

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.С. Колесников, В.В. Стрельникова

**ВОЗВЕДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ МЕТОДОМ  
“СТЕНА В ГРУНТЕ”  
ТЕХНОЛОГИЯ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ**

*Учебное пособие*

Волгоград 1999

УДК 624.134.4  
ББК 38.78  
К60

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. *Л.В. Григоренко*;  
канд. техн. наук, доц. *В.Л. Лемякин*

**Колесников В.С., Стрельникова В.В.**

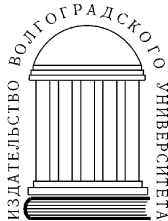
К60 Возведение подземных сооружений методом “стена в грунте”. Технология и средства механизации: Учебное пособие. — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 1999. — 144 с.

ISBN 5-85534-236-0

В книге рассмотрен метод “стена в грунте”, эффективность его применения, современные землепроходческие агрегаты, перспективные рабочие органы для образования узких глубоких траншей под слоем бентонитовых растворов, дополнительные средства механизации, глинистые растворы, технология возведения подземных сооружений,

Книга рекомендуется для работников проектно-технологических, строительных организаций, студентов высших учебных заведений строительных специальностей и имеет цель способствовать внедрению в строительство метода “стена в грунте” при возведении заглубленных сооружений и противодиффузионных диафрагм.

ISBN 5-85534-236-0



- © В.С. Колесников, В.В. Стрельникова, 1999
- © Издательство Волгоградского государственного университета, 1999

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время застройка городской площади и работы по реконструкции существующих объектов сориентированы на возведение высотных зданий и строительства заглубленных сооружений методом “стена в грунте” вместо традиционных способов — “открытый котлован” или “опускной колодец”.

Способом “стена в грунте” называют разработку глубоких узких траншей под глинистым раствором с последующим заполнением их заглинизированным грунтом, грунтобетоном, монолитным бетоном или железобетоном.

Многообразие заглубленных сооружений позволяет широко использовать прогрессивный способ в промышленном, гражданском и гидротехническом строительстве: устройство заглубленных частей зданий и сооружений, подземные галереи; колодцы насосных станций; подземные резервуары и т.д.

Данный способ рекомендуется использовать для защиты от загрязнений грунтовых вод инфильтрационными водами из различного рода отстойников, шламохранилищ, иловых площадок; для предотвращения фильтрации в обход гидротехнических сооружений; защиты от подтоплений и заболачивания территорий и магистральных каналов, водохранилищ или инфильтрации.

Использование способа “стена в грунте” вместо традиционных методов выполнения работ при сооружении подземных помещений способствует снижению сметной стоимости до 25%, подпорных стен и ограждений — до 50%, противофильтрационных завес — до 65%.

Способ позволяет отказаться от дорогостоящих работ по водоотливу, водопонижению, замораживанию и цементированию грунтов, дает возможность экономить дефицитные материалы, металлический шпунт, снижает энергоемкость строительства, а в отдельных случаях является единственно возможным способом возведения подземного сооружения.

На базе метода “стена в грунте” создаются новые оригинальные конструктивно-технологические решения по строительству заглубленных сооружений. Среди объектов различного назначения, построенных по методу “стена в грунте”, такие

крупные сооружения, как насосная станция Криворожского Южного горнообогатительного комбината, корпус приема и первичного дробления руды Грушевской обогатительной фабрики Никополь-Марганцевского ГОК, противофильтрационные диафрагмы хвостохранилища рудного карьера Ингулецкого ГОК и др.

Наиболее трудоемкой и дорогостоящей операцией этого метода остается образование узкой глубокой траншеи в грунтах на глубину до 50 м, шириной 0,5—1,2 м. Для этих целей используют траншеепроходческое оборудование, в основе работы которого — ударный, вибрационный, режущий и водовоздушный принципы разработки грунта в узкой траншее.

В пособии использованы материалы НИИСП Украины, ГПИ “Укрводоканалпроект”, ГПИ “Приднепровский промстройпроект”, проектной конторы Укрспецстройпроект гипроводстроя, а также строительных организаций Минтяжстроя, Минпромстроя, Минводхоза. Использован опыт других проектных организаций, разработки лаборатории заглубленных сооружений кафедры МАСП Волгоградской государственной архитектурно-строительной академии.

# **ГЛАВА 1**

## **МЕТОД “СТЕНА В ГРУНТЕ”**

### **И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ.**

#### **1.1. Область применения**

Метод “стена в грунте” предназначен для возведения заглубленных в грунт сооружений различного назначения. Сущность его заключается в том, что стены заглубленного сооружения возводят в узких и глубоких траншеях, вертикальные борта которых удерживаются от обрушения при помощи глинистой суспензии, создающей избыточное гидростатическое давление на грунт и выполняющей роль крепления траншеи. После устройства в грунте траншей необходимых размеров их заполняют (в зависимости от конструкции и назначения сооружения) монолитным железобетоном, сборными железобетонными элементами или глиногрунтовыми материалами. В результате этого в грунте формируют несущие стены сооружений или противофильтрационные диафрагмы.

Метод “стена в грунте” используется при возведении подземных частей и конструкций промышленных, энергетических и гражданских зданий, гидротехнических, транспортных, водопроводно-канализационных инженерных сооружений. В промышленном строительстве методом “стена в грунте” возводятся:

- для комплексов черной металлургии — туннели окалины, скиповые ямы доменных печей, подземные части бункерных эстакад и установок грануляции шлаков, подземные части установок непрерывной разливки стали, корпуса приема и первичного дробления руды, склады для хранения сыпучих материалов;

- для энергетики — вагоноопрокидыватели, транспортные галереи, атомные реакторы, емкости для хранения отходов;

- для легкой и машиностроительной промышленности — рециркуляционные каналы прядильных фабрик, технологические подвальные помещения, коммуникационные туннели.

Широкое применение метод “стена в грунте” находит при возведении гидротехнических и водопроводно-канализацион-

ных сооружений, таких как водозаборы, водопроводные и канализационные насосные станции, емкостные сооружения и сооружения для очистки воды и стоков, противодиффузионные диафрагмы для защиты от утечки воды и стоков в окружающий грунт, а также противодиффузионные диафрагмы для защиты карьеров и котлованов от притока грунтовых вод.

Метод “стена в грунте” обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами строительства:

- появляется возможность устройства глубоких котлованов в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений, что особенно важно при строительстве в стесненных условиях, а также при реконструкции сооружений;

- резко уменьшается, а в некоторых случаях отпадает необходимость в устройстве водопонижения или водоотлива; уменьшаются объемы земляных работ;

- отпадает необходимость в устройстве обратных засыпок и, следовательно, исключаются неравномерные осадки и просадки полов и отмосток в процессе их эксплуатации;

- появляется возможность одновременно производить работы по устройству надземных и подземных частей зданий, что резко сокращает сроки их строительства.

## **1.2. Заглубленные сооружения, возводимые по методу “стена в грунте”**

Основными признаками для классификации заглубленных сооружений и их конструкций являются назначение сооружения, объемно-планировочное и конструктивное решение, примененные материалы.

*По назначению* заглубленные сооружения, возводимые методом “стена в грунте”, можно классифицировать следующим образом:

- промышленные — подземные этажи и фундаменты промышленных зданий, скиповые ямы, установки непрерывной разливки стали, колодцы для дробильных цехов горнообогатительных комбинатов, бункерные ямы под вагоноопрокидыватели; технологические галереи, туннели и др.;

- жилищно-гражданские — подземные этажи и фундаменты жилых и общественных зданий, закладываемых на глубину до 30 м;

- транспортные — подземные проезды и переходы под улицами с интенсивным движением, станции и туннели метрополитенов мелкого заложения; подземные автомагистрали; подземные автостоянки и другие подсобные сооружения, закладываемые на глубине до 25—30 м;

- гидротехнические — водозаборы и насосные станции, располагаемые в берегах рек, водохранилищ и озер; противofильтрационные диафрагмы, устраиваемые как в теле, так и в основании гидротехнических подпорных сооружений на реках, в прудах-накопителях для промышленных сточных вод, не поддающихся очистке и загрязняющих поверхностные и подземные воды; каналы и дренажные коллекторы; противооползневые и многие другие подобные инженерные сооружения.

*По конфигурации* эти сооружения и конструкции разделяют на:

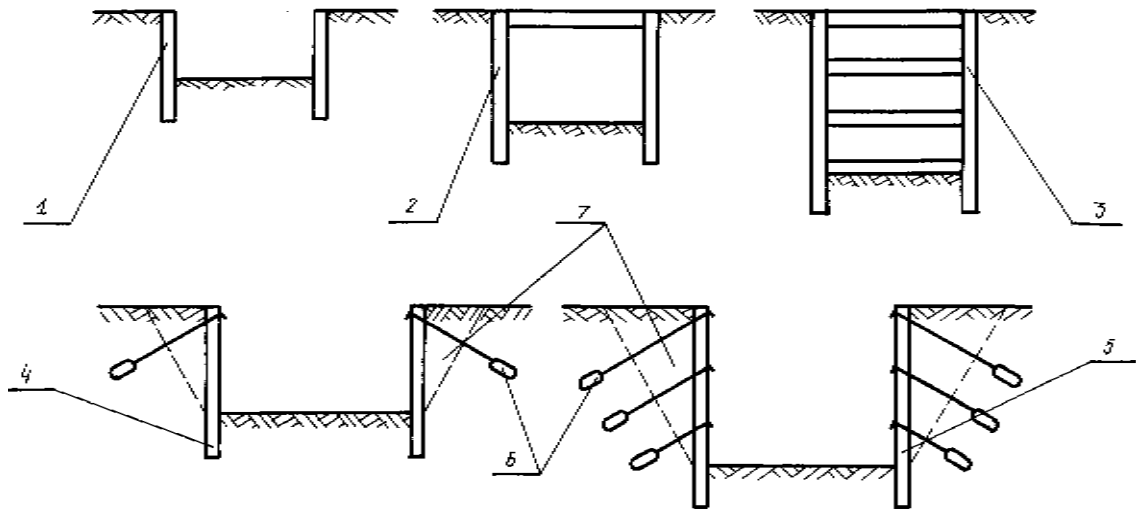
- линейные, состоящие только из одной протяженной стены (противofильтрационные диафрагмы, подпорные стены, ленточные фундаменты глубокого заложения и другие подобные сооружения);

- линейно-протяженные, имеющие две протяженные ограждающие стены, обычно параллельные друг другу (галереи, коллекторы для совмещенной прокладки инженерных сетей, туннели с вертикальными стенами и др.);

- сооружения колодезного типа с вертикальными стенами — круглые, прямоугольные и многоугольные в плане (подземные этажи зданий, подвалы, колодцы дробильных цехов горнообогатительных комбинатов, бункерные ямы, насосные станции и станции метро, колодезные опоры глубокого заложения и другие сооружения).

*По отношению к водоупору* стены в грунте подразделяются на совершенные, доведенные до водоупорного пласта (естественного или искусственного) и плотно врезанные в него, несовершенные (висячие), не доведенные до водоупорного пласта.

*По материалу* наиболее распространены:



8

Рис. 1.1. Конструктивные схемы стен подземных сооружений: 1 — консольная стена; 2—3 — стены с одно- и многоярусным креплением распорками; 4—5 — стены с одно- и многоярусным креплением анкерами; 6 — грунтовые анкеры; 7 — призма обрушения.



- железобетонные несущие ограждающие стены сооружений, воспринимающие вертикальные и горизонтальные нагрузки;

- бетонные, воспринимающие вертикальные нагрузки, а также служащие одновременно противофильтрационными диафрагмами;

- глиногрунтовые, являющиеся противофильтрационными, которые выполняются из естественных или искусственных водоупорных глиногрунтовых материалов, а при их отсутствии — из суглинков в сочетании с синтетическими пленками.

*По конструкции* “стены в грунте” могут быть:

- буронабивные;

- монолитные бетонные, состоящие из отдельных плотно сопряженных между собой секций;

- монолитные железобетонные, состоящие из отдельных плотно сопряженных между собой секций с непрерывной горизонтальной арматурой, проходящей через стыки секций, или с горизонтальной арматурой, прерывающейся в стыках секций;

- сборные одноярусные — из панелей плоских, ребристых и коробчатых с вертикальными стыками между ними;

- сборные многоярусные — из панелей плоских, ребристых и коробчатых с вертикальными и горизонтальными стыками;

- сборные, состоящие из колонн с боковыми пазами;

- сборные из блоков с вертикальными пустотами-ячейками, омоноличенные армированным бетоном в вертикальных колодцах-пустотах;

- комбинированные многоярусные с ярусами из разных материалов: обычно нижний ярус из глиногрунтовых материалов или бетона (только противофильтрационный), а верхние ярусы, одновременно несущие и противофильтрационные, — из сборного или монолитного железобетона.

Конструктивные решения подземных сооружений представлены на рис. 1.1.

### **1.3. Способы возведения сооружений методом “стена в грунте”**

Метод “стена в грунте” характеризуется как различными способами выполнения отдельных технологических процессов, так и общей последовательностью их осуществления.

При строительстве стен в грунте в разных условиях выполняются следующие основные технологические процессы:

- бурение одиночных скважин насухо в устойчивых грунтах, а в неустойчивых — под глинистой суспензией или с применением обсадных труб с использованием соответственно шнековых, ударных или вращательных (лопастных и шарошечных долот) буровых станков;

- разработка коротких траншей под глинистой суспензией способом секущихся скважин;

- разработка горизонтальными слоями сверху вниз под глинистой суспензией коротких траншей отдельными захватками через одну грейферами или длинных траншей пионерным способом, то есть сразу на всю глубину с непрерывным наращиванием длины траншеи (обратной лопатой, драглайном, многоковшовым или штанговым экскаватором, а также бурофрезерными машинами);

- устройство монолитных стен в грунте отдельными секциями из твердеющих материалов (бетон, железобетон) или пионерной отсыпкой нетвердеющих материалов (глиногрунтовых, при необходимости в сочетании с пленками);

- устройство сборных железобетонных стен из плоских, ребристых, коробчатых панелей, иногда в сочетании с направляющими колоннами.

На основе этих процессов созданы следующие основные способы строительства стен в грунте:

- “секущихся свай”, при котором буронабивная стена состоит из вертикальных свай, расположенных в одном створе при частичной врезке свай второй очереди в сваи первой очереди;

- монолитных стен в грунте путем строительства их отдельными секциями в траншеях из “секущихся скважин”;

- одноярусных “сборных стен в грунте” с рабочим стыком между стеновыми плоскими и ребристыми панелями и с нерабочими стыками;
- сборных многоярусных стен в грунте с рабочими вертикальными и горизонтальными стыками между стеновыми панелями;
- сборномонолитных стен в грунте из коробчатых стеновых панелей с рабочими их стыками и замоноличиванием вертикальных пустот-колодцев;
- комбинированных стен в грунте, сочетающих в себе верхние ярусы несущих стен при нижнем противодиффузионном ярусе;
- комбинированных стен заглубленных сооружений в водоносных пластах большой или неограниченной мощности с созданием на требуемой глубине в основании искусственного водоупора.

#### **1.4. Эффективная область применения метода “стена в грунте”**

Эффективность метода “стена в грунте” может проявляться двояко: когда метод “стена в грунте” является единственным технически возможным методом строительства и его нельзя заменить никаким другим методом, а также когда из нескольких технически возможных методов строительства заглубленного сооружения метод “стена в грунте” является наиболее эффективным по выбранному критерию сравнения. В первом случае область эффективности называют областью незаменимости метода “стена в грунте”. Во втором — областью сравнительной экономической эффективности.

*К области незаменимости метода “стена в грунте” относятся, в частности, следующие случаи:*

- сооружение имеет в плане большие размеры и очень сложную конфигурацию, что исключает возможность успешного применения метода опускного колодца из-за большой вероятности его частых перекосов при опускании, а большая глубина заложения сооружения в водонасыщенных неустойчивых грунтах и сжатые сроки исключают возможность строительства его в открытом котловане;

- сооружение имеет разную ступенчато- или плавно меняющуюся глубину заложения стен по его периметру, что также исключает возможность его возведения методами опускного колодца и в открытом котловане;

- сооружение закладывается на значительную глубину в сильно проницаемых суффозионных и подверженных выпору грунтах в условиях отсутствия в его основании водоупорных пластов для сопряжения с ними противофильтрационных шпунтовых или ледопородных диафрагм;

- сооружение большого размера в плане и большой глубины строится в суровых климатических условиях при длительном периоде морозов, что практически исключает его возведение опускным методом из-за опасности примерзания конструкций к окружающему грунту, а возведение его в открытом котловане невозможно в требуемые сроки из-за сильных морозов;

- строительство сооружения производится в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений на стесненной площадке, когда опускной метод и строительство в открытом котловане исключаются из-за возникновения опасности нарушить устойчивость смежных сооружений (эти случаи наиболее часты в связи с реконструкцией и расширением промышленных предприятий и подземных объектов в городах);

- сооружение является незамкнутым, то есть линейным или линейно-протяженным (противофильтрационная диафрагма, подпорная стенка или галерея), осуществление которого методом опускного колодца вообще невозможно, а сооружение в открытом котловане также заведомо исключается из-за явной технической нецелесообразности (большие глубины заложения);

- сооружение представляет собой канализационный коллектор, который необходимо уложить в короткие сроки в неустойчивых водонасыщенных грунтах в глубокой траншее при отсутствии металлического шпунта.

Из приведенных примеров незаменимости метода “стена в грунте” видна особо важная роль, которую играет этот метод в техническом прогрессе строительства заглубленных сооружений.

Таблица 1.1

## Области эффективного применения методов строительства заглубленных сооружений

Грунт	Площадь сооружения, м <sup>2</sup>	Глубина, м, при которой рекомендуется метод строительства		
		в открытом котловане, до	опускной более	«стена в грунте», более
Пески естественной влажности	75	5	5,5	5
	450	6,5	8,5	6,5
	1250	11,5	16	11,5
Суглинки естественной влажности	75	5	6	5
	450	6	10	6
	1250	13	18,5	13
Пески водонасыщенные	75	5	5	5
	450	5	5	5
	1250	7	10	7
Суглинки водонасыщенные	75	5,5	6	5,5
	450	9	11,5	9
	1250	17	20	17

Исследования показали, что метод “стена в грунте” при разных грунтовых условиях, разных размерах сооружений в плане и по глубине заложения имеет область применения более широкую, чем методы строительства в открытом котловане и опускного колодца (таблица 1.1).

Наряду с выяснением области незаменимости или сравнительной эффективности метода “стена в грунте” следует установить также и *область неприменимости* этого метода:

- крупнообломочные грунты с пустотами между отдельными камнями, не заполненными мелкозернистыми грунтами, в результате чего глинистая суспензия с большими скоростями проваливается в грунт и траншеей создать не удастся;

- карстовые грунты с пустотами, которые также могут служить путями для утечки глинистой суспензии, в результате чего ее горизонты в траншее не удастся поддержать на нужном уровне, что приводит к быстрому обрушению стенок траншеи;

- текучие илы, особенно когда они залегают у поверхности земли;

- насыпные грунты на территории современных и древних свалок, имеющие включения твердых, в частности металлических предметов, таких как рельсы и балки, а также пересекающие трассу траншеи, подземные сооружения и инженерные сети, перенос которых невозможен;

- твердые включения, в частности валуны, если их размеры превышают 150—200 мм.

Преимущества метода “стена в грунте” настолько велики, что поиски путей преодоления приведенных выше ограничительных факторов ведутся очень интенсивно.

