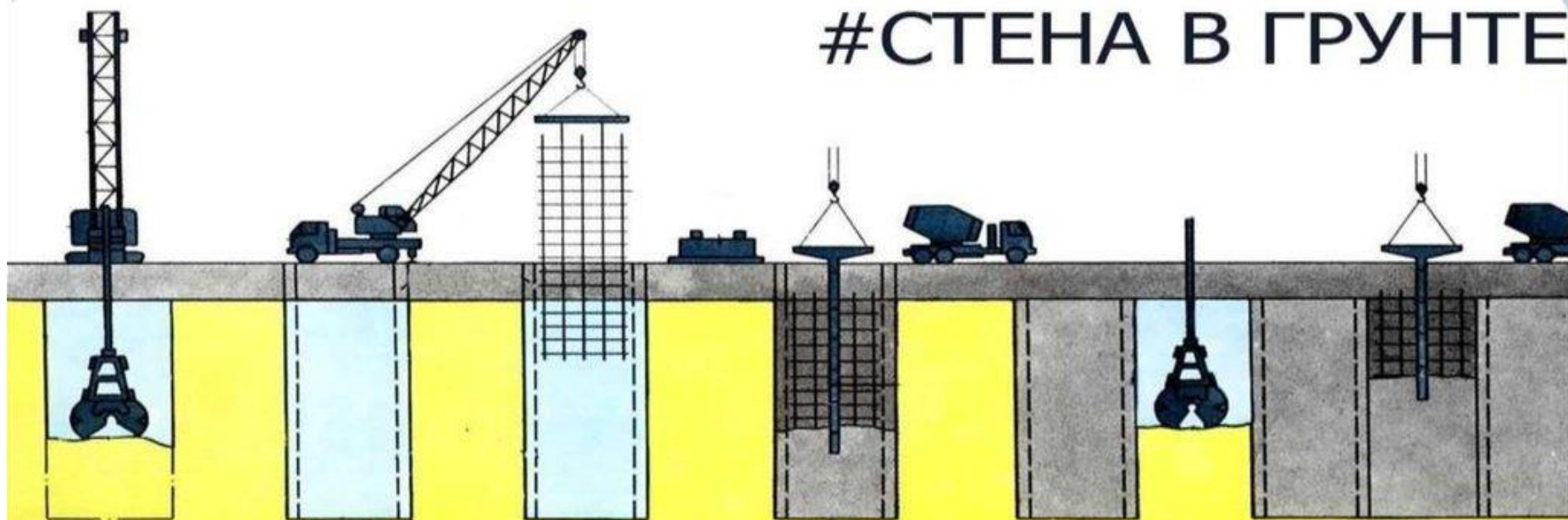
*противофильтрационная завеса траншейного типа,
устраиваемая методом «стена в грунте» и заполняемая
глиноцементной смесью*



СПОСОБ «СТЕНА В ГРУНТЕ».

Сущность способа «стена в грунте» заключается в устройстве стен из монолитного или сборного железобетона в узких и глубоких траншеях. В процессе разработки грунта устойчивость стен траншей обеспечивается за счёт заполнения траншеи глинистыми растворами (суспензиями), обладающими тиксотропными свойствами. После разработки траншеи заданных размеров глинистый раствор замещается различного рода материалами, которые образуют в грунте несущие конструкции.

#СТЕНА В ГРУНТЕ



Свайные завесы

Свайные завесы из буроесекущихся свай (пересекающихся буронабивных свай) следует предусматривать в нескальных горных породах, в том числе содержащих крупнообломочные включения, на глубину до **40–50** и более метров.

Буронабивные сваи для завес следует предусматривать, как правило, диаметром **0,5–1,0** м из твердеющих материалов (бетона или глиноцементного раствора).

Расстояние между центрами **буроесекущихся** свай завесы следует принимать не более **0,7–0,8** диаметра свай.

Расчетная толщина завесы из буроесекущихся свай принимается по толщине на стыке свай.

Допускается устройство свайной завесы из примыкающих одна к другой буронабивных свай (**бурикасательные сваи**) или с зазорами между ними в свету, при этом для герметизации завесы (обеспечения сплошности завесы) между смежными буронабивными сваями следует выполнять локальные грунтоцементные сваи (комбинированная ПФЗ) методом струйной цементации грунтов или выполнять герметизацию другими методами.

Для подбора параметров технологии устройства локальных (одиночных) грунтоцементных свай методом струйной цементации грунтов необходимо, как правило, организовывать опытные участки.

Расчетная толщина комбинированной свайной завесы принимается по наименьшей толщине на стыке буронабивной и грунтоцементной свай.

При однорядном устройстве завесы из соприкасающихся буронабивных свай или свай расположенных с зазором, грунтоцементные сваи необходимо располагать между буронабивными сваями с напорной стороны завесы.

Буросекущие сваи формируются прямо в грунте: бурятся скважины и заливается в них жидкий бетон.



Порядок монтажа стены такой:

Бурятся скважины первой очереди. Диаметр равен сечению будущей сваи, шаг – меньше, чем сечение. Заполняются бетоном (без армирования).

Ожидание застывания (75 % прочности).

Бурятся скважины в промежутках между готовыми сваями. Диаметр тот же, края готовых свай при этом разбуриваются.

Помещаются арматурные прутья.

Заливается бетон.



Тонкие щелевые завесы

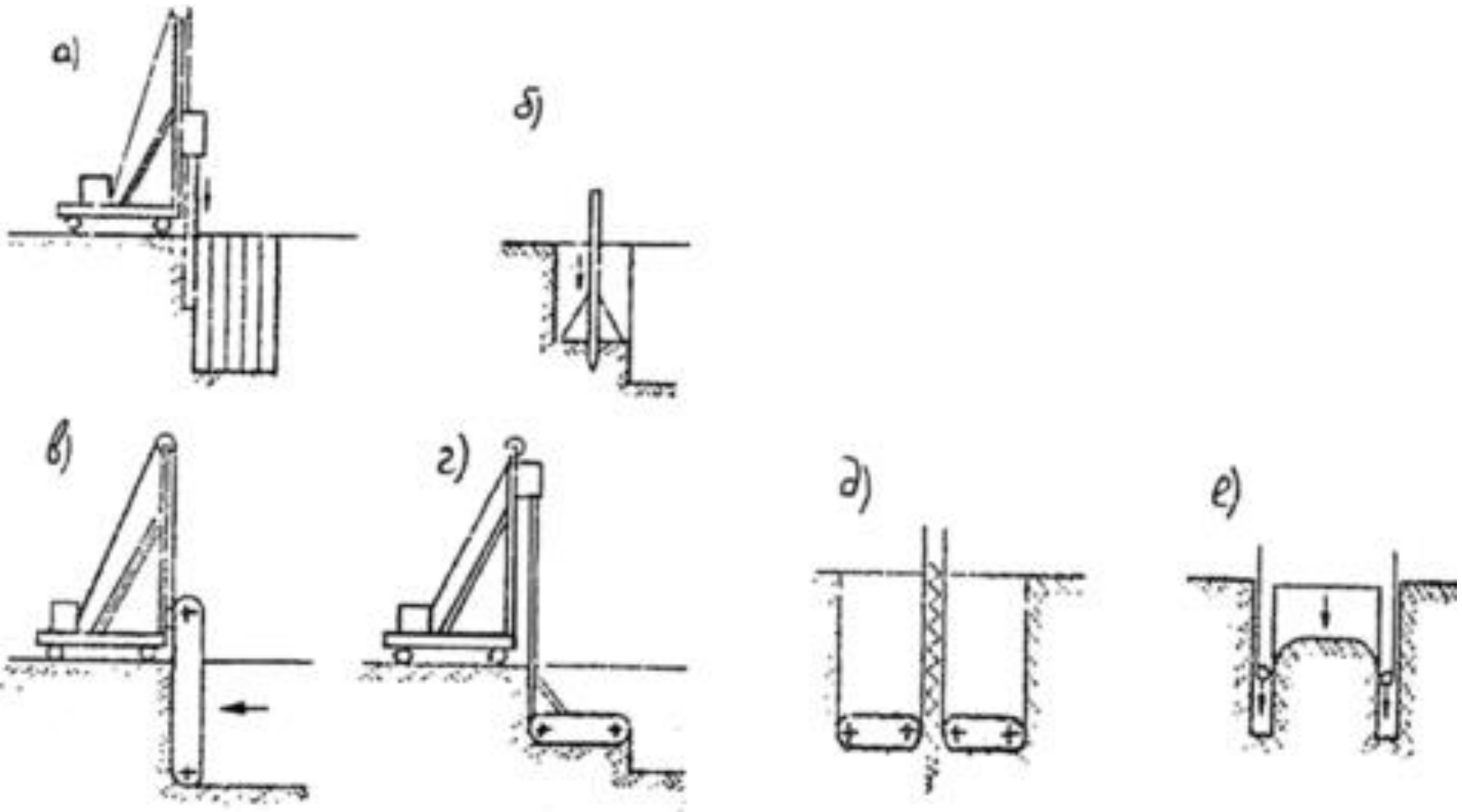


Схема устройства тонких завес с использованием: а - копров; б - вибраторов; в,г - боровых машин; д - боровой машины и шнека; е - установки для нарезания узких щелей

Тонкие щелевые завесы (5–20 см), устраиваемые путем заполнения твердеющим (глиноцементным раствором) и нетвердеющим (глиногрунтовые пасты) материалом щели, образованной с помощью инвентарного плоского металлического элемента, следует предусматривать в песчаных и глинистых горных породах без крупнообломочных включений на глубину до 20 м.