## **ГЛАВА 2**

# **КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ МЕТОДОМ “СТЕНА В ГРУНТЕ”**

### **2.1. Эксплуатационные и прочностные требования**

При выборе марки бетона обычно учитываются следующие факторы: особенности конструкций и характер возникающих в них усилий, сборность или монолитность их, бетонирование в обычных условиях или под слоем глинистой суспензии, расположение конструкций по отношению к уровню грунта, грунтовых вод, глубине промерзания и т.д., температура наиболее холодного месяца для данного района строительства, число циклов замораживания и оттаивания в течение года, показатели (степень) агрессивности грунтовых вод.

Для сооружений, возводимых методом “стена в грунте” из монолитного железобетона, используется бетон марок по прочности на сжатие 250—300 , а для сооружений из сборного железобетона — только 300. Железобетонные днища преимущественно выполняются из бетона марок 200, 250.

По водонепроницаемости бетона стен и днища заглубленных сооружений принимаются его марки в зависимости от градиента напора, определяемого как отношение максимального напора к толщине ограждающих конструкций. При этом в зависимости от градиента (5—10, 10—12, более 12) принимается бетон марки БГТ по водонепроницаемости соответственно В6, В8 и В12.

Марку бетона БГТ по морозостойкости принимают в зависимости от зонального расположения расчетного уровня грунтовых вод, среднемесячной температуры наиболее холодного месяца, числа циклов попеременного замораживания и оттаивания в течение года, а также глубины промерзания грунта. Для тех конструктивных элементов, например стеновых панелей, которые нельзя расчленить по зонам, марку по морозостойкости устанавливают по наиболее опасной зоне. Как правило, проектную марку бетона по морозостойкости принимают в пределах Мрз 150—Мрз 300. После принятия марки бетона по морозостойкости устанавливают возможность ее получения

Таблица 2.1

**Марки бетона, применяемые для строительства заглубленных сооружений методом “стена в грунте”**

Проектная марка бетона		
по прочности на сжатие	по водонепроницаемости	по морозостойкости
M200	B6	MP3 150
M350	B8	MP3 200
M300	B12	MP3 300

при намеченной марке по прочности на сжатие, а при необходимости ее увеличивают.

Предварительный выбор проектных марок бетона при проектировании сооружений и отсутствии данных по испытаниям бетона осуществлялся по характеристикам бетона на портландцементе, приведенным в таблице 2.1.

Особыми свойствами должен обладать бетон, укладываемый методом подводного бетонирования (метод вертикально перемещающейся трубы — ВПТ) под слоем глинистой суспензии.

Прочность бетона для бетонирования под слоем глинистой суспензии на практике применяют на 10% выше требуемой по расчету. Размеры фракций крупного заполнителя при бетонировании железобетонных стен с учетом прохождения через бетонолитную трубу и через арматурный каркас принимают не более 30 мм, а прочность гравия и щебня — не менее 8000 Н/см<sup>2</sup>. В качестве заполнителя используют промытый песок, который содержит до 20% мелких частиц крупностью менее 0,3 мм. Время схватывания цемента должно быть не менее 2 час. Расход его на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси — не менее 380—400 кг.

В обычных, не предварительно напряженных конструкциях применяют преимущественно стержневую горячекатаную арматурную сталь класса А-III и арматурную проволоку периодического профиля класса Вр-I и гладкую класса В-I. Для монолитных конструкций, бетонлируемых методом ВПТ, для лучшего сцепления арматуры с бетоном применяют только сталь пе-



риодического профиля. Горячекатаную сталь периодического профиля класса А-II применяют только тогда, когда сталь класса А-III эффективно использовать нельзя. Горячекатаная гладкая арматурная сталь класса А-I применяется для арматурных выпусков, отгибаемых в процессе производства работ и предназначенных для связи с внутренними стенами и днищем, а также для конструктивной и монтажной арматуры. Для закладных деталей и соединительных накладок применяется горячекатаная сталь марки Ст-3.

## **2.2. Нагрузка, расчетные схемы, расчет конструктивных элементов сооружений**

Все нагрузки, действующие на сооружения, подразделяются на постоянные и временные. Последние, в свою очередь, подразделяются на длительно действующие, кратковременные и особые.

При расчете заглубленных сооружений по предельным состояниям возможные отклонения нагрузок от нормативных значений учитываются соответствующими нормативными коэффициентами перегрузок.

Расчеты выполняются на наиболее невыгодные сочетания нагрузок и воздействий для отдельных элементов, сечений или всей конструкции в целом, которые могут возникнуть при эксплуатации сооружений и в процессе строительства. При расчете конструкций на основные сочетания нагрузок, включающие одну кратковременную нагрузку, значение последней учитывалось без снижения, а при расчете на основные сочетания нагрузок, включающие две или более кратковременные нагрузки, расчетные значения этих нагрузок или соответствующих им усилий умножались на коэффициент сочетаний  $n_c = 0,9$ . При расчете конструкций и оснований на особые сочетания нагрузок расчетные значения кратковременных нагрузок или соответствующих им усилий умножались на коэффициент сочетаний  $n_c = 0,8$ , если в нормах проектирования конструкций и оснований не приводились иные значения.

Из общего числа возведенных заглубленных сооружений примерно 70% относятся к водопроводно-канализационным

заглубленным сооружениям: насосным станциям, водозаборам, емкостным сооружениям. При расчете водопроводно-канализационных сооружений рассматривают следующие случаи:

- строительный (один или несколько) — возведены стены, грунт извлечен полностью или частично;

- эксплуатационный (один или несколько) — сооружение не заполнено водой или сооружение заполнено водой полностью или частично, а его конструктивные элементы подвержены неравномерному нагреву.

### **Нагрузки и воздействия, возникающие в условиях эксплуатации сооружения**

Они рассчитываются так же, как и нагрузки для условий строительного периода. При этом нормативное значение массы строительных конструкций сооружения определяют исходя из нормативной массы всех конструкций надземной части сооружения, опирающихся на подземную часть. При расчете подземной части на сочетание нагрузок от дополнительного давления грунта, возникающих в условиях эксплуатации (рис. 2.1), соблюдается условие:

$$P_{г,1}^H + p_{г,2б}^H + p_{г,2в}^H + > 0,1p_{г}^H . \quad (2.1)$$

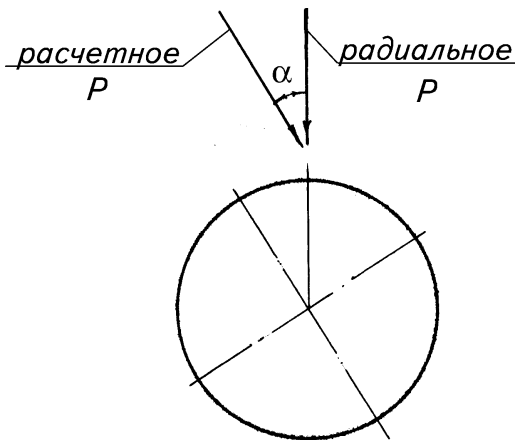


Рис. 2.1. Схема воздействия горизонтальных давлений на круглый колодец

При расчете нормативного значения гидростатического давления грунтовых вод принимается прогнозируемый повышенный средний уровень грунтовых вод соответствующей обеспеченности в зависимости от класса сооружения. При определении нормативного значения дополнительного давления грунта на сооружение, вызываемого нагрузками от массы вблизи расположенных зданий и сооружений, а также стационарного оборудования, вертикальная нагрузка прикладывается по подошве их фундаментов.

Расчет несущих конструкций заглубленных сооружений производится по первой и второй группам предельных состояний. При этом стены рассчитываются по прочности, устойчивости, деформациям и раскрытию трещин, а основания — по устойчивости и деформациям.

Помимо этого, учитывая, что сооружения, возводимые методом “стена в грунте”, строятся преимущественно в водонасыщенных грунтах, производится проверка устойчивости их на всплытие и на общую устойчивость при сдвиге по основанию.

Расчет железобетонных конструкций, выполняемых методом “стена в грунте”, по несущей способности производится на воздействие расчетных нагрузок (с учетом коэффициентов перегрузки), а по деформациям и по раскрытию трещин — на воздействие нормативных нагрузок. Расчеты сооружений производятся на наиболее невыгодные сочетания нагрузок:

- в строительный период — по расчетным схемам, учитывающим условия производства работ;

- в условиях эксплуатации — по расчетным схемам, учитывающим наличие днища, внутренних конструкций стен, перекрытий, колонн и т.д., включая нагрузки от всего расположенного внутри сооружения оборудования, технологических жидкостей, от опирающегося на подземную часть надземного здания, а также с учетом рядом расположенных сооружений.

В сборных железобетонных сооружениях проверяют также прочность железобетонных стеновых панелей в условиях изготовления, транспортирования и монтажа. При этом в качестве нагрузки принимают собственную массу панели (с учетом коэффициентов перегрузки), а размещение опор — в зависимо-

ти от принятой схемы строповки и опирания панелей на подкладки.

**Расчетные схемы сооружений.** Расчетная схема сооружения определяется его конструкцией, технологией производства, а также технологией возведения подземной части здания и сооружения. В настоящее время разработано и применяется в проектной практике значительное количество расчетных схем заглубленных сооружений. Анализ их показывает, что все они могут быть сведены к трем схемам (рис. 2.2):

1) круглое в плане сооружение без опорных поясов, рам и распорок, устойчивость которого обеспечивается за счет работы оболочки;

2) круглое, прямоугольное, многоугольное в плане сооружение, устойчивость которого обеспечивается при помощи опорных рам, поясов, распорок, анкеров;

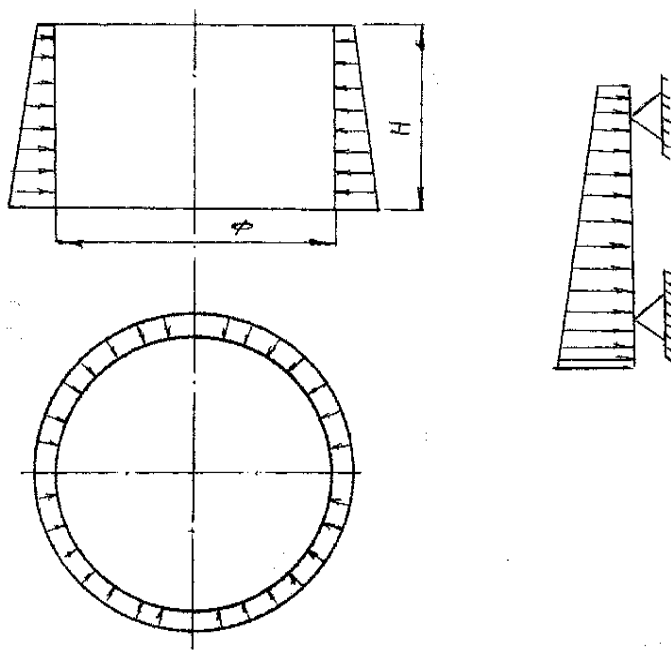


Рис. 2.2. Расчетные схемы заглубленных сооружений

3) сооружение типа подпорной стены, устойчивость которой обеспечивается за счет заземления в грунт нижней части стены.

**Расчет круглых в плане сооружений без опор.** В настоящее время круглые в плане сооружения без промежуточных опор выполняют как из сборного, так и монолитного железобетона, причем при устройстве сооружений из сборного железобетона стены выполняют как с жесткими, так и с шарнирными стыками между сборными стеновыми панелями, а в монолитных сооружениях стыки между отдельными блоками шарнирные. Сооружения из сборного железобетона в плане представляют собой многоугольник, приближающийся к форме круга. Однако применение плоских панелей значительно упрощает их изготовление.

**Расчет круглых и прямоугольных сооружений в плане с опорами.** Круглые и прямоугольные сооружения в плане с опорами в виде колец, рам, распорок и анкеров получили наибольшее распространение в практике проектирования и строительства Украины. В частности, по такой схеме рассчитаны насосные станции Южного и Северного горнообогатительных комбинатов, Ново-Днепровского водопровода, Черкасского ПО "Азот" и другие сооружения. Они рассчитывались в условиях плоской задачи.

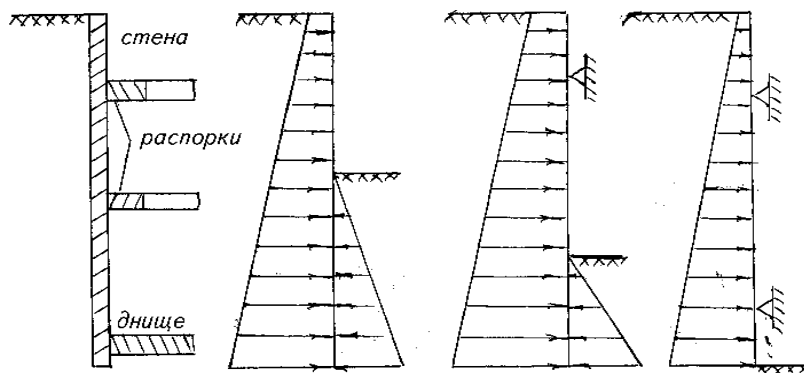


Рис. 2.3. Расчетная схема сооружения со стенами с промежуточными опорами

На рис. 2.3 показана расчетная схема сооружений с двумя рядами опор по высоте на строительный период. Как видно из приведенного рисунка, стены сооружения рассчитываются поэтапно.

*Первый этап* — грунт открыт до отметки, позволяющей установить опору верхнего яруса. Стены сооружения в этом случае рассчитываются как тонкая подпорная безанкерная (консольная) стена.

*Второй этап* — грунт открыт до отметки, позволяющей установить опору второго (нижнего) яруса. Опора верхнего яруса воспринимает полную нагрузку. Стены сооружения в этом случае представляют собой одноанкерную тонкую подпорную стену и рассчитываются любым из известных точным или приближенным методами.

*Третий этап* — грунт открыт до отметки основания днища. Опоры верхнего и нижнего ярусов воспринимают полную нагрузку. Стены сооружения в этом случае рассчитываются как неразрезные балки на двух или более опорах, загруженные трапециевидальной нагрузкой.

**Расчет консольных стен (первый этап).** Устойчивость незаанкеренных тонких стен обеспечивается только сопротивлением грунта, в котором они защемлены. Один из самых простых методов расчета свободно стоящей тонкой стенки основан на допущении, что она, не деформируясь, поворачивается в грунте

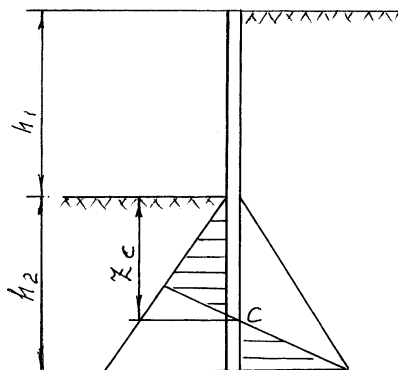


Рис. 2.4. Расчетная схема тонкой незаанкеренной подпорной стены

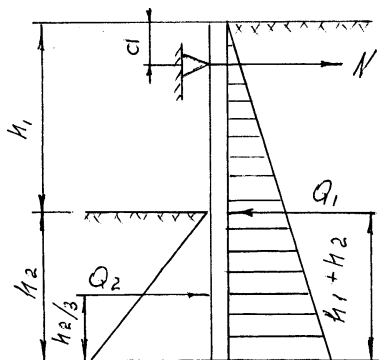


Рис.2.5. Расчетная схема тонкой заанкеренной подпорной стены

вокруг некоторой точки  $C$ . Эта точка находится на глубине  $z_c = 0,8h^2$  от поверхности грунта (рис. 2.4). Глубина заделки стены в грунт определяется из условий равновесия активного и пассивного давления грунта.

**Расчет стены с одной опорой (второй этап).** Стена с опорой рассчитана как шарнирно опертая в точке опоры. При этом с наружной стороны сооружения учитывается активное действие, а с внутренней — пассивное сопротивление. Схема действия сил показана на рис. 2.5.

В зависимости от глубины заделки стены в грунте возможны две основные расчетные схемы, когда глубина заделки определяется только условием статистического равновесия против выпора (схема Э.К. Якоби) и когда она принимается по критерию получения минимальных величин изгибающих моментов (схема Блюма — Ломейера). Как правило, в практических расчетах проверка устойчивости стены выполняется по первой схеме. В этом случае для определения необходимой глубины защемления сила активного давления  $Q_1$  должна уравниваться силой пассивного сопротивления  $Q_2$  с учетом коэффициента условий работы  $m$ .

**Расчет стены с двумя или несколькими опорами (третий этап).** При устройстве стен с двумя или несколькими опорами возможны две принципиально различные схемы — с защемлением нижней части стены в грунте и без устройства защемле-

ния. Опыт проектирования и строительства показывает, что преимущественно распространена вторая схема, то есть устройство стены без заземления ее нижней части в грунт. Поэтому стены заглубляют ниже основания днища обычно на 0,5—1,2 м. В этом случае нижняя часть стены (до устройства днища) работает как консоль неразрезной балки, опорами которой являются пояса или анкеры, а сама стеновая панель рассчитывается как неразрезная балка на жестких опорах, нагруженная давлением грунта и грунтовых вод.

На рис. 2.6 показана однопролетная стена с консолями, нагруженная трапецидальной нагрузкой.

**Расчет поясов и колец жесткости.** Пояса и кольца жесткости представляют собой горизонтальные рамы прямоугольной или круглой формы в плане. Эти конструкции воспринимают опорные реакции стен. Пояс жесткости проверяется также на устойчивость в горизонтальной плоскости. В прямоугольных сооружениях пояса жесткости рассчитываются как прямоугольные рамы. Так, в прямоугольном колодце размером в плане

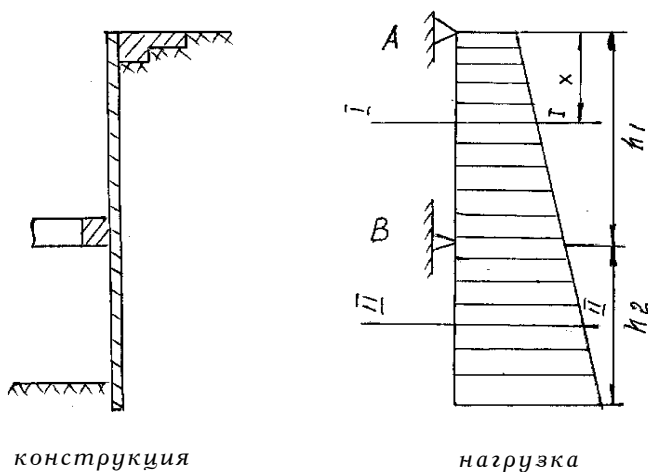


Рис. 2.6. Расчетная схема тонкой заанкеренной неразрезной стены с двумя опорами



А х В м без распорок изгибающие моменты и перерезывающие силы определяются по формулам:

$$M_{\text{оп}} = -\frac{R}{12} \cdot \frac{(A^2 + B^2)X}{1 + X}$$

$$M_{\text{прА}} = 0.125 \cdot R \cdot A^2 - M_{\text{оп}}$$

$$M_{\text{прВ}} = 0.125 \cdot R \cdot B^2 - M_{\text{оп}}$$

$$N_A = 0.5 \cdot R \cdot B$$

$$N_B = 0.5 \cdot R \cdot A$$

$$X = \frac{\delta_2^3}{\delta_1^3} \cdot \frac{B}{A},$$

где  $b_1, b_2$  — толщина сторон пояса;  $R$  — нагрузка на пояс.