При проектировании следует предусматривать разработку траншей и бурение скважин для траншейных и свайных завес, как правило, под защитой глинистого раствора, обеспечивающего устойчивость стен от обрушения и удовлетворяющего требованиям **СП 45.13330**.

Для приготовления глинистых растворов следует предусматривать, как правило, бентонитовые глины, а при их отсутствии – местные, имеющие число пластичности не менее **0,2**, с содержанием частиц размером крупнее **0,05 мм – не более 10 %** и мельче **0,005 мм – не менее 30 %** к весу сухой пробы грунта. Плотность тиксотропного раствора на бентонитовых глинах **1,03–1,15 г/см³**, на местных глинах **1,10–1,30 г/см³**.

Допускается предусматривать смеси бентонитовых и местных глин. Для улучшения свойств глинистых растворов могут применяться различные химические реагенты, перечень которых приведен в **СП 45.13330**.

Пригодность местных глин должна быть подтверждена лабораторными испытаниями глинистых растворов.

Вода для глинистых растворов не должна вызывать их коагуляцию и должна удовлетворять техническим требованиям приготовления бетона.

В проектной документации следует предусматривать для траншейных, свайных и тонких щелевых завес материалы, удовлетворяющие следующим требованиям:

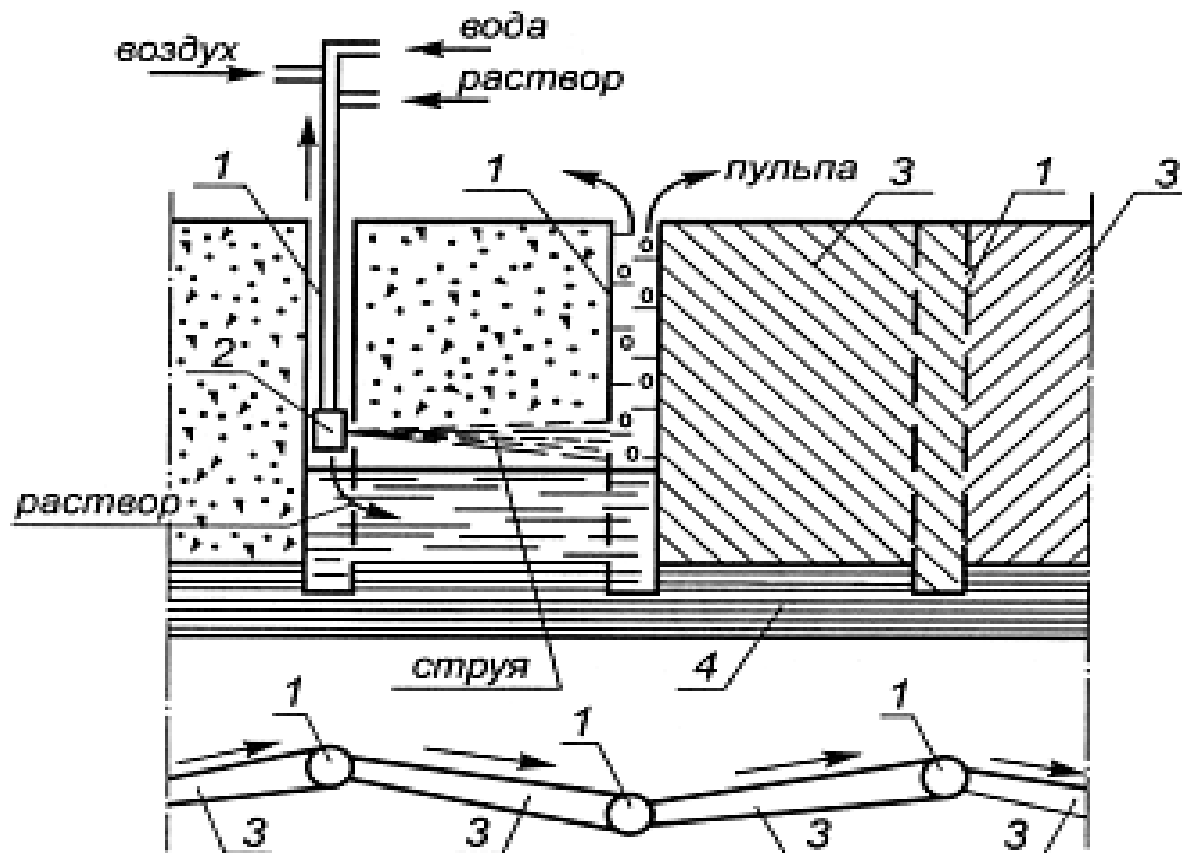
- бетон – подвижность 16–20 см (по осадке стандартного конуса);
- класс по прочности на сжатие не ниже B15;
- марка по водопроницаемости не ниже W2;
- марка по морозостойкости не ниже F50;
- глиноцементный раствор – плотность 1,5–1,8 г/см³ ;
- прочность на сжатие затвердевшего раствора не ниже 1,5 МПа (15 кгс/см²);
- выход камня при затвердении не менее 98 %;
- стабильность не более 0,5 г/см³ ;
- показатель распыла – в пределах, позволяющих вести перекачку его от растворного узла к месту укладки;
- глина – преимущественно комовой структуры (размер комьев от 10 см до 1/3 ширины траншеи);
- консистенция от твердой до тугопластичной;

- заглинизированный грунт (грунт, разработанный при проходке траншей и обогащенный глинистым раствором) – содержание (по массе) глинистых частиц с равномерным их распределением по всему объему смеси – не менее 10–15 %;
- консистенция, обеспечивающая качественную укладку его в траншею;
- глиногрунтовая паста, приготовленная в смесительных установках из местных комовых глин или суглинков, должна удовлетворять условиям укладки их в тело завесы и проектным требованиям к водопроницаемости завесы.

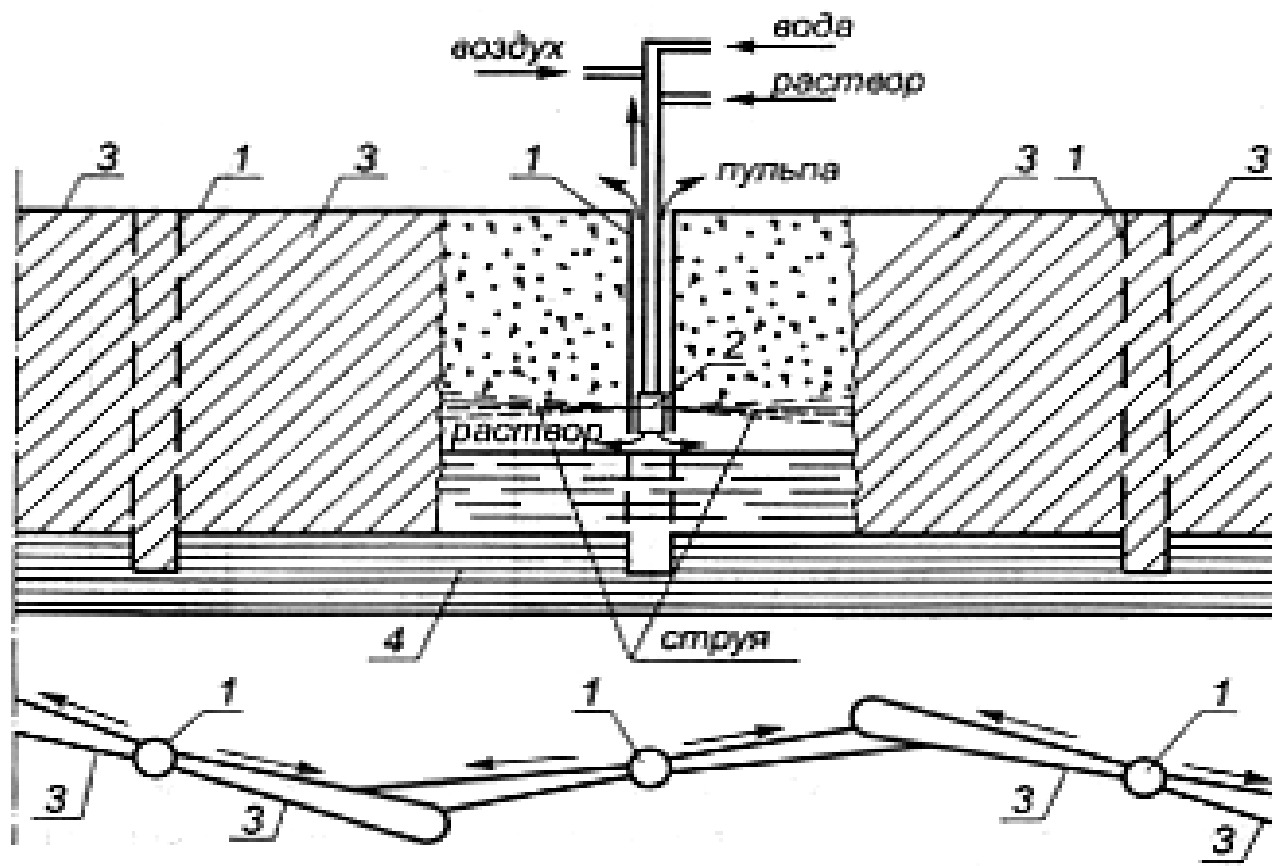
Коэффициент фильтрации твердеющих и пластичных заполнителей завес не должен превышать **0,005 м/сут.**