**Расчет днища сооружения.** Днища сооружений рассчитываются на прочность как пластинка, загруженная равномерно распределенной нагрузкой, с краями, шарнирно опертыми на стены. В качестве нагрузки принимают сумму сопротивления грунта и гидростатического давления грунтовых вод, если величина постоянных вертикальных нагрузок больше сил всплывания; гидростатическое давление грунтовых вод, если величина всех постоянных вертикальных нагрузок сооружения меньшей силы всплывания (когда сооружение заанкерено в прилегающем грунтовой массе). Расчет прочности днища на отпор грунта производят как расчет пластины, лежащей на упругом основании, а расчет днища сооружения на гидростатическую нагрузку — как расчет пластины с шарнирными опорами, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. В том случае, если в сооружении устраивают внутренние стены и перегородки, днище проверяют как многопролетную пластину.

**Расчет сооружения на всплытие.** Сооружения, погруженные ниже уровня грунтовых вод, рассчитываются на всплытие, за исключением случая, когда днище сооружения находится ниже поверхности водоупора и под ним устроен постоянно

действующий дренаж. Расчет сооружения на всплытие выполняется, как правило, в условиях строительства по формуле:

$$\frac{G_O + G_D + T + Q_{\text{пр}}}{F_O H_w \gamma_w} \geq K, \quad (2.1)$$

где  $G_O$ ,  $G_D$  — масса строительных конструкций стен и днища;  $T$  — усилие трения материала заполнения тампонажной щели по грунту при всплытии сооружения;  $Q_{\text{пр}}$  — пригрузка колодца в прилегающем грунте;  $F_O$  — площадь основания днища;  $H_w$  — расстояние от низа днища сооружения до уровня грунтовых вод;  $\gamma_w$  — плотность воды;  $K$  — коэффициент надежности, равный 1,2.

В том случае, если пригрузка сооружения не предусматривается, то  $Q_{\text{пр}} = 0$ . Если условие (2.1) не выполняется, сооружение может быть затоплено водой, временно понижен уровень грунтовых вод и выполнены другие мероприятия, обеспечивающие устойчивость его на всплытие, до устройства надземной части сооружения.

### **2.3. Методы проектирования монолитных и сборных подземных сооружений**

**Общие положения.** Объемно-планировочные и компоновочные решения заглубленных сооружений, строящихся методом “стена в грунте”, принимаются в соответствии с назначением сооружения и технологией строительного производства. Применяемые решения должны обеспечить уменьшение расхода материалов, индустриальность конструкций, снижение стоимости строительства. Форма и размеры подземной части заглубленных сооружений, возводимых методом “стена в грунте”, определяются заданием на проектирование строительной части объекта, условиями производства работ, инженерно-геологическими условиями, применяемым оборудованием для производства работ и предварительными расчетами.

В целях унификации сооружения выполняются круглыми или прямоугольными в плане с внутренними размерами 7, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60 м. Глубина их принимается с шагом 0,6 м. Толщина ограждающих стен из

монолитного железобетона 500, 600, 800, 1000 и 1200 мм. Толщина плоских стеновых панелей из сборного железобетона 300, 400, 500, 600, 700, 800 мм, ребристых — 120, 150, 180, 200 мм; минимальная толщина днища 300 мм; толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры в наружных стенах 30 мм, в основании днища — 35 мм.

Сооружения выполняются также в виде подпорной стенки — прямой или изломанного очертания.

При строительстве сооружений в водонасыщенных грунтах, помимо ограничений по статике, решают технико-экономическую задачу по выбору конструктивного решения, обеспечивающего минимальный приток грунтовых вод в котлован сооружения. В результате проведенных в НИИСП Госстроя Украины исследований установлено, что в тех случаях, когда водоупор находится на глубине 2—3 м ниже основания днища, стены сооружения доводят до водоупора и врезают в него на глубину 0,5—1,0 м.

При глубинах залегания водоупора ниже основания днища на 5—7 м нижняя часть стены (ниже днища) выполняется в виде противофильтрационной диафрагмы из твердеющего или нетвердеющего материала. В том случае, когда водоупор расположен на больших глубинах или практически отсутствует, нижняя часть стены может выполняться в виде несовершенной, то есть не доведенной до водоупора диафрагмы. В этом случае, глубинное водопонижение может быть заменено поверхностным водоотливом, что обеспечивает значительный экономический эффект.

**Сооружения со стенами из сборного железобетона.** Сооружения со стенами из сборного железобетона выполняют из плоских и ребристых стеновых панелей, а также объемных пустотных блоков. Как показали проведенные в НИИСП исследования, плоские стеновые панели целесообразно применять в прямоугольных и круглых в плане сооружениях глубиной до 10—12 м, ребристые стеновые панели эффективны для прямоугольных сооружений в плане глубиной до 14—15 м, а пустотные объемные блоки эффективны для устройства подпорных стен глубиной до 15—18 м. Членение стены на сборные элементы выполняется в зависимости от расчетной схемы сооружения. В настоящее время членение ограждающих стен на сборные элементы

выполняется вертикальными швами. При устройстве стен глубиной свыше 12—15 м (кроме стен из коробчатых блоков, длина которых достигает 24 м) между стеновыми панелями предусматривается устройство горизонтальных швов.

**Сооружения со стенами из монолитного железобетона.** Стены из монолитного железобетона можно возводить практически любой требуемой глубины. В настоящее время освоена технология устройства стен глубиной до 36 м (подземный автостоянка в Москве на проспекте Мира). Толщина монолитных стен в грунте определяется шириной рабочего органа разрабатывающего механизма и составляет 600—1200 мм. Монолитные стены возводятся отдельными захватками, длина которых 3,0—6,0 м. Длина захваток назначается в зависимости от типа грунта, характеристики условий строительства, разрабатывающего механизма, нагрузки на борт траншеи и других факторов. Между захватками устанавливаются ограничители — торцевая опалубка, с помощью которых формируются вертикальные стыки между блоками бетонирования. В зависимости от конструкции ограничителей стыки между блоками выполняются рабочими или нерабочими. При устройстве нерабочих стыков применяются извлекаемые или неизвлекаемые ограничители в виде металлических труб или свай.

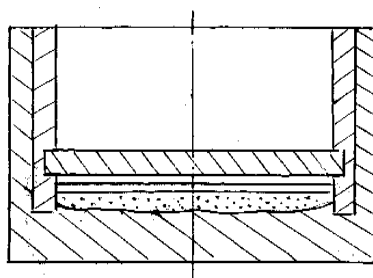
**Днища, перекрытия и внутренние стены.** Конструкцию основания под днищем выбирают в зависимости от принятого способа разработки грунта изнутри сооружения (рис. 2.9) При разработке грунта насухо с водопонижением или водоотливом под днище укладывают слой дренирующего материала, после чего устраивают подготовку из тощего бетона. При разработке грунта из-под воды в основании устраивают бетонную подушку или водопроницаемый пригруз из камня. Бетонные подушки выполняют при строительстве сооружений малого размера в плане с расстоянием между стенами до 10 м. При устройстве днищ в сооружениях большего пролета предусматривают устройство проникаемого пригруза.

Днище всегда выполняют из монолитного железобетона. Армируют его двумя рядами арматурных сеток — верхним и нижним. Сетки укладывают взаимно перпендикулярно. При шарнирном соединении стены с днищем по контуру последнего укладывают гнутые сетки. Верхние сетки укладывают по

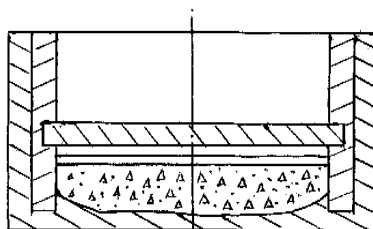
поддерживающим каркасам. При больших размерах днища предусматривают разрез днища на блоки бетонирования.

Перекрытия в заглубленных сооружениях проектируют в сборном железобетоне по типу междуэтажных перекрытий промышленных зданий. В круглых в плане сооружениях участки, примыкающие к стенам, выполняют монолитными. При проектировании перекрытий учитывают их работу в плоскости на сжатие, вызываемое давлением грунта на стены. Внутренние стены выполняют из тех же панелей, что и наружные. Опира-ние на стены — шарнирное.

**Гидроизоляция.** Тип и конструкцию гидроизоляции назначают в зависимости от типа сооружения, гидростатического уровня грунтовых вод, трещиностойкости конструкций. В монолитных сооружениях гидроизоляция стен не выполняется. В сборных сооружениях для стеновых панелей изоляцию устраивают из торкретштукатурки или окрасочной битумно-полимерной, а также дегтеполимерной композиции.



*Для сухих грунтов*



*Для водонасыщенных грунтов*

Рис. 2.7. Конструкция оснований днища

**Воротник траншеи.** Воротник устраивают только при строительстве несущих стен в траншеях под глинистым раствором. Он может быть постоянным и входить в состав возводимого сооружения как самостоятельный конструктивный элемент или же временным и устраиваться только на период отрывки траншеи. На период ее разработки и монтажа в ней стеновых конструкций воротник используют для закрепления ее верхней части и перераспределения нагрузок от монтажных кранов и работающего механизма и временного закрепления стеновой панели в монтажном положении.

В период эксплуатации сооружения воротник траншеи может использоваться как верхнее опорное кольцо, кольцевой эксплуатационный балкон, анкер — площадка против всплытия.

## **2.4. Конструктивные решения подземных сооружений**

Создание новой индустриальной технологии строительства методом “стена в грунте” потребовало разработки новых конструктивных и объемно-планировочных решений заглубленных зданий и сооружений, учитывающих особенности этой прогрессивной технологии производства работ.

**Насосные станции первого подъема, совмещенные с водозабором.** Учитывая, что насосные станции, совмещенные с водозабором, строят на берегу водоема и, следовательно, в сложных инженерно-геологических условиях, метод “стена в грунте” нашел широкое применение при строительстве таких сооружений. Эти сооружения выполняются круглой или прямоугольной формы в плане. Максимальный диаметр сооружения 48 м, минимальный 12 м. Глубина заложения сооружения 6—12 м.

**Горизонтальные отстойники.** Отстойники выполняют в виде емкости с проницаемым днищем с размерами в плане 48 х 66 м и глубиной 11 м. Циркуляционными перегородками отстойник разделен на 6 коридоров. Перекрытие смонтировано по сетке колонн 6 х 6 м. Ограждающие стены выполнены способом “сборная стена в грунте” из плоских панелей толщиной 300 мм. Устойчивость панели на период производства работ обеспечивается путем защемления ее в грунт на глубину 6,5 м. При

эксплуатации сооружения устойчивость панелей обеспечивается также наличием перекрытия.

Использование тонких стеновых панелей взамен гравитационных стен позволило уменьшить объем железобетона на 1012 м<sup>3</sup> (то есть на 39,8%), массу арматуры и проката — на 72 т (16,8%).

**Подпорные стены.** Разработаны и осуществлены конструкции подпорных стен ячеистого типа, а также конструкции тонкостенных подпорных стен, являющихся ограждениями. Конструкция ячеистых подпорных стен позволяет уменьшить объемы земляных работ на 80%, сократить расход железобетона на 12%.

## **ГЛАВА 3**

### **ГЛИНИСТЫЕ СУСПЕНЗИИ, СОСТАВ, СВОЙСТВА, СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ**

#### **3.1. Назначение глинистых растворов, их свойства**

При строительстве методом “стена в грунте” для количественной характеристики свойств глинистой суспензии принята выработанная опытом, совокупность ее эксплуатационных параметров, включающая плотность, условную вязкость, статистическое напряжение сдвига, показатель водоотдачи, толщину глинистой корки, стабильность. Одним из основных требований к глинистым суспензиям является обеспечение ими устойчивости стен траншей как в период ее разработки, так и в период последующего возведения в ней стеновых конструкций. Глинистая суспензия, заполняющая разрабатываемую или уже готовую траншею, должна предотвращать обрушение последней, создавая требуемое гидростатическое противодействие, превышающее в любой точке на стенке траншеи активное давление окружающего грунта и грунтовых вод. Для этого она должна обладать необходимой плотностью, которая достигается соответствующим подбором состава суспензии. Контроль за плотностью суспензии в полевых условиях и лаборатории осуществляется при помощи ареометра марки АГ-2.

Условную вязкость суспензии, характеризующую ее подвижность, измеряют временем истечения (в секундах) 500 мл глинистой суспензии через воронку вискозиметра СПВ-5. Требования к вязкости глинистой суспензии противоречивы. Для уменьшения сопротивления рабочих органов землеройных машин эта вязкость должна быть по возможности меньшей, а для того, чтобы глинистая суспензия удерживала во взвешенном состоянии частицы разрабатываемого грунта и предотвращала их осаждение на дно траншеи, она должна быть достаточно большой. Одновременно для обеспечения требуемой толщины заглинизированного слоя экрана суспензия должна быть подвижной, т. е. маловязкой, а для обеспечения прочности этого слоя — достаточно вязкой. На практике всем этим требованиям обычно удовлетворяет условная вязкость суспензии  $T$ , равная 20—25 с.



Статическое напряжение сдвига (СНС) характеризует прочность структуры суспензии и способствует образованию прочного экрана на стенке траншеи, а также лучшему взвешиванию грунтовых частиц суспензии, но снижает производительность разрабатывающих траншей землеройных машин с быстро вращающимся рабочим органом. Статическое напряжение сдвига, выражаемое в Па, определяется при помощи прибора СНС-2, основанном на измерении сопротивления вращению цилиндра в вязкой суспензии. СНС определяют через 1 мин. и 10 мин. после перемешивания суспензии. Приемлемое значение СНС через 10 мин. после перемешивания находится в пределах 2—5 КПа, причем верхний предел этой величины относится к разработке траншей в крупных песках.

Показатель водоотдачи суспензии является также важным и выражает ее способность отдавать воду окружающим траншеею водопроницаемым грунтам и породам. Водоотдача измеряется прибором ВМ-6 под давлением 0,1 МПа за 30 мин. на площади 100 см<sup>2</sup>. Она не должна превышать 25—30 мл.

Толщина глинистой корки на стенках траншеи, создаваемых под глинистой суспензией, имеет особо важное значение, если ширина или диаметр скважины невелики и в результате фильтрации чистой воды из них в окружающий грунт на стенках выработки образуется глинистая корка большой толщины и остающийся просвет окажется меньше требуемого. Показатель “толщина глинистой корки” определяется на фильтровальной бумаге в приборе ВМ-6 одновременно с определением показателя “водоотдача глинистой суспензии” и принимается равным 3—4 мм.

Важным также является показатель стабильности глинистой суспензии, характеризующий ее способность, оставаясь в покое, не расслаиваться. Он определяется в сосуде ЦС-2 емкостью 800 мл через 24 часа после его наполнения как разность объемных масс верхних и нижних слоев глинистой суспензии. Этот показатель не должен превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>. Стабильность глинистой суспензии измеряется также относительной величиной так называемого отстоя, т.е. отношением объема чистой прозрачной воды к общему объему суспензии после суточного пребывания ее в покое в градуированном цилиндре вместимостью 100 мл. Если показатель стабильности выше указанной

Таблица 3.1

### Параметры глинистых суспензий

Параметры глинистых суспензий	Значение параметров	Прибор для определения
Плотность, г/см	Определение расчетом устойчивости стен	Ареометр АГ-2
Водоотдача, мл на 100 см	25-50	Прибор ВМ-6
Стабильность	0,02	Сосуд ЦС-2
Вязкость, с	20-25	Вискозиметр СПВ-5
Статическое напряжение сдвига, мг/см	20-50	Прибор СНС-2
Содержание песка, %	4	Отстойник ОМ-2
Толщина глинистой корки, мм	2-5	Прибор ВМ-6
Концентрация водородных ионов, ОН	8-11,5	Потенциометр 8

величины, также глинистые суспензии называются расслаивающимися или нестабильными.

Водородный показатель (рН), выражающий концентрацию водородных ионов в суспензии, важен для ее тиксотропных свойств, наиболее ярко проявляющихся при рН 8—10. Максимальная стабильность суспензии имеет место при рН 10, 5—11,5.

Содержание песка и недиспергированных частиц в глинистой суспензии определяют в приборе-отстойнике ОМ-2 и выражают в процентах от объема суспензии. Допустимое содержание песка принимают равным 4%. Избыток песка в суспензии удаляется: крупный — процеживанием, а средний и мелкий — в отстойниках или гидроциклонах.

В таблице 3.1 приведены основные параметры глинистой суспензии и рекомендованы приборы для их определения.

Для приготовления высококачественных тиксотропных суспензий применяют бентонитовые высокодисперсные и местные глины, которые должны иметь следующие предварительные характеристики:

1. Плотность — 2,7-2,75 г/см<sup>3</sup>.
2. Число пластичности — не менее 20.
3. Набухание — не менее 15-20%.
4. Влажность на пределе раскатывания — не менее 25%.
5. Гранулометрический состав песчаных частиц размером 1,0—0,05 мм.

Местные глины могут быть обгажены добавками привозных качественных глин. В каждом конкретном случае выбор глины для приготовления глинистых суспензий должен быть обоснован лабораторными исследованиями и технико-экономическим расчетом.

Применение суспензий из дешевых глин дает большой экономический эффект, так как это не только снижает общую стоимость строительства заглубленных сооружений, но и разгружает железнодорожный транспорт, сокращает объем перевозок высококачественных бентонитовых глин, месторождения которых расположены далеко от мест их потребления. В таблице 3.2 представлены качественные характеристики глинистых суспензий для различных геологических условий.

Таблица 3.2

**Показатели тиксотропных глинистых суспензий для тиксотропных рубашек в различных геологических условиях**

Грунты	Плотность г/см <sup>3</sup>	Вязкость с	Содержание песка, %	Содержание отмытого песка, %	Суточный отстой, %
Глинистые слабопористые	1,1-1,15	20-25	4	1	2-3
Суглинки	1,1-1,2	22-30	3	0,5	0-2
Пески, склонные к обвалам	1,2-1,25	25-30	4	1	1-3
Пористые карбонатные частично поглощающие раствор	1,2	25-45	3	0,5	2
Пористые и трещиновидные	1,2	45	3	0,5	0,1
Гравийно-галечные, способные сильно поглощать раствор	1,1-1,15	20-50	1-2	0,5	0,1

Продолжение таблицы 3.2

Грунты	Водоотдача за 30 мин. см <sup>3</sup>	10 МПа		Толщина глинис.корки, мм	Стабиль- ность	Размер по конусу см
		за 1 мин.	за 30 мин.			
Глинистые слабопо- ристые	12-15	2-4	4-8	2-5	0,02-0,03	17-20
Суглинки	15-20	3-5	5-8	2-3	0,00-0,03	17-20
Пески, склонные к обвалам	12-15	3-6	6-8	2-4	0,01-0,02	15-17
Пористые карбонат- ные частично погло- щающие раствор	10-12	3-8	5-10	2-3	0,02-0,03	15-17
Пористые и трещино- видные	10	3-15	15-20	1-2	0,01-0,02	17
Гравийно-галечные, способные сильно поглощать раствор	10-12	7,5-10	15-20	1	0,01-0,02	17-20

Таблица 3.3

## Техническая характеристика глиномешалок для приготовления тиксотропных суспензий

		МГ2-4П	PM-500	PM-750	ГКЛ-2М	ССП-70
Вместимость, м <sup>3</sup>		4	0,5	0,75	2	-
Производи- тельность м <sup>3</sup> /ч	на комовой глине	4	-	-	-	24
	на глино по- рошке	6	3-5	4-8	2-4	до 70
Мощность электродви- гателя, кВт		14	4,5	7-10	14	56
Частота вращения, мин.		95	500	570	100-182	-
Габаритные размеры, мм.		3890х 3015х 1455	1500х 1400х 1300	2000х 1100х 1100	2450х 2150х 1500	1500х 1815х 2155
Количество валов глиномешалки		2	-	-	3	-
Масса, кг		3565	350	512	1985	1994
Количество насосов		-	-	-	-	2
Завод-изготовитель		Мастерские Всесоюзного объединения Гидроспецстрой Минэнерго СССР				

Продолжение таблицы 3.3

		ФСМ-3	АППЖ-4	БС-2к	ПГР-5М	ГДМ-1	ГСТ
Вместимость, м <sup>3</sup>		-	-	1-3	5	0,2	14
Производительность м/ч	на комовой глине	10-12	10-15	8-10	15	10-90	40
	на глино по- рошке	20-25	-	12-15	25	-	-
Мощность электродви- гателя, кВт		28	20	50	57	-	-
Частота вращения, мин.		500	612	1460	980	-	-
Габаритные размеры, мм.		1950х 1530х 1410	3300х 6670х 6800	6060х 4100х 2100	4000х 2080х 2350	2800х 1600х 1900	1180х 3700х 2400
Количество валов глиномешалки		-	-	-	-	-	-
Масса, кг		1400	2000	3390	4100	1120	8390
Количество насосов		-	-	-	-	-	2
Завод-изготовитель			Мастерс. Львов. объедин. РМЗ «Сарат. Минпром нефть» строя УССР				

### **3.2. Средства механизации приготовления глинистых суспензий**

Для приготовления глинистой суспензии, ее хранения и подачи в траншею при проходке, а также для откачки зашламованной суспензии из траншей на поверхность, очистки от загрязняющих ее примесей служит глинистое хозяйство. В его составе предусмотрены специальные установки и оборудование: глиномешалки для приготовления глинистых растворов, а также диспергаторы глинистых частиц; трубопроводы и лотки для перекачки суспензий и выполнения технологических процессов; оборудование для перекачки чистой и зашлавленной суспензии — насосы, эрлифты, элеваторы; установки для очистки суспензии; склады, погрузочно-разгрузочные и растарочные установки для комовой глины и глинопорошка.