Градиенты напора на завесу при отсутствии специальных экспериментальных данных допускается принимать по таблице.

Материал тела противofильтрационной завесы	Допускаемый градиент напора
Твердеющий:	
глиноцементный раствор	100
бетон	150
Нетвердеющий:	
заглинизированный грунт	20
комовая глина	30

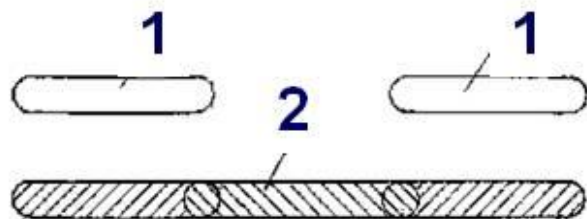


Сооружение тонких противофильтрационных завес по «сквозной» схеме 1 - струйный монитор; 2 - технологическая скважина; 3- готовая секция; 4- водоупор



**Сооружение тонких противофильтрационных завес по «тупиковой» схеме 1-струйный монитор;
2-технологическая скважина; 3-готовая секция; 4-водоупор**

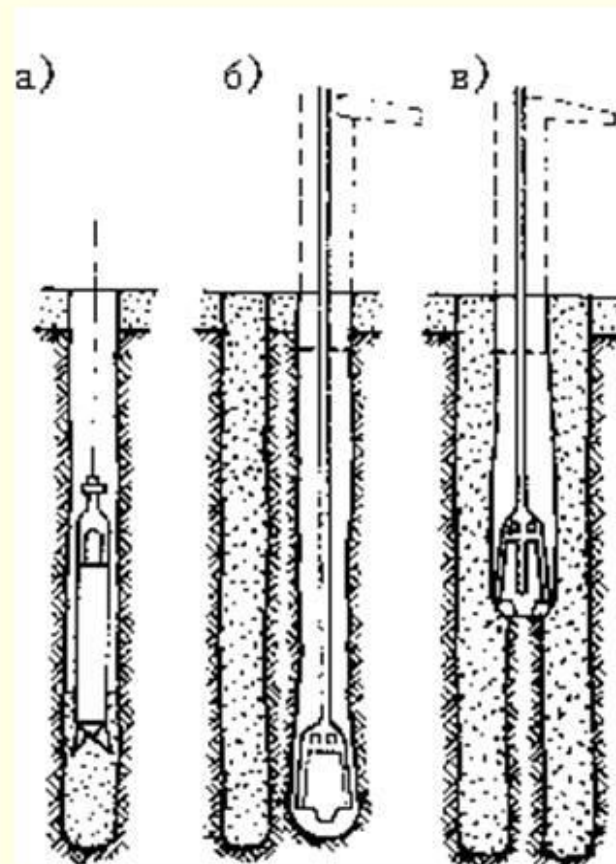
Порядок разработки делянок в траншее



1 – разработка деленок первой
очереди

2 – разработка деленок второй
очереди

Порядок разработки одной деланки



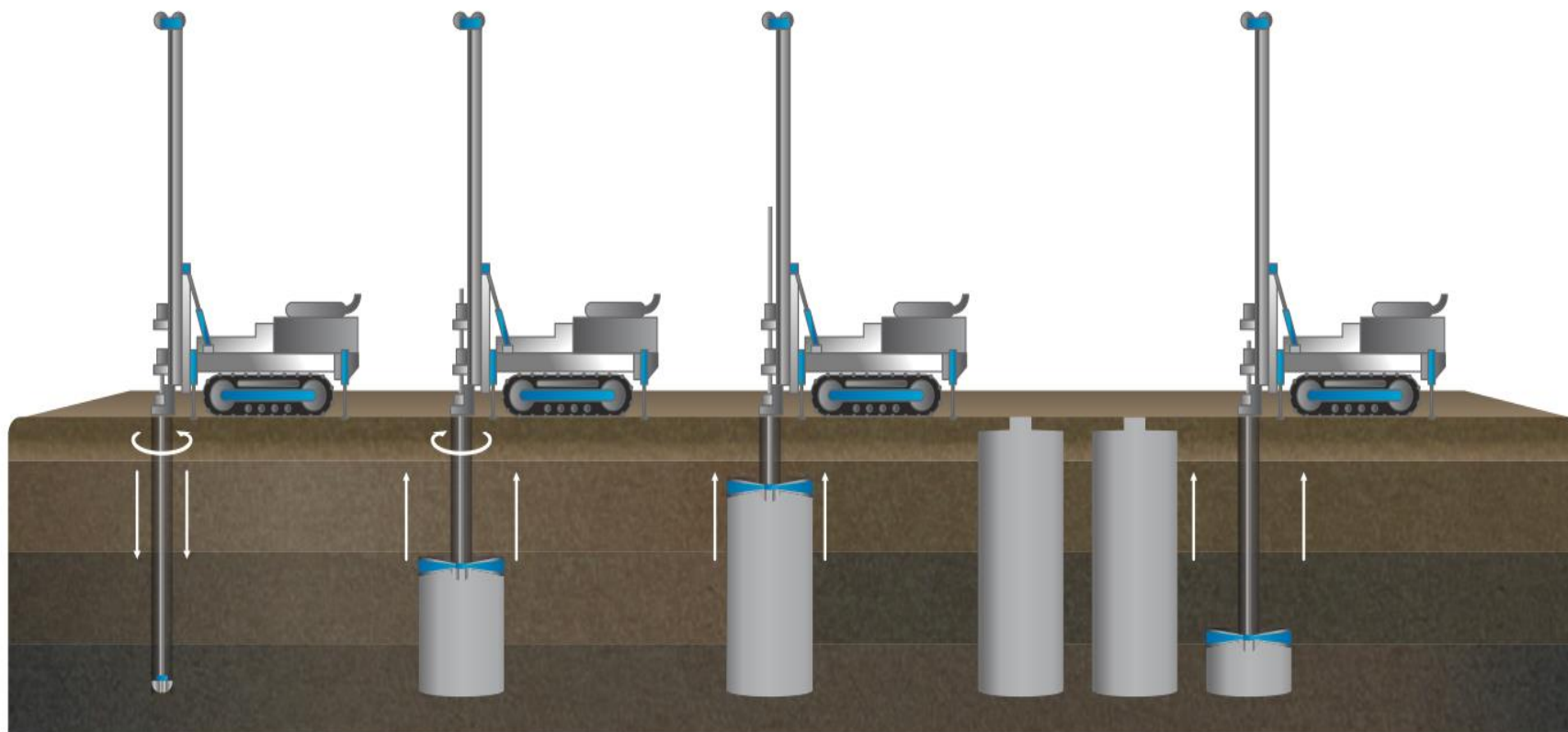
Последовательность разработки одной деланки:

1 – в первую очередь разрабатывают граничные участки деланки

2 – вторым этапом разрабатывают центральный массив деланки

Завесы, выполняемые методом струйной цементации грунтов

JET GROUTING - СТРУЙНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ ГРУНТОВ



01

БУРЕНИЕ ЛИДЕРНОЙ СКВАЖИНЫ

02

ПОДЪЕМ БУРОВОЙ КОЛОННЫ С ВРАЩЕНИЕМ И ОДНОВРЕМЕННОЙ ПОДАЧЕЙ РАСТВОРА

Тонкие грунтоцементные завесы (10–30 см), выполняемые методом ламинарной струйной цементации грунтов следует предусматривать в нескальных грунтах, в том числе содержащих крупнообломочные включения, на глубину, как правило, до 20 м и более при соответствующем обосновании.

Устройство завесы выполняется заходками: бурение скважины с промывкой водой или глинистым раствором (прямой ход буровой колонны) и последующий подъем буровой колонны (обратный ход) с подачей в скважину через форсунку монитора цементного раствора под давлением до 70 МПа. Подъем буровой колонны производится без вращения (ламинарная цементация). Скорость подъема буровой колонны обычно составляет 5–30 см/мин.

Законченные цементацией заходки (противофильтрационные панели) устраиваются последовательно или с чередованием. В первом случае грунтоцементный несхватившийся композит предыдущей и последующей панели образуют бесшовную противофильтрационную завесу, во втором случае изготавливаемая панель примыкает к набравшей прочность предыдущей противофильтрационной панели.