Приготовление тиксотропной суспензии осуществляют с использованием глиномешалок МГ2-4П; Г2-П-2-4 емкостью 2-4 м<sup>3</sup>; быстроходных растворомешалок РМ-500 и РМ-750; трехвальных глиномешалок ГКЛ-2М; гидравлических смесителей СПП-70; фрезерно-струйных мельниц типа ФСМ-3. Их технические характеристики сведены в таблицу 3.3.

Подачу суспензии в траншею и откачку ее вместе с разработанным грунтом осуществляют поршневыми грязевыми самовсасывающими насосами и растворонасосами типа: НГР-250/50; 9МРГ; ШН-150; 11-ГР; ШН-200; С-855; С-856; НЦС-1; НЦС-4; БШН-150; НШЛ-1; ВН-4; ВНМ-18х30. Их технические характеристики приведены в таблице 3.4.

Узел очистки глинистого раствора оборудуется вибраторами, ситогидроциклонными установками. Таблицы 3.4 — 3.8.



Таблица 3.4

Наименование	Подача м <sup>3</sup> /ч	Давление Мпа	Мощность эл. двигателя кВт	Габаритные размеры мм	Масса кг
НГР-250/50	18	5	38	1444x876x932	738
11-ГР	18 и 13,5	5 и 6,3	48	1870x990x1510	1150
9М-ГР	22;36;60	10;6;3;5	160	2630x1040x1630	1760
ШН-150	150	0,3	28	685x610x640	223
ШН-200	200	0,4	—	—	—
С-855	4	3	4	—	587
С-856	6	1,5	7	—	777
НЦС-1	18-130	0,2-0,083	7,5	—	270
НЦС-2	18-130	0,2-0,08	5,9	—	276
НЦС-3	8-60	0,22-0,04	4	—	150
НЦС-4	8-60	0,22-0,04	5,9	—	205
С-317 А	6	1,5	7	1040x560x1000	390

Таблица 3.5

## Технические характеристики вибросит

ПОКАЗАТЕЛИ	МАРКА		
	СВ-1	СВС-2	СВ-2
1. Пропускная способность, л/с	20	50-55	50-60
2. Число отверстий на 1 см <sup>2</sup>			
0,35 мм	120	120	120
0,25 мм	275	275	
3. Число колебаний сетки в мин.	1400	1600-2000	1600-2000
4. Мощность электродвигателя, кВт	2,8	2,8	2,8x2
5. Габариты мм			
длина	1875	3500	
ширина	2190	3200	
высота	725	1800	
6. Масса, кг	725	2530	
7. Рабочая площадь сетки, м <sup>2</sup>	1,25	2,5	2,6

Таблица 3.6

## Техническая характеристика гидроциклонных и ситогидроциклонных установок

ПОКАЗАТЕЛИ	Гидроциклон		Ситогидроциклон		
	ОГХ-8А	2 СГУ	4 СГУ	ОГХ-8Б	
1. Производительность, д/с	2,5	30	60	5	
2. Количество сит	—	1	2	—	
3. Количество гидроциклонов	1	2	4	1	
4. Цена, в руб.	400	—	2100	—	
5. Завод изготовитель	Новочеркасский маш. стр. Завод	—	—	—	
6. Диаметр гидроцикл, мм	200	250	250 -	—	
7. Мощность эл. двигат., кВт	3,5	30,8	61,6	—	
8. Габариты, мм					
	длина	1435	2400	42500	1600
	ширина	850	1700	2400	420
	высота	1450	2465	3400	1425
9. Масса, т	0,28	2,15	4,42	0,28	
10. Насосная установка, тип	ВИМ-18х30	ВШН-150	ВШН- 150	ВН-4	
11. Мощность кВт	3,5	28	28	4,5	

Таблица 3.7

## Техническая характеристика пескоотделителей

НАИМЕНОВАНИЕ	1 ПГ	1 ПГК
1. Производительность, л/с	58,0	60,0
2. Размер частицы, мм	0,1	0,06
3. Диаметр гидроциклонов, мм	250	150
4. Материалы гидроциклонов	чугун	резина
5. Давление перед гидроциклонами, МПа	0,2-0,3	0,18-0,3
6. Марка перекачивающего насоса	ВШН-150	ВШН-150
7. Количество насосов	1	1
8. Электродвигатель привода насосов	ПО73-4	ПО73-4
9. Мощность электродвигателя, кВт	28	28
10. Габариты,		
длина	2740	2600
ширина	1450	1150
высота	2810	2150
11. Масса, кг	2004	1310

Таблица 3.8

## Техническая характеристика насосов

Наименование показателей	МАРКА			
	НГР-250/50	11 ГР	9МГР	ПН-150
Объёмная подача, м <sup>3</sup> /ч	18	18;13	22;36	150
Давление, МПа	5,0	5,0; 6,3	60; 10; 6,0	0,3
Мощность эл. двигателя, кВт	27,9	36,7	73,5	18,4
Диаметр приводного шкива, мм	615	586	900	-
Диаметр линии, мм				
всасывающий	76	100	100	150
нагнетательный	38	50	50	125
Габариты насоса, мм				
длина	1444	1870	2630	685
ширина	876	990	1040	600
высота	932	1510	1630	640
Масса, кг	738	1150	1760	223
Цена, руб.	738	920	1250	700
Завод-изготовитель			Астраханский судорем.з-д; Московский «Борец»	«Красный молот» Чечено-Ингуш. АССР

## **ГЛАВА 4**

### **ТРАНШЕЕПРОХОДЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ, РАБОТАЮЩИЕ ПО МЕТОДУ “СТЕНА В ГРУНТЕ”**

#### **4.1. Вопросы технологии и механизации разработки грунта на больших глубинах**

Оборудование, применяемое для разработки траншей под глинистым раствором, по назначению разделяют на две группы: специализированное, т.е. предназначенное только для разработки узких глубоких траншей по методу “стена в грунте”, и не специализированное, т.е. предназначенное для других работ, но с небольшими изменениями его можно использовать для разработки траншей под глинистым раствором. По способу извлечения разработанного грунта из траншеи все виды землеройного оборудования разделяют на две группы: оборудование, разрабатывающее грунт с переводом его в рабочий глинистый раствор с выносом на поверхность эрлифтной установкой, и оборудование, землеройным снарядом которого является грейфер, осуществляющий подъем на поверхность отработанного грунта с выгрузкой в транспортное средство. В первом случае необходима обратная циркуляция раствора с очисткой его от шлама, а во втором случае разработанный грунт не засоряет глинистый раствор, но увеличивается число операций, связанных с подъемом и опусканием рабочего органа.

Станки и механизмы, применяемые для разработки траншей по методу “стена в грунте”, разделяют на пять видов:

1. Буровые установки вращательного действия с погружным приводом породоразрушающего инструмента — советские установки СВД-500, СВД-500Р, станки японской фирмы “Боринг”.

2. Буровые установки вращательного действия с расположенным на поверхности приводом породоразрушающего инструмента — советские станки УРБ-ЗАМ и машины ВНИИГС; итальянские станки “Титания”, станки SF-20, S-300, PS-150 западногерманской фирмы “Зальциттер” и др.

3. Буровые установки ударного и ударно-вращательного действия советские станки УКС-22, УКС-30М, и БС-1М, станки канадской фирмы “Иканда”, французских фирм “Соле-танш”, “Беното” и др.

4. Установка с породоразрушающим инструментом скребкового типа — экскаваторы-драглайны, скребковые траншеекопатели, экскаваторы с обратной лопатой, грейферные установки, гидравлический траншеекопатель ЭПТ-1 т др.

5. Установки для забивки или вибропогружения шпунта и последующего его извлечения — станки французской фирмы “ЕТФ”, установка для вибропогружения шпунта конструкции треста “Гидроспецстрой”.

В России разработан и внедрен в практику строительства ряд конструкций землеройной техники для рытья глубоких траншей: общестроительные экскаваторы с обратной лопатой; специальные экскаваторы-драглайны; грейферы конструкции НИИСП Госстроя Украины, НИИОСП Госстроя России, ВНИИстройдормаша и др.; буровфрезерные машины типа СВД-500Р Киевского ПКО института Гидропроект им. С.Я.Жука; барражные машины института ВИОГЕМ.

В таблицах 4.1—4.4 приведены основные технические характеристики траншеепроходческих агрегатов.

Разрушение грунта в полости траншеи производят тремя методами: разрушение грунта последовательными слоями по вертикали; разрушение грунта последовательными слоями по горизонтали; разрушение грунта по вертикали сплошным забоем.

Траншею при горизонтальном забое составляют из захваток, длина которых меньше их глубин. Разработку ведут на всю длину захватки горизонтальными слоями сверху вниз. При вертикальном забое траншею разрабатывают сразу на всю глубину с одного или обоих ее концов.

Разработку траншей короткими захватками длиной 3,6—5,0 м в грунтах I—IV групп производят траншейными грейферами при глубинах до 30 м и штанговым экскаватором при длине захватки 2,2 м и глубине до 15 м, а траншеи, близкие по форме к кольцевым, разрабатывают штанговыми экскаваторами или грейферами с захватом небольшой длины.

Таблица 4.1

**Основные производственные показатели проходческих агрегатов, применяемых для сооружения траншейных стенок**

Показатели		Агрегат СВД-500Р	Установка ВНИИГС	Экскаватор-драглайн Э-2503	Станок УКС-30М
Ширина траншеи, м		0,5 — 0,7	0,5	2,5 — 4,5	0,5 — 0,9
Глубина траншеи, м		50	20	20	100
Вес рабочего органа, тс		3,5 — 7,0	—	2,5	1,5 — 2,5
Производительность в смену м <sup>2</sup>	в мягких грунтах	240	40	60	8
	в грунтах с твердой прослойкой	160	—	-	4
	в крепких грунтах	18	—	—	1
Метод разработки полости траншеи и способ транспортировки выработанной породы на поверхность		Вращател. бурение погружен. буром	Роторное вращательное бурение	Разработка забоя ковшом	Ударное бурение



Продолжение таблицы 4.1

Показатели		Станок SF-20 (ФРГ)	Станок CYS-58 (Франция)	Установка ELSE (Италия)	Станок LW Borinq (Япония)
Ширина траншеи, м		0,4 — 0,8	0,5 — 0,8	0,4 — 0,8	0,4 — 1,2
Глубина траншеи, м		20	30	25	50
Вес рабочего органа, тс		—	—	—	7,5 — 13,0
Производительность в смену м <sup>2</sup>	в мягких грунтах	150	20	30	25
	в грунтах с твердой прослойкой	—	10	—	—
	в крепких грунтах	—	1,5	—	—
Метод разработки полости траншеи и способ транспортировки выработанной породы на поверхность		Роторное вращательное бурение	Ударное бурение	Разработка забоя ковшом	Вращательное бурение погруженным рабочим органом

### Техническая характеристика грейферов и навесного

№	Наименование параметров	ГПИ Фундамент. Проект	ШГ – 500 НИИСП
1	Ёмкость ковша, м <sup>3</sup>	0,6	0,6
2	Длина захвата раскрытых челюстей, м	3,2	5,0
3	Натяжение каната полиспаста, кН	28,8	87,5
4	Базовая машина	Э-10011	Э-10011
5	Траншея ширина, м глубина, м	0,6	0,6
		20	30
6	Производительность стенки в смену, м <sup>2</sup>	—	100 — 110
7	Масса навесного оборудования, т	5,1	3,5
8	Крутизна забоя под глинистым раствором, град.	60 <sup>0</sup> — 70 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup> — 70 <sup>0</sup>

Таблица 4.2

**оборудования, применяемого при разработке траншей**

	Грейфер электрогид- равлическ.	ЭК – 800 экскаватор	ТД – 600 ТД – 1000 Драглайн	СТФ - 600
	1,0 – 1,35	0,6	0,6 – 1,2	0,8
	2,25	—	—	—
	—	—	—	—
	—	Э-1254	Э-652, Э-1254	—
	0,6 – 0,8	0,5 – 1,0	0,6 – 1,1	0,6
	30	12	12 – 18	20
	25	100	50 – 80	—
	5,0	2,0 – 2,5	1,0 – 1,7	1,0
	60 <sup>0</sup> – 70 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup> – 70 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup> – 70 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup> – 70 <sup>0</sup>

### Техническая характеристика

Показатель	ЭО-2621А	Э-5015А	ЭО-3322Б
Размерная группа	2	3	3
Вместимость основного ковша, м <sup>3</sup>	0,25	0,5	0,5
Вместимость сменных ковшей, м <sup>3</sup>	0,25-0,5	0,5	0,4-1,0
Мощность двигателя, кВт	44	55	55
Тип ходового устройства	На базе трактора	Гусеничный	Пневмо-колёсный
Продолжительность цикла «обратной» прямой лопаты, с	15(15)	16	15,5
Наибольшая глубина «высота» копания, м	3,0	4,5	5,0
Наибольший радиус копания, м	5,0	7,0	8,2
Наибольшая высота выгрузки, м	2,6	5,5	5,2

Таблица 4.3

**гидравлических экскаваторов**

	ЭО-4321	ЭО-4121А	ЭО-5123	ЭО-6122
	4	4	5	6
	0,65	1,0	1,6	2,5
	0,4-1,0	0,65-2,0	1,25-2,8	1,6-4,0
	59	95,6	125	150
	Пневмо- колёсный	Гусеничный «тракторного типа»	Гусеничный «тракторного типа»	Гусеничный
	16(15)	17(14;15)	24(20)	29(23)
	6,7	7,1(7,2)	7,3	10,7
	10,16	10,2(10,6)	10,6	11,23
	6,18	5,2	5,5	5,37

Таблица 4.4

**Максимальная глубина разработки грунтов при различных параметрах экскаваторов-драглайнов**

Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Длина стрелы, м	Глубина разработки, м при проходке	
		боковой	лобовой
0,40 - 0,50	10	4,4 - 3,8	7,3 - 5,0
	13	6,6 - 5,9	10,0 - 7,8
0,65 - 0,80	11	3,5 - 2,5	7,5 - 6,5
		6,0 - 4,5	10,5 - 9,5
1,00 - 1,25	13	5,8 - 4,9	9,5 - 7,4
	16	8,0 - 7,1	12,2 - 9,6
	15	7,4 - 6,5	12,0 - 9,6
1,60 - 2,50	18	10,7 - 9,4	16,3 - 13,1
	25	14,0 - 12,5	20,6 - 16,6

Таблица 4.5

**Характеристики буровых установок ударного, колонкового и шнекового бурения**

Наименование параметров	БС-1М	УКС-22М	УКС-3М	ЗИФ-300М	ЗИФ-650А
Глубина бурения, м	100	100	100	300	650
Ширина траншеи, м	0,4-0,5	0,5-0,6	0,4-0,9	0,13	0,2
Вес бурового инструмента, тс	2-3	1,3	2,5	1,38	2,43
Мощность электродвигателя, кВт	75	20	40	35,5	40
Диаметр каната бурового инструмента, мм	30	22	26	-	-
Диаметр бурильных труб, мм	-	-	-	50	63
Габарит станка, длина	8,8	8,6	10,0	2,3	2,7
ширина	3,4	2,3	2,6	1,1	1,2
высота	15,0	12,7	16,3	1,9	2,3
Вес станка, тс	24,0	7,6	12,7	1,4	2,4

Продолжение таблицы 4.5

Наименование параметров	СБА-800	УКБ-200	БСК-2М	СВБ-2 шнек	УАБ-130 шнек	МГБ-2	СБА-500
Глубина бурения, м	800	300	100	25	130	100	500
Ширина траншеи, м	0,15	0,13	0,13	0,15	0,2	0,18	0,14
Вес бурового инструмента, тс	1,97	1,12	0,48	1,00	1,4	1,5	1,11
Мощность электродвигателя, кВт	58,5	29,5	-	-	-	-	31
Диаметр каната бурового инструмента, мм	-	-	-	-	-	-	-
Диаметр бурильных труб, мм	60	50	42	-	-	-	50
Габарит станка, длина	2,1	2,29	1,7	-	2,5	7,2	1,6
ширина	1,1	0,89	0,71	-	1,0	3,5	1,1
высота	1,9	0,48	1,4	-	1,4	3,3	1,6
Вес станка, тс	1,97	1,12	0,48	1,0	4,0	14,8	1,1

## **4.2. Принципиальные схемы работ траншеепроходческих машин Российского производства**

В настоящее время как за рубежом, так и в нашей стране для производства работ способом “стена в грунте” применяют различные машины и оборудование, выбор которых зависит от геологических условий и объема намечаемых работ. При этом все виды землеройного оборудования условно разделяют на две основные группы: оборудование, разрабатывающее грунт с переводом его в рабочий глинистый раствор, и оборудование с ковшовым рабочим органом.

В первом случае необходима обратная циркуляция раствора с очисткой его от шлака. Во втором случае разработанный грунт, почти не засоряя глинистый раствор, извлекается из траншеи, но число операций возрастает (подъем и опускание ковшового рабочего органа).

В нашей стране область эффективного применения машин приблизительно определяется так: в нескальных грунтах при глубине до 7 м применяют общестроительные экскаваторы с обратной лопатой, при глубинах до 16 м, в основном при строительстве противофильтрационных диафрагм, — общестроительные и специальные экскаваторы-драглайны, штанговые экскаваторы, при глубинах до 25—30 м — грейферы конструкции НИИСП Украины, фундамент-проекта Минмонтажспецстроя России, НИИОСП России, Вниистройдормаша и др., при глубинах от 25 до 40 м в нескальных и скальных грунтах — бурофрезерные машины типа СВД-500Р Киевского ПКО института Гидропроект им. С.Я. Жука, при глубинах от 25 до 50 м в нескальных грунтах — барражные машины института ВИОГЕМ России, а при больших глубинах в нескальных грунтах и при любых глубинах в скальных грунтах, а также в условиях проходки скважин в обсадных трубах применяют буровые станки.