Устройство противофильтрационных панелей методом струйной цементации грунтов может осуществляться с полным или частичным замещением грунта цементным раствором.

Шаг скважин прямого хода буровой колонны соответствует ширине противофильтрационной панели и определяется проектной документацией в зависимости от гидрогеологических условий, требуемой водонепроницаемости и, в необходимых случаях, прочности грунтоцементного композита, принятой схемы устройства завесы (последовательно или с чередованием), способа проходки, принятого давления и состава цементного раствора, диаметра форсунки, скорости подъема монитора и других параметров.

Для подбора параметров технологии устройства грунтоцементной целевой завесы методом струйной цементации необходимо, как правило, организовывать опытные участки. В сходных гидрогеологических условиях допускается принимать исходные параметры по объектам-аналогам.

Контроль качества грунтоцементной завесы следует осуществлять неразрушающими геофизическими методами (сейсмоакустическим, электрическим, георадарным и др.) в сочетании с вскрытием контрольных шурфов, выбуриванием образцов для определения прочностных характеристик и водонепроницаемости грунтоцементного композита.

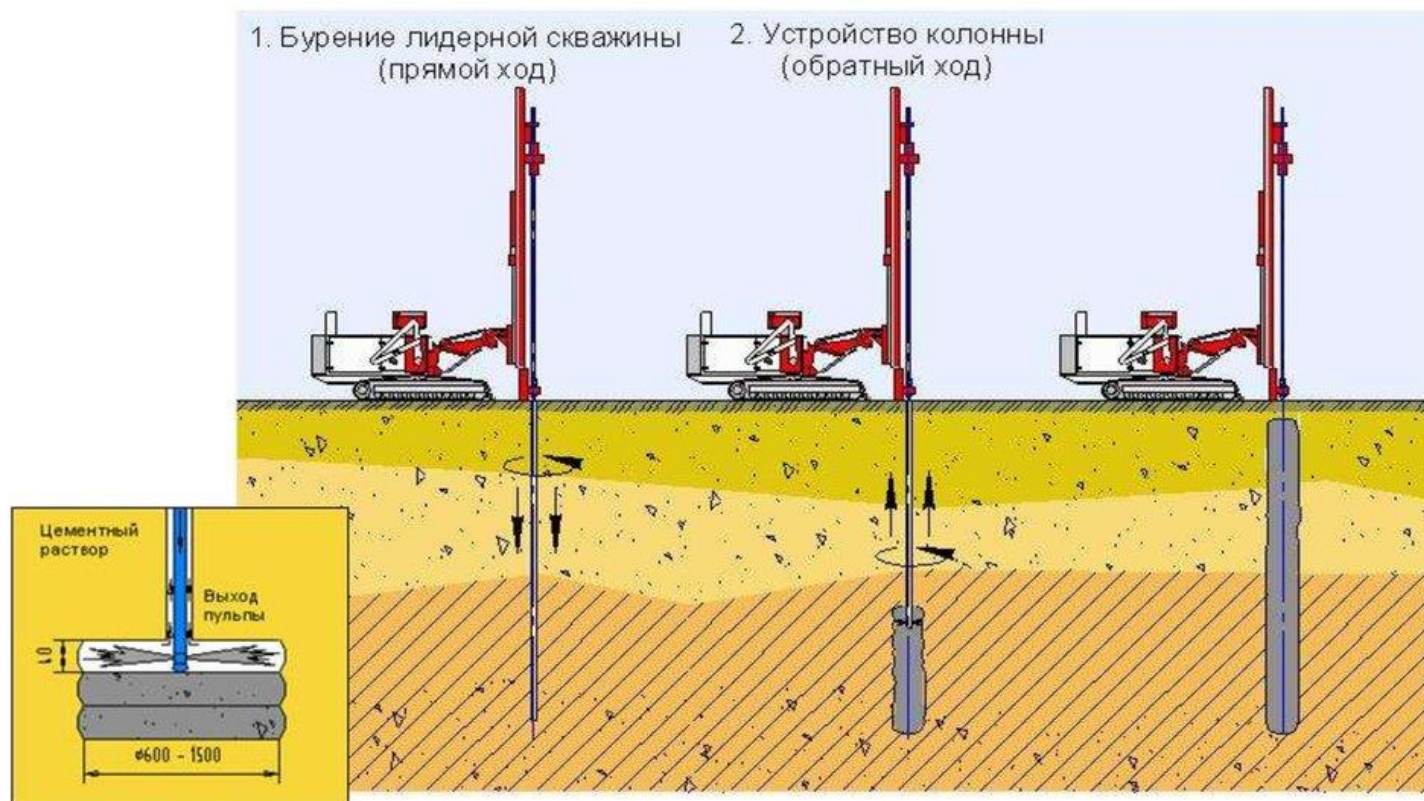
Грунтоцементные завесы из пересекающихся грунтоцементных свай, выполняемые методом струйной цементации грунтов, следует предусматривать в нескальных грунтах, в том числе содержащих крупнообломочные включения, на глубину до 50 м и более и могут проектироваться однорядными или многорядными.

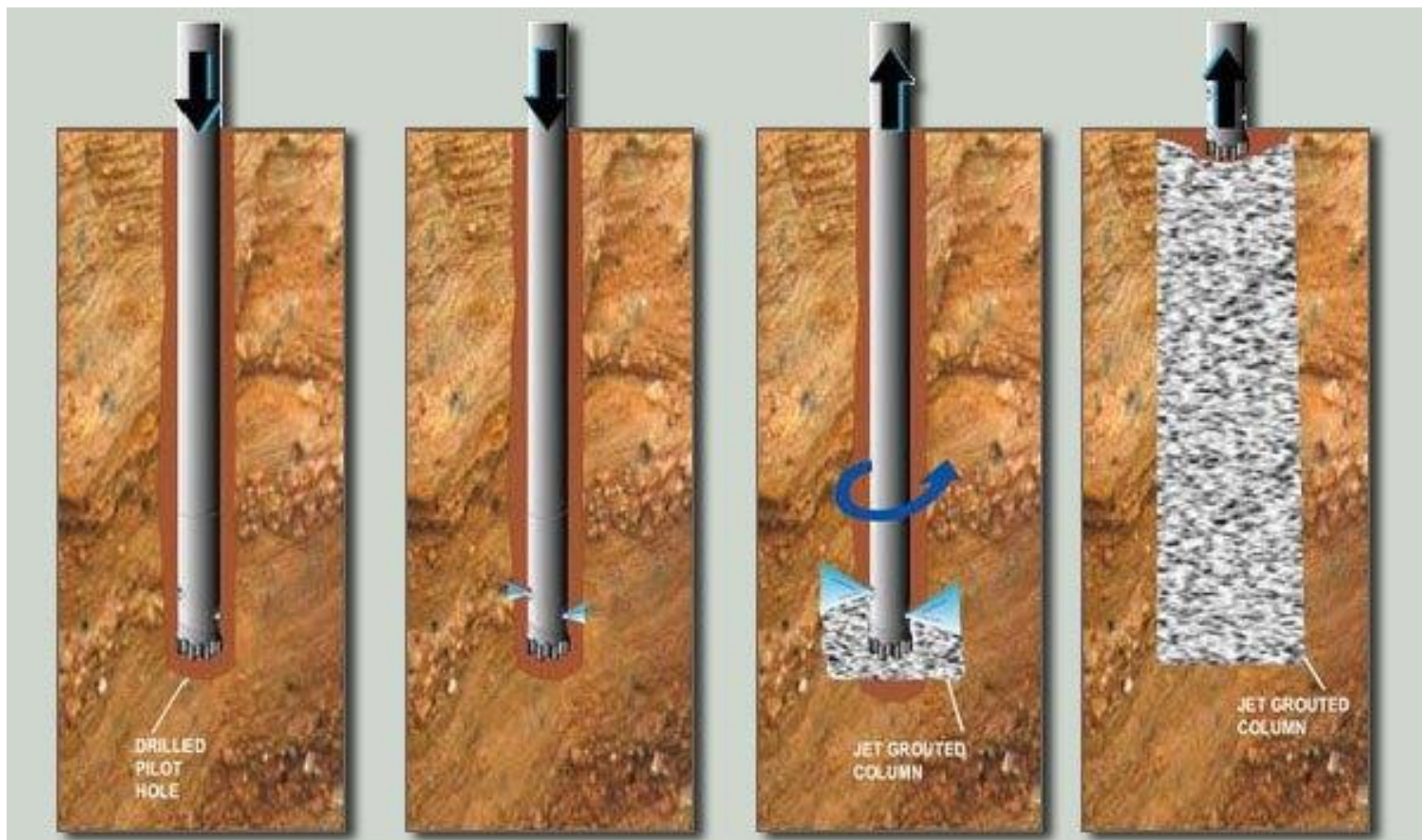
В многорядных завесах сваи необходимо располагать в шахматном порядке со смещением осей свай следующего ряда относительно предыдущего на величину, как правило, равную половине принятого в проектной документации шага свай.

Толщина грунтоцементной завесы, принимаемая в проектной документации, определяется фильтрационными расчетами .



Струйная цементация





СТРУЙНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ ГРУНТОВ