### **Буровые установки**

Буровые установки вращательного действия нашли широкое применение при образовании узких траншей по методу “стена в грунте”. Установки этого типа разделяют на две группы: установки с долотом, расположенным в конце буровой



Таблица 4.6

Техническая характеристика	Ед. Изм.	Буровая установка		
		УРБ-ЗАМ	УГБХ-150	СО-2 и УГСФ
Тип установки		Роторный		Шнековый
Диаметр бурения	мм	до 600	до 800	до 800
Глубина бурения при диаметре до 600мм	м	300	16	до 30
Мощность двигателя	кВт	40	50	40-55
Частота вращения рабочего органа	с	0,75	1;1,3;1,7;2,9	0,75

штанги, и установки со шнековым породоразрушающим рабочим органом. К первой группе относят станки с рабочими органами в виде долот — роторные станки УРБ-ЗАМ, КАМ-500, 1БА-15, а также УГБХ-150. Ко второй группе — шнековые установки СО-2. Технические характеристики буровых установок представлены в таблице 4.5—4.6.

Буровую установку УРБ-ЗАМ используют для разработки траншей при строительстве заглубленных сооружений по методу “стена в грунте”.

Грязевый насос этой установки используют для прямой промывки забоя с подачей чистой глинистой суспензии через буровую колонну труб. При этом через буровую колонну труб диаметром 168 мм пропускают воздуховодную трубу диаметром 50 мм, с расходом воздуха 5 м<sup>3</sup>/мин для получения эффекта эрлифта. Производительность станков: 15 м в смену — КАМ-500, 18 м в смену — УРБ-ЗАМ.

К числу известных зарубежных роторных буровых станков, которые применяются при строительстве методом “стена в грунте”, относятся станки фирмы Зальцгиттер (ФРГ) типов PS-150, SW-200 и S-300. Пользуются известностью также многошпиндальные буровые установки Японской фирмы Toung Boring.

### 4.3. Буровые агрегаты фрезерного типа СВД

Агрегаты СВД-500 и СВД-500Р (рис. 4.1) предназначены для образования траншей в несвязных, полускальных и скаль-

ных грунтах. Агрегат СВД-500Р снабжен специальной тележкой из двух платформ на рельсовом ходу, каждая из которых оснащена электролебедкой грузоподъемностью 8 тс. На первой платформе размещено оборудование для привода бурового снаряда, а на второй — для очистки глинистого раствора.

Буровой снаряд выполнен в виде электробура с встроенным герметизированным электроприводом. На хвостовике планетарного редуктора закреплено шарошечное или трехперое долото. Буровой снаряд, подвешенный к базовой машине, скользит по полозьям направляющего шаблона, фиксирующего его положение.

В комплект агрегата СВД-500 входит: компрессор ДК-9, ситогидроциклонная установка 4СГУ-2, две глиномешалки МГ2-4, агрегат для приготовления и укладки глиногрунтовой пасты ГЗ-1, смеситель глинистых растворов БС-2, эрлифт.

СВД-500Р представляет собой модификацию агрегата СВД-500, выполненную на рельсовом ходу с целью обеспечения строгой вертикальности и прямолинейности траншеи при работе на глубинах до 25 м. Компоновка агрегата на рельсовом ходу позволяет создать индустриальную поточную линию по образованию и заполнению траншеи в последовательности технологического цикла.

Работой агрегата управляет машинист-оператор из машины, в которой установлен пульт управления. Агрегат при проходе перемещается на заданный интервал автоматически, при этом величина перемещения задается исходя из конкретных геологических условий грунта.

#### **4.4. Агрегаты с ковшовыми рабочими органами**

К ковшовым машинам, используемым для разработки траншей, относятся экскаваторы, оборудованные обратными лопатами, траншейными драглайнами, специализированными траншейными грейферами и штангами.

*Экскаватор с грейферным оборудованием на телескопической напорной штанге ЭО-5122 (рис. 4.2.).* Грейферное оборудование предназначено для разработки в грунтах I—IV группы траншей различной конфигурации в плане шириной 0,6—0,8 м

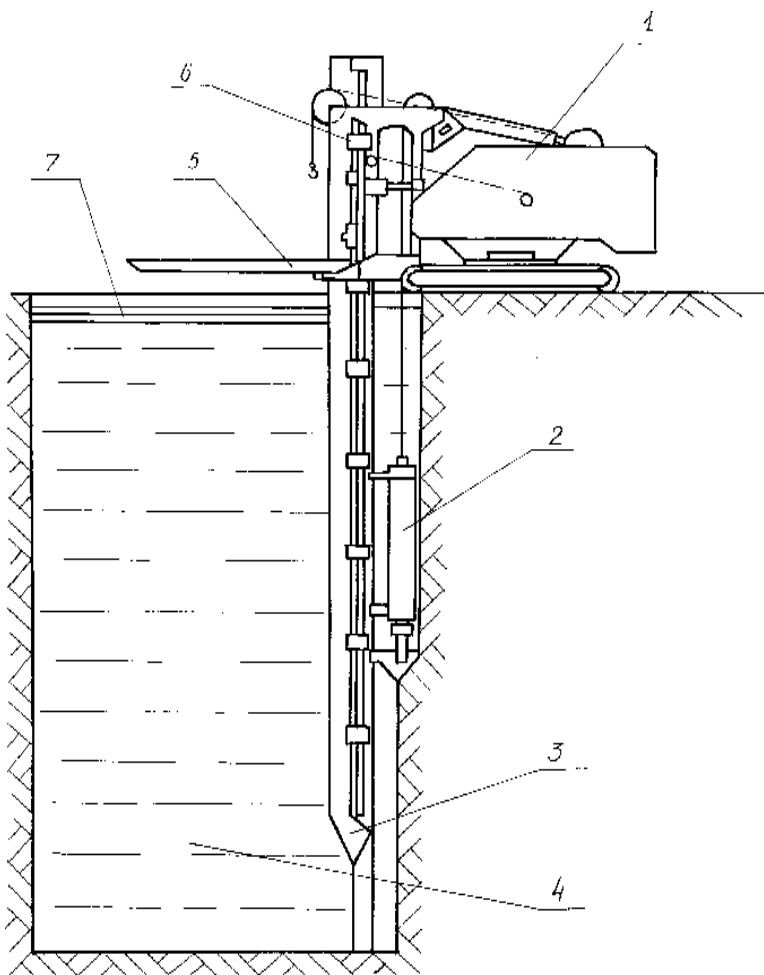


Рис. 4.1. Агрегат СВД-500: 1 — базовая машина; 2 — буровой снаряд; 3 — эрлифт; 4 — образованная траншея; 5 — пульповод; 6 — навесное оборудование; 7 — уровень грунтовых вод

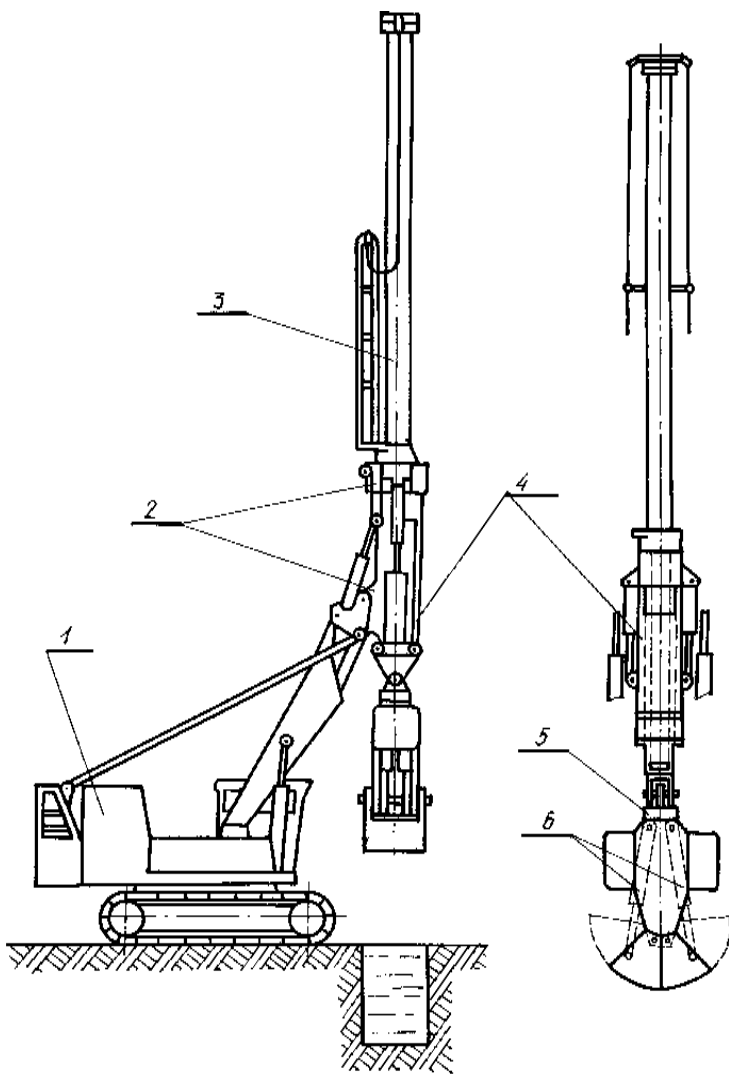


Рис. 4.2. Экскаватор ЭО-5122 с грейферным оборудованием на телескопической напорной штанге: 1 — базовая машина; 2 — блок крепления штанги; 3 — штанга телескопическая; 4 — механизм перемещения штанги; 5 — грейфер; 6 — гидроцилиндры челюстей грейфера

и глубиной до 25 м под глинистым раствором при устройстве сооружений способом “стена в грунте”.

Грейфер состоит из корпуса с ковшом и двумя гидроцилиндрами. Положение грейфера в траншее фиксируют двумя стабилизаторами, которые закреплены к корпусу при помощи пальцев.

Ковш грейфера имеет две челюсти, режущие кромки которых имеют полукруглую форму и снабжены зубьями. Очистку челюстей грейфера от налипшего грунта производят специальными выталкивателями.

Для привода грейфера и штанги используют гидросистему базовой машины. Необходимые гидроагрегаты устанавливают на стреле и поворотной платформе, а управление рабочими движениями грейфера размещают в кабине базовой машины.

#### **4.5. Штанговый экскаватор**

Штанговый экскаватор ЭК-600 на базе экскаваторов Э-1252; Э-1254 предназначен для разработки грунта I—IV группы (рис. 4.3.).

Штанговое оборудование представляет собой сварную металлоконструкцию и состоит из копровой стойки с направляющей, выполненной в виде тавра из полосы толщиной 20 мм и рукояти с ковшом, работающим в грейферном режиме.

По направляющей копровой стойки рукоять с ковшом движется сверху вниз и наоборот. Резание грунта ковшом производят при помощи тяг и лебедки базовой машины. Заполненный ковш закрывают и поднимают вместе с рукоятью для выгрузки. После выгрузки ковш в раскрытом состоянии опускают в траншею для следующего набора грунта.

Штанговый экскаватор ЭК-600 рекомендуется применять как для разработки траншей при строительстве заглубленных частей зданий и сооружений из бетона, железобетона, так и для устройства противофильтрационных диафрагм.

#### **4.6. Средства механизации зарубежного производства для разработки грунта в глубоких траншеях**

Применение нового способа устройства противофильтрационных и подпорных стенок в гидротехническом, гражданс-

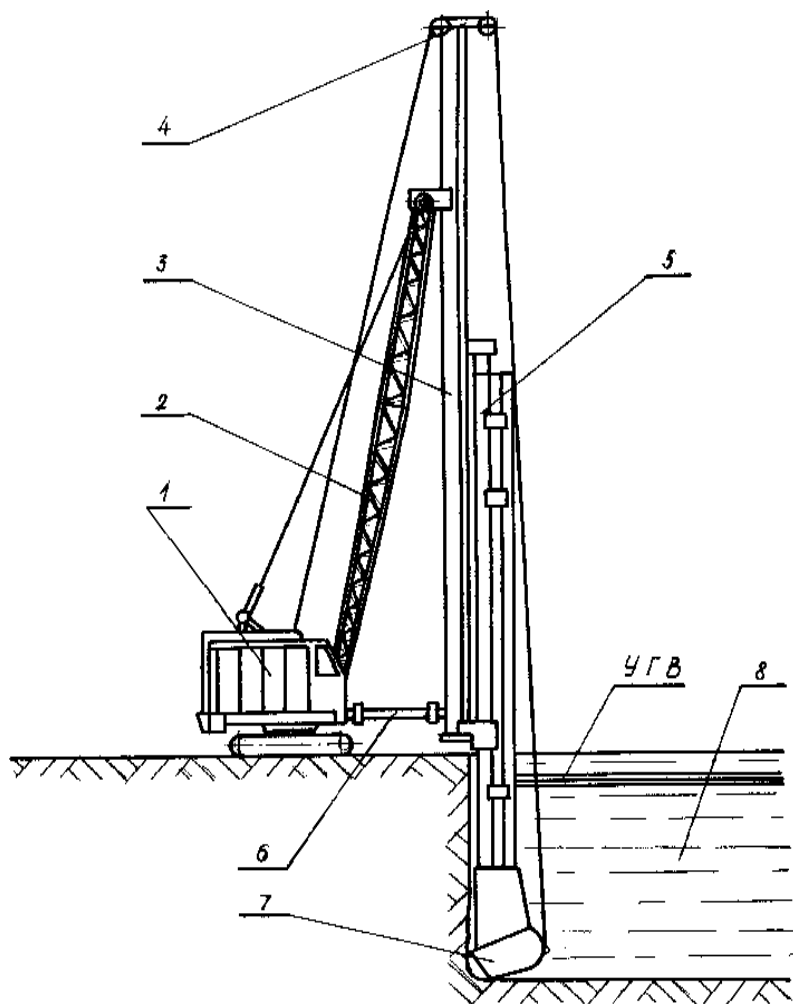


Рис. 4.3. Штанговый экскаватор ЭК-600: 1 — базовая машина; 2 — стрела; 3 — копровая стойка; 4 — оголовок; 5 — рукоять; 6 — падающее устройство; 7 — ковш; 8 — разрабатываемая траншея

ком, промышленном и транспортном строительстве оказалось настолько перспективным, что многие зарубежные фирмы сочли экономически выгодным наладить выпуск специальных установок для этих работ. Первые патенты на установки для проходки траншей под глинистым раствором получили итальянская фирма “Родио-Маркони” и американская фирма “Крониз”. В период с 1955 по 1960 гг. появились: западногерманская установка “Зальцгиттер”, английская “Эльзе”, итальянские “ИККОС” и “Титания”, канадская “Иканда”, японские “Тон -Боринг” и “Като”, французские “Поклен”, “Беното”, “Солетанш” и др.

Оборудование зарубежного производства, используемое для разработки грунта по методу “стена в грунте”, представляет собой специальные грейферные (редкофрезерные) установки. Наибольшее распространение они получили во Франции, Италии, США, Японии, Англии и некоторых других странах. Грейферы делят на механические (тросовые) с гидро- и электроприводом по принципу закрытия челюстей и по принципу подвески грейфера к стреле крана на гибкую (тросовую) и жесткую подвеску. В двухканатных грейферах один канат используют для его подвески, а другой (ходовой) — для управления челюстями.

На плотных грунтах (III—IV) наиболее эффективно работают грейферные установки с жесткой подвеской к стреле крана, а с гибкой подвеской и массой грейфера 17 т применяют на полускальных грунтах.

Основные показатели некоторых грейферных установок зарубежных фирм приведены в таблице 4.7.

За рубежом для разработки траншей глубиной до 28 м широко применяют краны фирмы “Поклен” с шарнирно-сочлененной стрелой и грейфером на жесткой штанге. Подобные грейферные установки имеют небольшие размеры, весьма мобильны, технологичны. Поэтому их широко применяют в стесненных условиях плотной городской застройки.

### **Техническая характеристика экскаваторов с гидравлическими грейферами на напорной телескопической штанге**

Экскаваторы с навесным грейферным оборудованием нашли наибольшее распространение в зарубежной практике при

Таблица 4.7

**Основные показатели некоторых грейферных установок зарубежных фирм**

Фирма	Подвеска	Параметры грейфера			Группа грунта
		ширина см	масса т	размах челюстей м	
«Ришье»	Штанговая	60	3 - 5	-	1 - 11
			6 - 7	-	11 - 111
			8 - 12	-	111 - 1У
«Баши»	Тросовая	50	6	1,8	1 - 111
		100	8	2,7	1 - 111
		100	17	3,6	1У - У
«Поклен»	Штанговая	40	-	-	-
		60	-	1,94	1 - 1У
		80	-	-	-
«Като»	Штанговая	0,6	-	-	1 - 1У
		0,8	-	-	1 - 1У
		1,2	-	-	1 - 1У
«Солетан ш»	Штанговая	0,4	3	1,8	1 - 111
		0,6			1 - 111



устройстве траншей по методу “стена в грунте”. При этом навесное грейферное оборудование подразделяется на три группы:

1. *Грейферы, оборудованные жесткими штангами.* К этой группе грейферов относят гидравлический грейфер французской фирмы Rosclain емкостью 0,7 м<sup>3</sup>, захватом 3,4 м, глубиной разработки 10,6 м. Грейфер фирмы “Солетанш” с телескопической штангой, сопряженной с копровой стойкой. Захват этого грейфера 1,8 м, ширина траншеи 0,4—0,8 м, емкость 0,24 м<sup>3</sup>, вес 1,6—3,0 тс. Грейфер фирмы “Пауэр” “Плутон” емкостью 0,5 м<sup>3</sup> оборудован штангой с давлением на забой 20 тс при силе замыкающей его челюсти 30 тс предназначен для разработки твердых грунтов.

2. *Грейферы одно- и двухканатные с гибкой подвеской на стреле крана.* Это грейферы фирм “Икос-Федер”, “Като”, “Крамшел”, “Титания” и др.

Разработку грунта такими грейферами производят между лидерными скважинами, стоящими рядом. При этом закрытие челюстей грейферов осуществляют механическим или гидравлическим приводом.

3. *Грейферы со свободной гибкой подвеской на стреле крана, оборудованные распорными устройствами.* Распорное устройство в момент врезки грейфера в забой, упирается в стенки разрабатываемой траншеи и уравнивает силу реакции забоя, в результате чего достигается хорошая врезка и наполнение грейфера. Такие грейферы выпускает фирма “Фельман” в Швейцарии.

Таблица 4.8

Показатель	SCK - 150	TR - 18
	«Поклен» Франция	«Галинет» Франция
Ширина ковша, м	0,5 - 0,9	0,5 - 1,2
Длина захвата, м	2,2	2,4
Глубина траншеи, м	30	22
Радиус копания, м	3,12	-
Высота выгрузки, м	2,25	1,8
Усилие напора, кН	100	150

Таблица 4.9

**Технические характеристики основных траншеепроходческих агрегатов зарубежного производства**

Наименование параметров	«Зальцгиттер-20» ФРГ	«Солетанш» Франция	«Поклен» Франция	«Баши» Франция	«Ришье» Франция	LW-4055 Япония	LW-5580 Япония	LW-8012 Япония
1. Ширина траншеи, м	0,3-0,8	0,5-1,2	0,4-0,8	0,5-1,0	0,6	0,5	0,5	0,5
2. Глубина траншеи, м	20	50	25	25	25	400-500	580-800	800-1200
3. Диаметр труб буровой штанги, м	150-400	-	-	-	-	400-600	400-600	400-600
4. Количество долот				-	-	7	5	5
5. Вес рабочего органа, тс	9,5	-	-	8-12	6-7	7,5	10,0	13,0
6. Размах челюстей, м	-	-	1,94	1,8-3,6	1,0-2,5	-	-	-
7. Группы грунтов	-	-	1-1У	1-1У	1-1У	-	-	-
8. Мощность электродвигателей, кВт	-	-	-	-	-	11,0	15,0	18,5
9. Число оборотов бура, об/мин.	-	-	-	-	-	50	35	35

За рубежом широко распространен метод разработки грунта, который предложила английская фирма “Эльзе”. Рабочий орган устройства, осуществляющего этот метод, выполнен в виде ковша, который перемещает по направляющей. При достижении дна траншеи ковш врезается в грунт и поворачивается на 90°, заполненный грунтом. Рабочий орган извлекают на поверхность и разгружают в бункер транспортера или ковш скипового подъемника.

После разработки очередной захватки до дна траншеи установку передвигают так, чтобы направляющая рама вплотную подошла к переднему торцу разрабатываемой траншеи. Ширина разрабатываемых траншей 0,4, 0,5, 0,7, 0,8 м, а глубина до 25 м. Этим способом разрабатывают и короткие траншеи длиной до 6 м.

В США для рытья траншей под противодиффузионные диафрагмы применен специализированный многоковшовый экскаватор, который образовывал траншею шириной 0,8 м, глубиной 5,5—13,6 м под защитой глинистой суспензии.

Технические характеристики основных траншеепроходческих агрегатов, применяемых за рубежом при разработке грунта по методу “стена в грунте”, сведены в таблицы 4.8, 4.9.

#### **4.7. Принципиальные схемы траншеепроходческих агрегатов зарубежного производства**

За рубежом метод “стена в грунте” эффективно применяют при возведении подземных сооружений различного назначения. При этом используют проходческие агрегаты с рабочими органами: колонкового, скребкового, бурового, роторного типов, а также в виде цепи или каната оснащенных резцами.

*Установка итальянской фирмы “Родино-Маркони”* (рис. 4.4.). Основным рабочим органом для разработки грунта под глинистым раствором в этом способе является колоколообразное долото буровой установки. Буровая вышка установлена на передвижной тележке, на которой смонтированы лебедка, всасывающий насос и сепараторы очистки глинистого раствора. Долото с лезвием подвешено к трубам. Диаметр колоколообразного долота может быть от 0,4 м до 1,5 м. Колонна труб,

которая заканчивается долотом, подвешивается на тросе тяговой лебедки.

Разработка траншеи под глинистым раствором с применением оборудования установки “Радио-Маркони” производится захватками длиной 4—9 м на всю глубину траншеи слоями толщиной 15—50 см в зависимости от прочности породы. Для послойной разработки траншеи буровая установка совершает челночные движения путем перемещения тележки, на которой она смонтирована.

Порядок разработки траншеи следующий. Сначала отрывается мелкая траншея шириной, соответствующей диаметру лезвия долота, и глубиной 40—80 см, затем она заполняется глинистым раствором. Глубина траншеи должна быть достаточной для того, чтобы всасывание грунта через долото могло начаться без срыва вакуума. Затем долото становится на забой и начинается разработка траншеи под глинистым раствором. Горизонт глинистого раствора в траншее поддерживается на уровне земли. По мере углубления траншеи производится наращивание колонны труб. В последних моделях установки инвентарные трубы не сочленяются с долотом и остаются при бурении неподвижными. Ударные движения при этом сообщаются непосредственно долоту при помощи троса, пропущенного внутри труб. В процессе проходки высота падения долота может регулироваться в зависимости от крепости породы.

Фирма, выпускающая установку, определяет ее производительность 150 м<sup>2</sup> в смену, при максимальной глубине проходки до 100 м. Установка состоит из следующих основных элементов: 1 — сменное долото; 2 — колонна труб; 3 — рельсовый путь; 4 — силовая лебедка; 5 — труба отсоса раствора; 6 — тяговый трос; 7 — отклоняющий ролик; 8 — буровая вышка; 9 — труба отсоса грунта из зоны разработки грунта в емкость; 10, 11 — отстойники отделения грунта от раствора; 12 — передвижная тележка; 13 — пионерная траншея; 14 — рукав подачи раствора в разрабатываемую щель; 15 — щель заполнения раствором; 16 — колесный ход передвижной тележки.

Западногерманские фирмы выпускают траншеепроходческий агрегат с ковшовыми рабочими органами, которые крепят к замкнутой цепи. Такой агрегат разрабатывает траншею в сла-

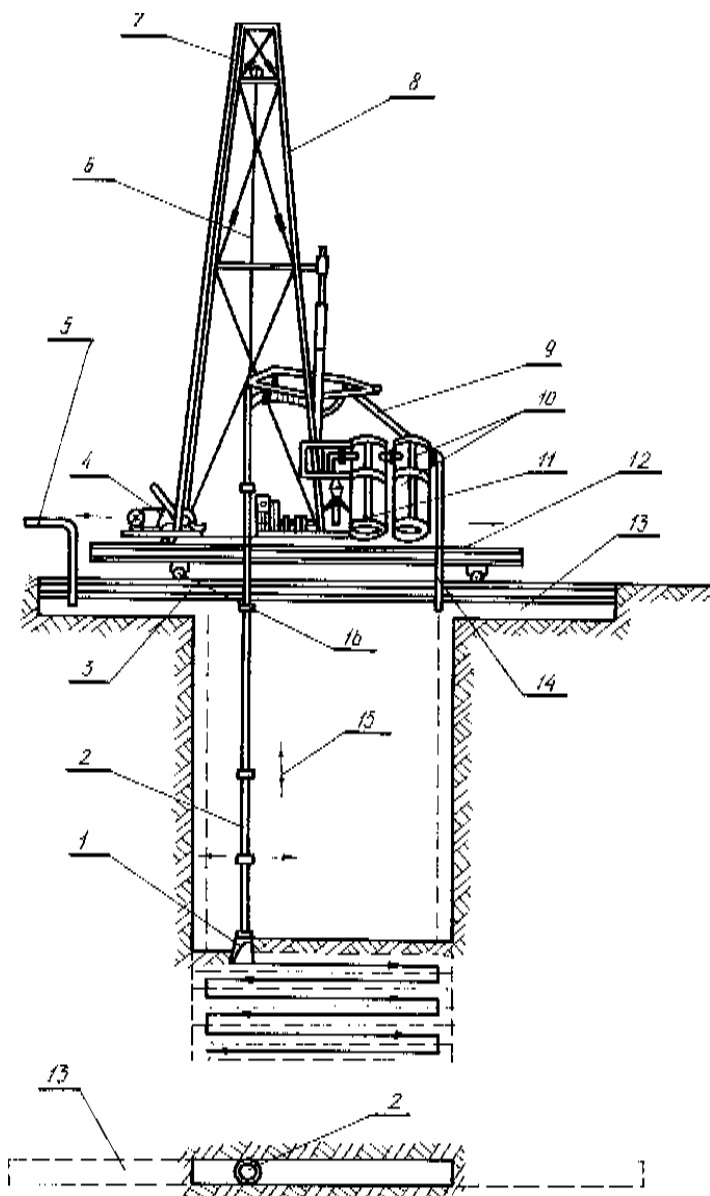


Рис. 4.4. Установка итальянской фирмы “Роджо-Маркони”

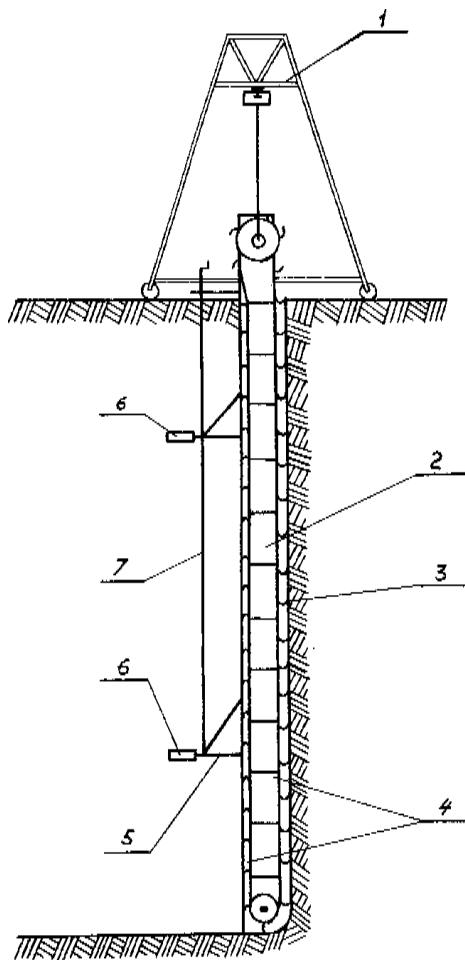


Рис. 4.5. Граншепроходческий агрегат с ковшовым рабочим органом

рых грунтах на глубине до 5 м сплошным забоем и выносит его на поверхность. Агрегат (рис. 4.5) имеет платформу с вышкой 1, на которой крепят механизмы подвеса рамы режущей части 2 и привод замкнутой цепи. Рама 2 содержит натяжной и приводной ролики с двумя рядами замкнутых цепей 4 с режущими элементами 3, выполненными в виде ковшей.

Подачу на забой осуществляют распорным механизмом 6, рычагом 7, который имеет винтовые пары, закрепленные в ребрах жесткости 5, последние связаны с кожухом рамы 2.

Разработку грунта начинают с бурения лидерной скважины до проектной отметки. Подводят тележку с вышкой 1 на ось скважины и опускают агрегат с рамой 2. Рычагом 7 через винтовые пары разворачивают распорные лапы 6, создавая упор от реактивной силы, возникающей от сопротивления грунта резанию, и включают привод цепной нити 4 с режущими элементами 3, производят резание грунта и вынос его на поверхность.

Японские фирмы для устройства тонких противофильтрационных завес используют следующие устройства. На рис. 4.6 представлено устройство для разработки грунта струями раствора под давлением, которое включает стойки 1 с отклоняющими роликами 2, через которые проходят тяговые канаты 11 и подвижные консоли 3 с шарнирами 12, к которым закреплены тяги 5. Тяги 5 через нижние шарниры крепят к пустотелой трубе 10 с отверстиями для сопел 4. К пустотелой трубе подводят жидкость или растворы под высоким давлением шлангом 6.

Устройство тонкой противофильтрационной завесы начинается с подготовки скважин 7 и 9, затем на ось захватки устанавливают устройство с длинной трубой 10, равной длине захватки 8. Включают тяговые лебедки 13 поочередно, тяговые канаты оттягивают трубу 10 через тяги 5 и создают ей качающие движения в горизонтальной плоскости, при этом подвижные консоли 3 опускают на величину подачи. Через шланг 6 подают жидкость под давлением. Струя жидкости под давлением размывает грунт и перемещает его с раствором, образуя тело глиногрунтовой завесы. Глубина разработки зависит от длины стойки, по которой опускают лебедками 13 подвижные консоли 3. Внедрение рабочего органа в виде полой трубы 10 с соплами 4 в размытый грунт происходит под действием собственного веса

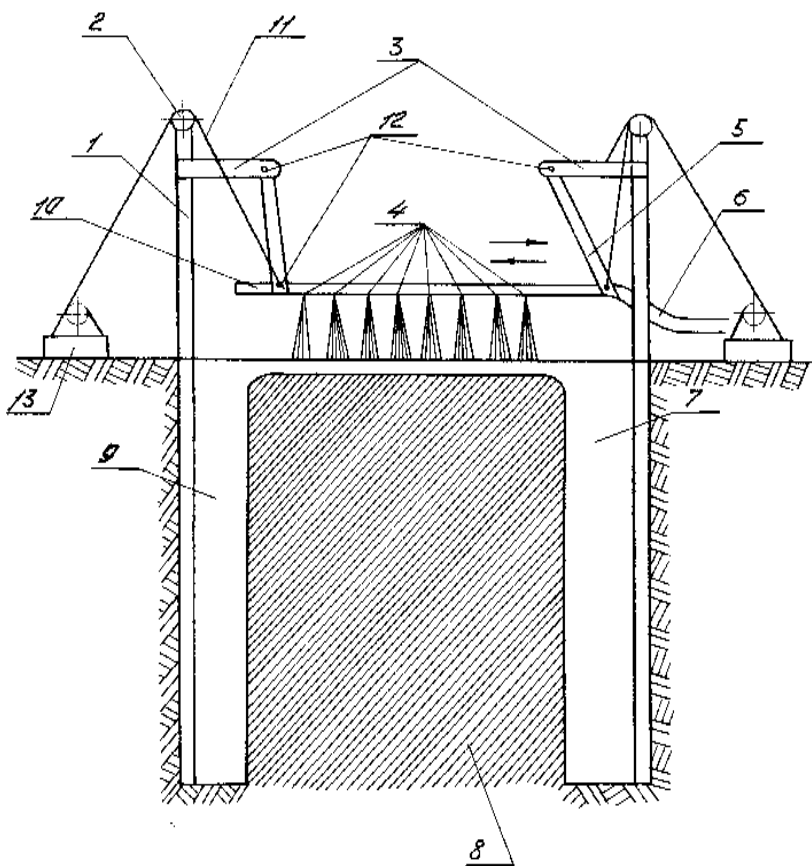


Рис. 4.6. Устройство для образования узкой щели

и покачивающих движений. Разработанный струей жидкости грунт перемешивается с жидкостью (раствором) и после извлечения рабочего органа 10 раствор твердеет, образуя тело завесы.

Для устройства тонких глиногрунтовых противофильтрационных завес в Японии применяют способ разработки грунта канатной и цепной нитью, оснащенной резцами, снизу вверх. Устройство, осуществляющее это способ, представлено на рис. 4.7, оно включает: взрывное устройство 9, закрепленное на штанге 10 с ядром 4, к которому присоединен трос 5; штангу



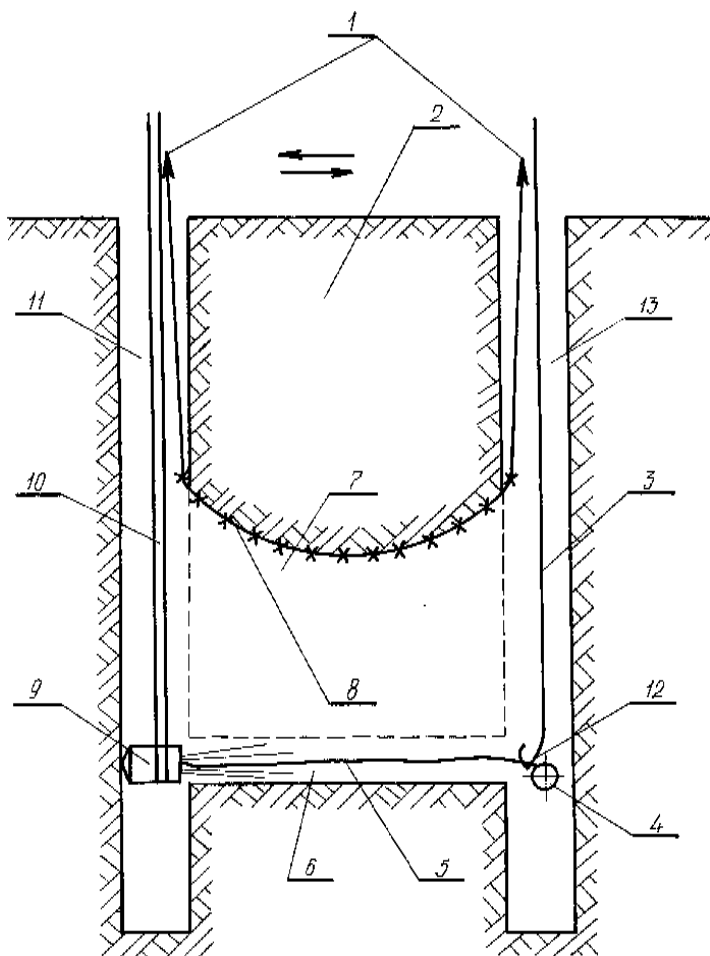


Рис. 4.7. Устройство для образования узкой щели

подъема ядра 3 с крюком 12; рабочий орган 8, выполненный в виде канатной или цепной нити с резцами для разработки грунта; концы рабочего органа 8 соединяют с тяговыми канатами 1 и далее к лебедкам. Возведение завесы начинают с устройства пионерных скважин и заполнения их раствором, затем в скважину 11 на штанге 10 опускают взрывное устройство 9 с ядром 4, ориентируют его на ось противоположной скважины и про-

изводят выстрел. Ядро 4 пробивает захватку 2 и оставляет после себя канал 6. Затем опускают штангу 3 с крюком 12 в скважину 13 извлекают ядро 4 с тросом 5, к которому закреплен конец рабочего органа 8, и присоединяют его к тяговому канату 1. Включают тяговые лебедки поочередно и создают возвратно-поступательные перемещения рабочему органу. Рабочий орган резами разрабатывает грунт и перемешивает его с глинистым раствором, образуя глиногрунтовую смесь 7, которая при затвердении превращается в тонкую глиногрунтовую завесу.

Для разработки грунта в узкой траншее под защитой глинистого раствора в Японии применяют устройство (рис.4.8), которое состоит из передвижной платформы 1 с лебедкой опускания и подъема рабочего органа 5, копровой стойки 2 с насосом 9, тягового каната 3, рабочего органа 5 с приводом 4. Рабочий орган выполнен в виде несущего каркаса, на котором закреплены звездочки привода замкнутой цепи с резами 6.

Разработку грунта начинают с устройства пионерной скважины, затем в нее опускают копровую стойку с упорным клином 7 и внедряют клин в грунт. Ориентируют рабочий орган 5 на ось захватки и включают привод 4. Замкнутую цепную нить, оснащенную резами 6, приводят в движение, а срезанная грунтовая стружка падает вниз и побудителем 8 подводится к всасывающей трубе центробежного грязевого насоса 9 для вывода ее на поверхность. Когда рабочий орган 5 пройдет захватку до проектной отметки, его извлекают при помощи каната 3, а тележку 1 с копровой стойкой 2 перемещают к следующей захватке и процесс повторяют.

В США для устройства траншей под защитой глинистых растворов используют машинный комплекс (рис.4.9), который включает рабочий орган 1, выполненный в виде двух мотор — колес с резами, эрлифтную установку 2 или грязевые насосы, систему вертикальной подачи 3 и извлечения рабочей части при переходе на новую захватку, узел приготовления глинистого раствора 4 и установку регенерации раствора 5.

Машинный комплекс используют при устройстве несущих, ограждающих стенок и противодиффузионных диафрагм, возводимых по методу “стена в грунте” в слабых и галечных грунтах на глубины до 20 м. Для этих целей устраивают пионерные скважины 6 или скважины по центру захватки ори-

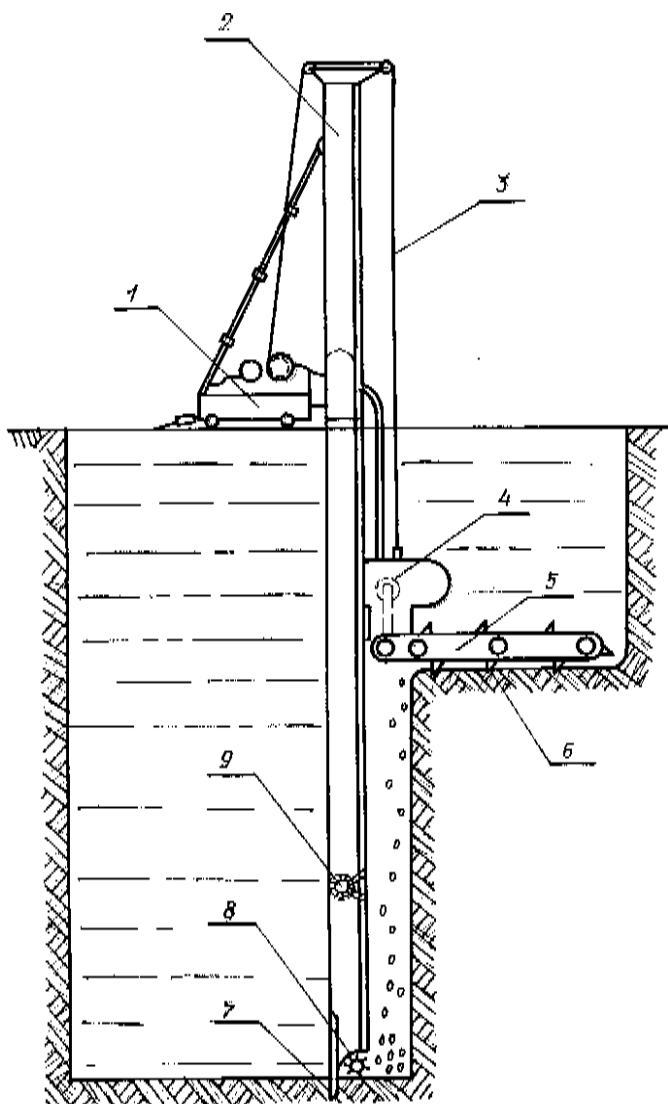


Рис. 4.8. Устройство для разработки траншей

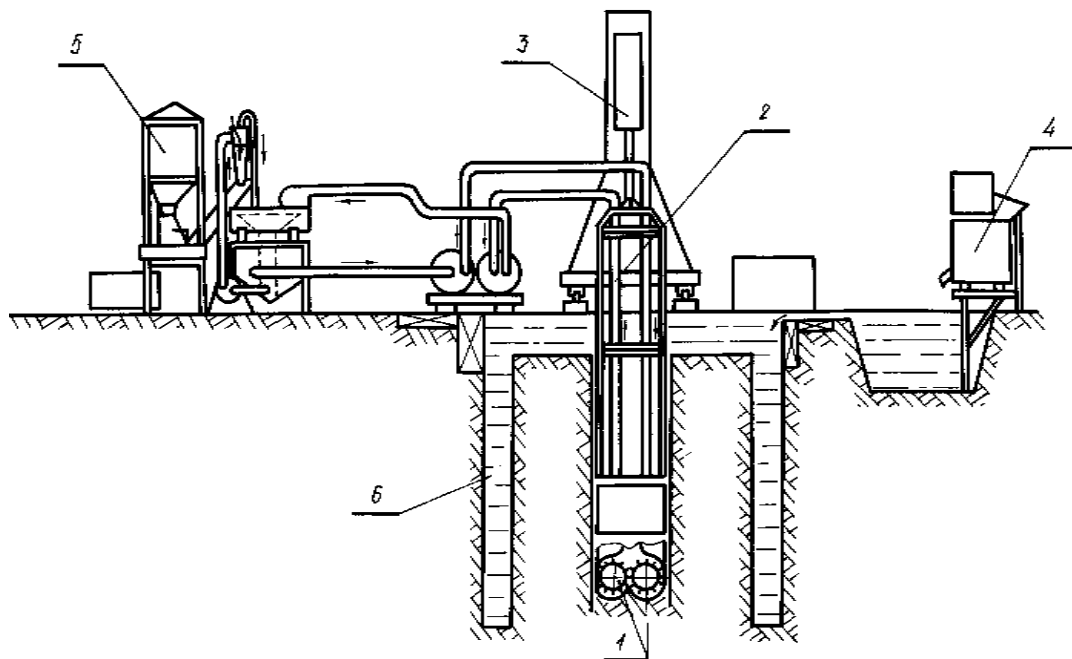


Рис. 4.9. Машинный комплекс для образования траншей

ентируют рабочую часть на ось траншеи и начинают разработку грунта по контуру сооружения.

Грунт разрабатывают резцами мотор-колесо 1, которые вращаются на встречу друг другу и подводят грунтовую стружку к приемной камере эрлифта 2. Эрлифт выносит пульпу на поверхность и направляет ее в установку регенерации раствора 5, где происходит отделение грунта от раствора. Очищенный от грунта раствор поступает в резервуар и далее в траншею.

#### **4.8. Новые направления в развитии рабочих органов при образовании глубоких узких траншей по методу “стена в грунте”**

Использование метода “стена в грунте” в практике отечественного и зарубежного строительства приобретает все большее развитие, так как позволяет надежно и сравнительно просто решать сложные инженерные задачи возведения заглубленных частей сооружений ниже уровня грунтовых вод.

Следует отметить, что существующие методы разработки грунта и технология возведения глиногрунтовых противодиффузионных диафрагм позволяют разрабатывать грунты в траншеях на глубину до 13—20 м, шириной 0,5—1,2 м, что приводит к повышенному расходу энергетических и материальных ресурсов, хотя экспериментальный материал и зарубежный опыт свидетельствуют о том, что глиногрунтовые противодиффузионные диафрагмы шириной в 5 см не уступают по качественным показателям более широким глиногрунтовым противодиффузионным диафрагмам, а для возведения несущих стен заглубленных сооружений рекомендуют ширину траншеи 0,3—0,6 м.

Кроме того, внедрение в строительном производстве прогрессивного метода “стена в грунте” сдерживается отсутствием серийно выпускаемого оборудования для образования узкой глубокой щели под слоем глинистого раствора. В наше время единственным серийно выпускаемым оборудованием для разработки траншей в мягких грунтах на глубину 20 м является экскаватор ЭО-5122, изготавливаемый Воронежским заводом в ограниченном количестве. Поэтому организации вынуждены использовать для выполнения работ по сооружению “стена в грунте” импортное оборудование или приспособлять обще-

строительные грузоподъемные механизмы и буровую технику, что приводит к снижению темпов производства работ и удорожанию строительства.

Рабочие органы для производства земляных работ и образования глиногрунтовых диафрагм способом “стена в грунте” можно классифицировать следующим образом.

1. По назначению их разделяют на две группы:

- рабочие органы для разработки узкой глубокой щели и возведения тонких противофильтрационных диафрагм из глиногрунтовых, цементно-грунтовых смесей;

- рабочие органы для разработки грунта в траншее под несущие, ограждающие, подпорные и противофильтрационные стенки, выполняемые способом “стена в грунте”.

2. По методу разработки грунта рабочие органы разделяют на четыре группы:

- разработка грунта в горизонтальной плоскости сверху вниз за счет возвратно-поступательных перемещений режущей части рабочего органа и перемешивания грунта с раствором;

- разработка грунта путем внедрения коробчатого рабочего органа сверху вниз с выносом его на поверхность и принудительной выгрузкой;

- разработка грунта в горизонтальной плоскости со стороны вертикального забоя послойно сверху вниз на глубину забоя коробчатым рабочим органом с выносом его на поверхность и принудительной выгрузкой;

- образование узкой щели путем внедрения рабочего органа в грунт и уплотнения стенок со стороны вертикального забоя послойно.

3. По конструкции рабочие органы подразделяют на пять групп:

- коробчатый рабочий орган;
- сегментный рабочий орган, оснащенный резцами;
- речный рабочий орган, оснащенный резцами;
- конусообразный рабочий орган;
- фрезерный рабочий орган.

## **Экскаватор для разработки узких глубоких траншей с коробчатым рабочим органом**

Траншеепроходческий агрегат с коробчатым рабочим органом циклического действия предназначен для разработки узких траншей в вертикальной наклонной и горизонтальной плоскостях в мягких грунтах под сооружения, выполняемые по методу “стена в грунте” различной конфигурации, а также при производстве реконструкции фундаментов зданий и образовании подземных тоннелей под действующими улицами и дорогами.

Траншеепроходческий агрегат представлен на рис. 4.10 и содержит: базовую машину 1 — экскаватор ЭО-5122, гидравлическую телескопическую штангу 2, верхнее кольцо 3, нижнее кольцо 5, блок гидроцилиндров 4.

Блок гидроцилиндров 4 фиксирует телескопическую штангу 2 в вертикальной, наклонной и горизонтальной плоскостях в диапазоне от 0 до 90°.

Рабочий орган 6 представляет собой плоский коробчатый ковш, сваренный из 10—20-миллиметровой листовой стали и соединенный с телескопической штангой 2 через напорную штангу 14, пластина 21 включает верхнюю часть с отверстиями 27 для выхода воздуха, нижнюю режущую часть с поверхностью обжатия 20 и разгрузочный механизм с гидроцилиндром выгрузки 16, пластиной выгрузки 17, ползунами 18 и направляющими ползунами 19.

Внутри нижней части гидравлической телескопической штанги 2 смонтирована напорная штанга 14 с автономным силовым оборудованием, которое предназначено для создания давления напора в гидроцилиндре 13 и подачи давления в гидроцилиндр выгрузки 16 в процессе принудительной выгрузки уплотненной породы в транспортное средство.

Силовое оборудование включает: электродвигатель 7, соединительную муфту 8, редуктор 9, масляный бак 10, насос высокого давления 11, распределитель 12 с электромагнитным управлением, напорный гидроцилиндр 13, цилиндр которого прикреплен к телескопической штанге через устройство 25, а шток соединен с напорной штангой 14 через узел крепления 24. Гидроцилиндр выгрузки 16 цилиндром закреплен к напорной штанге через узел 23, а штоком соединен с пластиной выгрузки шарниром 22.

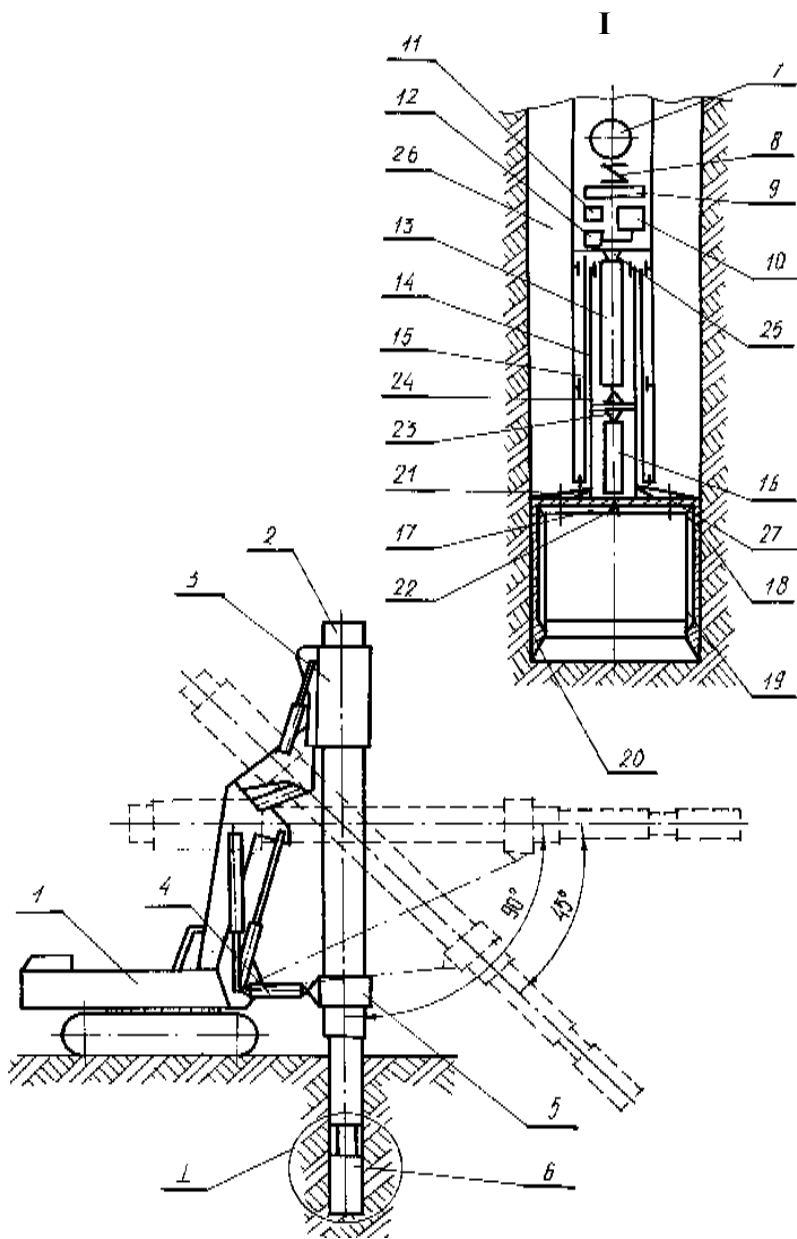


Рис. 4.10. Устройство для рытья траншей



Разработку грунта в траншее начинают после разбивки трассы и подготовки установки к работе. Для этих целей ориентируют телескопическую штангу по заданному углу наклона блоком гидроцилиндров 4, включают телескопическую штангу, подводят рабочий орган 6 до касания с грунтом и включают гидроцилиндр 13 на напор. Давление через шток поршня передают напорной штанге 14 через устройство 24 и далее на пластины напора 21, которые жестко прикреплены к верхней части ковша 6, при этом коробчатый ковш вдавливают в грунт и производят забор грунта. В процессе заполнения ковша грунт обжимают поверхностью обжатия 20, выполненной заодно с режущим клином.

После наполнения ковша грунтом телескопическую штангу извлекают из траншеи и переводят на выгрузку. Для этих целей включают гидроцилиндр выгрузки 16 в положение «Выгрузка» и передают давление на пластину выгрузки 17, которая выталкивает породу из коробчатого ковша, при этом ползун 18 (перемещаясь по направляющей 19) предохраняет пластину 17 от перекосов.

По окончании выгрузки цикл повторяют до достижения проектной отметки, затем переходят на следующую захватку. Управление всеми механизмами сосредоточено в кабине оператора.

#### Технические характеристики

##### Устройства для рытья траншей

Ширина разрабатываемой щели, м	0,07—0,7
Глубина разрабатываемой щели, м	до 30
Производительность, м <sup>2</sup> / час	25
Габариты коробчатого ковша, м:	
ширина	0,1—0,7
высота	1,0
длина	1,0
Угол наклона разрабатываемой траншеи, град	0°—90°
Базовая машина	экскаватор ЭО-5122
Категория разрабатываемого грунта (по сложности разработки)	I—IV

Использование устройства для разработки наклонных траншей позволит эффективно производить разработку грунта для устройства наклонных траншей, снизить металлоемкость машинных комплексов, применяемых для разработки щелевых траншей, уменьшить энергозатраты на единицу извлеченного грунта. Так, на разработку 1 м<sup>3</sup> грунта расходуют 1,5—2,0 кВт электроэнергии, при разработке грунта описанным устройством энергозатраты составят 0,8—1,2 кВт электроэнергии.

### **Устройства для образования узкой щели в грунтах сегментным рабочим органом при возведении глиногрунтовых противофильтрационных диафрагм**

Для возведения тонких противофильтрационных диафрагм из глиногрунтовых смесей используют устройства, содержащие рабочий орган в виде шнека, бура, ковша, а также цепной или канатной нити, оснащенной резами.

Машинный комплекс рис. 4.11 с сегментным рабочим органом разрабатывает грунт в щели шириной 5—10 см, глубиной до 30 м и возводит глиногрунтовую диафрагму. Комплекс состоит из несущей рамы 1, тяговых лебедок 2, башен подъема и опускания устройства для создания натяжения в тяговом канате рабочего органа 3, силовых лебедок 5, узла подачи раствора во внутрь рабочего органа 4, опорных башмаков 6 с гидроцилиндрами ориентации рамы в продольной и поперечной плоскостях, рабочего органа 9, устройства 12 для создания натяжения в тяговом канате 11 рабочего органа.

Разработку грунта и возведение противофильтрационной диафрагмы начинают с ориентации рамы в продольной и поперечной плоскостях гидроцилиндрами опорных башмаков. Затем в лидерные скважины 13 и 14 опускают на грузовом канате 10 устройства 12 для создания натяжения в тяговом канате рабочего органа 9 и фиксируют это устройство на заданной глубине якорями.

Ориентируют сегментный рабочий орган на ось захватки, по металлорукаву подают раствор во внутрь рабочего органа под давлением и последовательным включением тяговых лебедок сообщают рабочему органу возвратно-поступательные перемещения в горизонтальной плоскости. В результате возвратно-поступательных перемещений рабочий орган резами

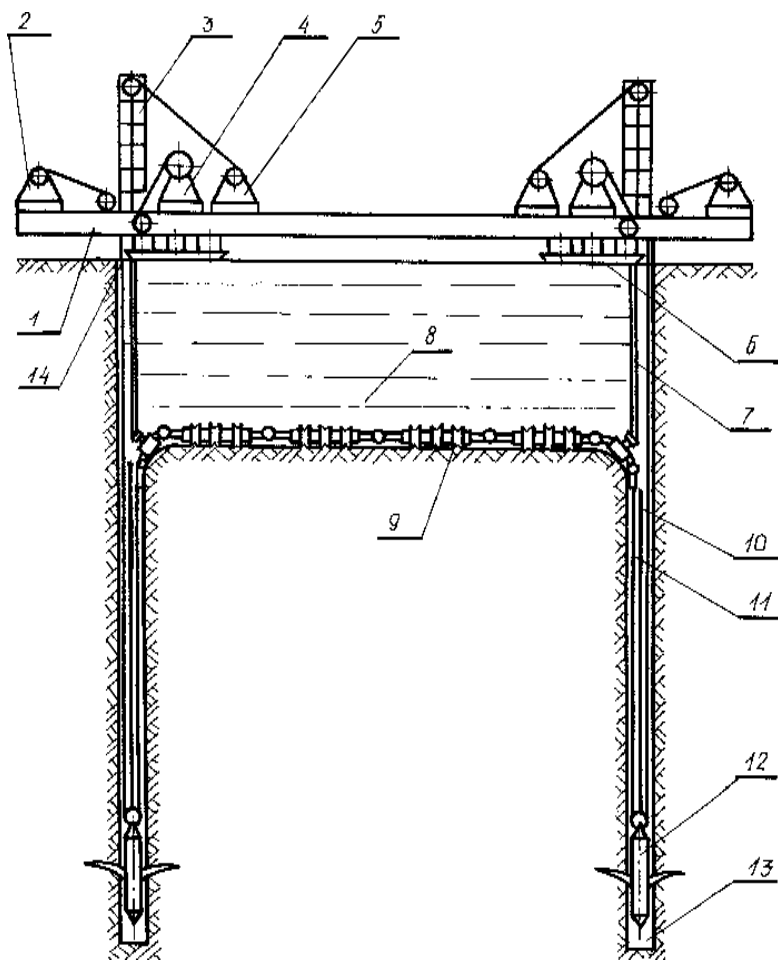


Рис. 4.11. Комплекс для устройства глиногрунтовых противофильтрационных диафрагм

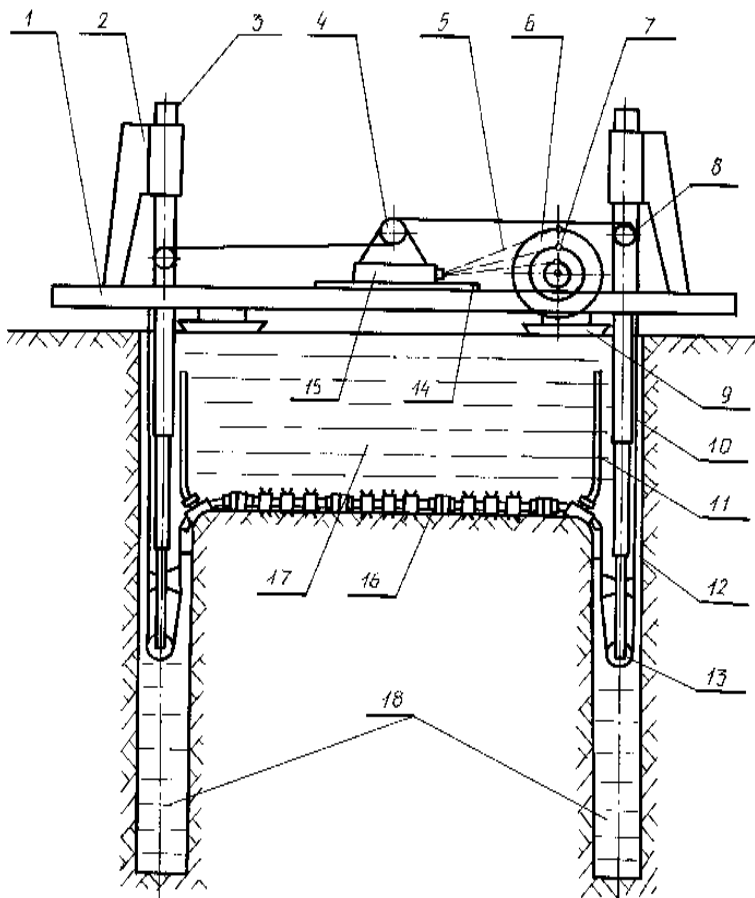


Рис. 4.12. Устройство для сооружения щелей в грунте

снимает грунтовую стружку и перемешивает ее с глинистым раствором, образуя глиногравитную смесь тела диафрагмы с производительностью 100 м<sup>2</sup> диафрагмы в час.

Для устройства глиногравитных противофильтрационных диафрагм шириной 5–10 см, глубиной до 25 м в стесненных условиях города или промышленной площадки с целью обеспечения устойчивости оснований сооружений и предотвращения поступления грунтовых вод в подземные сооружения использу-

ют устройство для сооружения шелей в грунте, изображенное на рис. 4.12. Весь комплекс необходимого оборудования собран на раме 1 длиной 12 м и шириной 2,5 м, которую ориентируют на захватку в продольной и поперечной плоскостях гидроцилиндрами опор 9.

Механизм создания возвратно-поступательных перемещений сегментного рабочего органа в продольной плоскости выполнен в виде каретки 15, которую перемещают по направляющим 14, жестко закрепленным на раме 1. Каретка 15 получает перемещения в продольной плоскости от шатуна 5, связанного с маховиком 6, в строго заданных пределах в зависимости от грунтовых условий. Для этих целей по радиусу маховика 7 располагают точки крепления шатуна, определяющие величину возвратно-поступательных перемещений, что исключает увод рабочего органа на одну из сторон и регулирует скорость резания.

На верхней площадке каретки 15 устанавливают лебедку 4, которая канатом 10 через отклоняющие ролики 8 и 13 соединена с полым сегментным рабочим органом 16 и создает предварительное натяжение в рабочем органе.

Лебедкой 4 создают предварительное натяжение в рабочем органе 16 через тяговый канат 10 и отклоняющие ролики 8 и 13.

Включают привод маховика 6 и через шатун 5, каретку 15, канаты 10 создают возвратно-поступательные перемещения рабочего органа 16. С целью избежания увода рабочего органа и регулирования скорости резания в зависимости от грунтовых условий, по радиусу маховика 7 устанавливают узлы крепления шатуна, что и определяет величину возвратно-поступательных перемещений и скорость рабочего органа в продольной плоскости.

Рабочий орган 16 собран из полых перфорированных жестких секций с резцами, соединенными между собой шарнирами, на длину захватки и имеет на концах тройники для соединения с металлорукавом 11 подвода раствора во внутрь рабочего органа. Раствор во внутрь рабочего органа 16 подают с двух сторон по металлорукаву 11 под расчетным давлением специальным устройством. Раствор по металлорукаву 11 поступает в полую часть секции рабочего органа 16 и через радиальные отверстия выходит в зону разработки грунта.

В результате возвратно-поступательных перемещений рабочий орган резцами разрабатывает грунт и перемешивает его

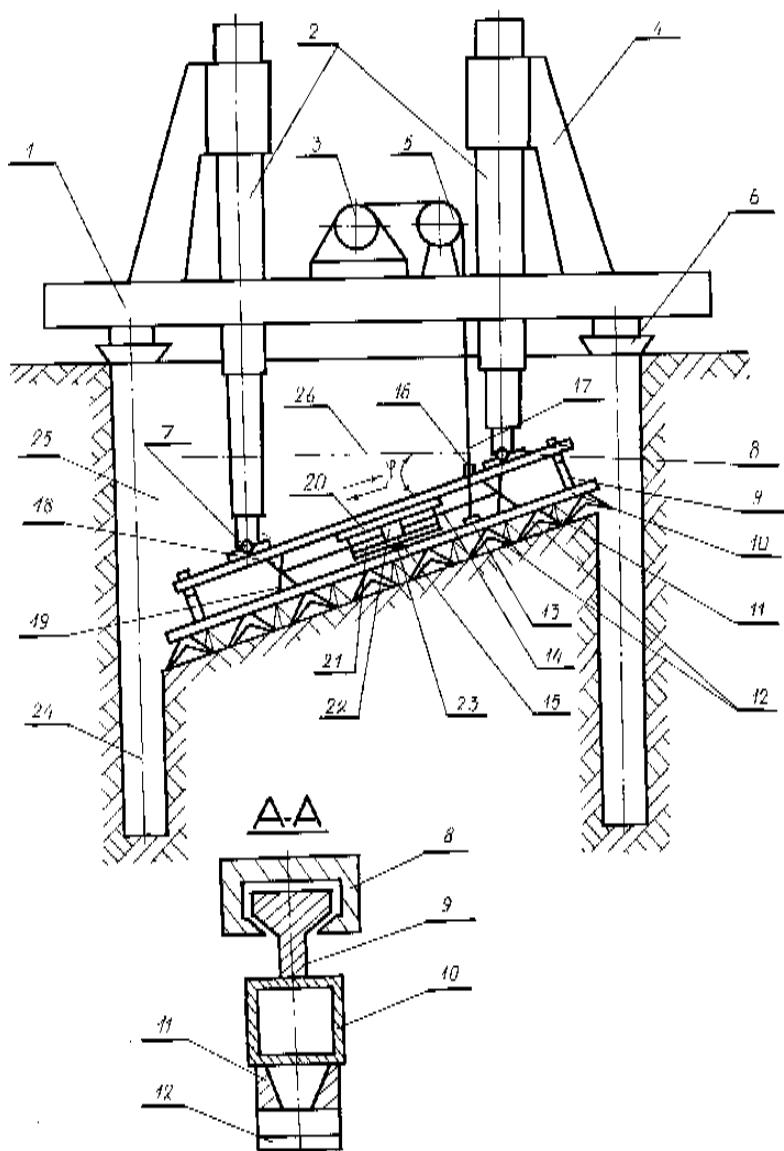


Рис. 4.13. Устройство для образования узкой щели

с раствором, образуя глиногрунтовую смесь тела противофильтрационной диафрагмы 17.

После прохода захватки до проектной отметки разрыхленный и перемешанный грунт дополнительно насыщают раствором в момент извлечения рабочего органа.

Применение механизма для создания возвратно-поступательных перемещений в продольной плоскости описанной конструкции исключает увод рабочего органа за счет равенства перемещений и позволяет менять их величину в зависимости от грунтовых условий, а также регулировать скорость перемещений. Производительность установки — 80—100 м<sup>2</sup>/час.

Нагружение каната 10 гидравлическими штангами 3 сверху вниз приводит к уменьшению глубины скважины и сокращению энергетических затрат при их извлечении, при этом опорные пластины 12 копируют стенки скважины и препятствуют изгибу телескопической штанги, что дает возможность разрабатывать грунт и создавать завесу на больших глубинах.

На рис. 4.13 представлено Устройство для образования узкой щели под несущие стенки подземных сооружений, возводимых по методу “стена в грунте” и сооружения противофильтрационных диафрагм в стесненных условиях города шириной 10–30 см, глубиной до 30 м. Устройство для образования узкой щели смонтировано на раме 1 и включает напорные телескопические штанги 2, жестко закрепленные к раме кронштейнами 4, узел подачи раствора во внутрь рабочего органа 3 с отклоняющим роликом 5 и опорные башмаки 6.

К гидравлическим телескопическим напорным штангам 2 на шарнирах 7 подвешено рабочее оборудование, которое способно разрабатывать грунт I—V категорий по сложности разработки в горизонтальной и наклонной плоскостях под углом. Рабочее оборудование включает: несущую траверсу 8, жесткие связи 9, подвижную рейку 10 с резцами 12 и соплами 11 для выхода раствора, гидроцилиндр 21 двухстороннего действия и ползуны 18, 19. Гидроцилиндр 21 имеет продольный паз 15 под ползун 23 и закреплен к несущей траверсе 8 через ребра жесткости 20.

Схема крепления рабочего оборудования показана на разрезе по А—А. К несущей траверсе 8 через жесткую связь 9 подвешена подвижная пустотелая рейка, оснащенная резцами 12 и соплами 11.

Механизм создания возвратно-поступательных перемещений рейки 10 с резцами 12 в продольной и наклонной плоскостях включает: гидроцилиндр 21 двухстороннего действия с рассчитанным ходом поршня 22 и двумя штоками 14. Гидроцилиндр 21 жестко крепят к несущей траверсе 8 ребрами жесткости 20, а штоки 14 соединяют с подвижной рейкой 10 жестко упорами 19, а с несущей траверсой 8 — ползунами 18, которые имеют перемещение в пазах несущей траверсы 8 в обе стороны, равное ходу поршня 22. При этом величину возвратно-поступательного перемещения регулирует в зависимости от грунтовых условий.

Вертикальные перемещения рабочего органа в виде рейки 10 с резцами 12 осуществляют двумя гидравлическими телескопическими штангами 2 через шарнирные устройства 7, несущую траверсу 8, жесткую связь 9, при этом ползуны жесткой связи 9 расположены в пазах несущей траверсы 8 и имеют перемещения в обе стороны в горизонтальной плоскости параллельно траверсе 8. Для придания рабочему органу жесткости рейка 10 имеет жестко закрепленный ползун 23, который входит в паз 15 гидроцилиндра 21 и имеет перемещение в обе стороны на ход поршня.

Таким образом, рабочий орган в виде рейки 10 с резцами 12 имеет жесткую связь с ползуном 23, жесткими связями 9, штоками 14 гидроцилиндра 21, а несущая траверса 8 имеет жесткую связь с гидроцилиндром 21 через ребро жесткости 20 и подвижные связи со штоками 14 через ползуны 18 и рейкой 10 через ползуны жесткой связи 9.

Корпус гидроцилиндра 21, имея жесткую связь с несущей траверсой 8 и подвижные связи штоков 14 через ползуны 18, перемещает через жесткие связи 19 рейку 10 с резцами и создает возвратно-поступательные перемещения в горизонтальной плоскости, в зависимости от подачи жидкости под давлением в надпоршневое пространство.

Разработку узкой щели и возведение противофильтрационной диафрагмы начинают после разбивки трассы и подготовки лидерных скважин 24. Устройство для образования щелей на грунте устанавливают на ось завесы и ориентируют раму 1 в продольной и поперечной плоскостях гидроцилиндрами опор 6, затем на ось захватки опускают телескопическими штангами 2 рабочий орган, включают гидроцилиндр 21 и начинают разработку грунта.



Рабочий орган состоит из пустотелой рейки 10 с резцами 12 и соплами 11 для выхода раствора в зону разработки грунта. Рейка имеет жесткую связь 19 со штоками 14, подвижную связь 23 с пазом гидроцилиндра 15 и подвешена к несущей траверсе 8 через жесткую связь 9.

Возвратно-поступательные перемещения рейки 10, на установленную в зависимости от грунтовых условий длину, обеспечиваются гидроцилиндром 21 и ползунами 18, которые перемещают в пазах несущей траверсы 8 штоки поршня 14.

В результате возвратно-поступательных перемещений рабочий орган резцами разрабатывает грунт и перемешивает его с раствором, образуя глиногрунтовую смесь тела противодиффузионной завесы 25.

Раствор во внутрь рабочего органа 10 подают от узла подачи раствора 3 по металлорукаву 17, патрубков 13, закрепленный на рейке 10, и далее раствор через сопла 11 выходит в зону разработки и перемешивания грунта.

После прохода захватки до проектной отметки разрыхленный и перемешанный грунт дополнительно насыщают раствором и перемешивают его с грунтом в момент извлечения рабочего органа.

Применение рабочего органа в виде рейки с резцами и соплами для выхода раствора позволяет регулировать скорость проходки в зависимости от грунтовых условий, дополнительно контролировать качество проходки и менять резцы применительно к разрабатываемым грунтам, а отсутствие тяговых лебедок приводит к снижению энергозатрат. Производительность установки — 220—250 м<sup>2</sup> за смену.

### **Траншеепроходческий агрегат для образования траншей с уплотненными стенками**

Одной из трудоемких операций при образовании узкой глубокой траншеи остается извлечение грунта из зоны разработки на поверхность. При этом применяют два метода извлечения грунта — подъем его на поверхность грейфером, ковшом, шнеком и вынос на поверхность эрлифтной установкой или грязевым насосом в виде пульпы (смесь отработанной грунтовой стружки с глинистым раствором).

С целью упрощения и удешевления процесса образования узких щелей в мягких грунтах под несущие и ограждающие стенки подземных сооружений, возводимых по методу “стена в грунте”, предложено Устройство для образования глубоких траншей с уплотненными стенками в грунтах I—IV категорий по сложности разработки, шириной 0,2—0,6 м, глубиной до 25 м, представленное на рис. 4.14.

Устройство для образования узких глубоких траншей (рис. 4.14) предназначено для образования узкой траншеи в грунтах I—IV категорий по сложности их разработки с включением крупной гальки и валунов под несущие, ограждающие и противодиффузионные стенки заглубленных сооружений под глинистой суспензией послойно в горизонтальной плоскости.

Устройство включает сваебойный агрегат на базе экскаватора 1 с копровой стрелой 2 и опорной траверсой 3, которую опускают и поднимают канатом 5. В зависимости от грунтовых условий распорным домкратом 15 создают дополнительную жесткость опорной траверсе. Опорная траверса собрана из двух балок двутаврового сечения, соединенных между собой ребрами жесткости 22. В направляющих опорной траверсы размещают каретку 20 с роликами 19 и удерживают ее в заданном положении канатом 4. Ролики 19 служат для перемещения каретки в вертикальной плоскости и являются опорной поверхностью при передаче усилия от гидроцилиндров 8 на опорную траверсу 3.

На каретку 20 монтируют обоймы 17 крепления гидравлических телескопических цилиндров, гидроаппаратуру 18 для создания давления в гидросистеме и через кронштейны 16 устанавливают направляющие 10 корпуса рабочего органа 6.

Корпус рабочего органа 6 получает возвратно-поступательные перемещения по направляющим 10 от гидроцилиндров 8, штоки которых соединены с клиновидным ножом 7 рабочего органа.

К корпусу 6 крепят режущую часть 7 в виде клина внедрения в грунт горизонтальной плоскости и режущую часть 9 внедрения в грунт в вертикальной плоскости (для разработки грунта в вертикальной плоскости при обходе валунов). Подачу в горизонтальной плоскости рабочий орган получает от телескопических гидроцилиндров 8, а в вертикальной плоскости усилие на разработку грунта создают лебедкой базовой машины через

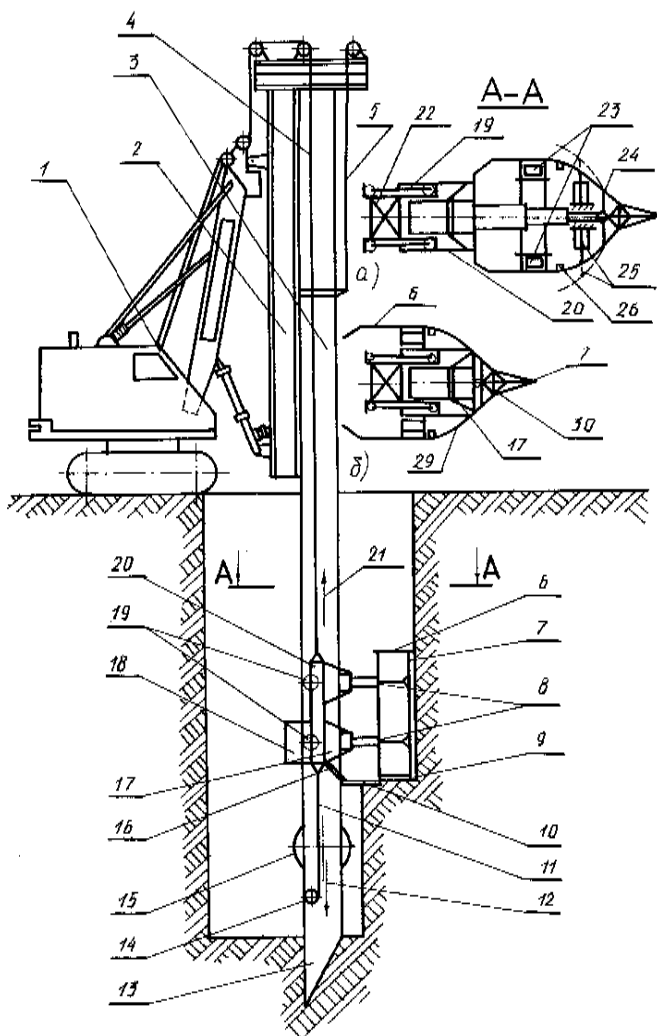


Рис. 4.14. Устройство для образования глубоких траншей с уплотненными стенками (общий вид):  
 позиция *a* — сечение по А—А — вид на рабочий орган сверху в момент рабочего хода в горизонтальной плоскости; позиция *б* — сечение по А—А — вид на рабочий орган сверху в момент перемещения рабочего органа в вертикальной плоскости

отклоняющий ролик 14 канатом 11. Направление перемещения в вертикальной плоскости показано стрелками 12 и 21.

На поз. *a* представлен разрез по А—А — вид на рабочий орган сверху в момент рабочего хода, а на поз. *б* — вид на рабочий орган в первоначальном положении. На рисунках показана схема крепления каретки 20 к опорной траверсе 3 и размещение устройства для уплотнения стенок траншеи в корпусе рабочего органа, при этом пунктиром показаны крылья расширителя в рабочем положении.

В пазах опорной траверсы размещены ролики 19, к которым крепят раму каретки 20. Внутри каретки 20 размещают обойму 17 крепления телескопических гидравлических цилиндров 8. К боковым стенкам корпуса рабочего органа крепят вибраторы 23 для уплотнения стенок траншеи в зависимости от грунтовых условий. В передней части корпуса устроены карманы 26 для захода крыльев расширителя 29 и размещены силовые гидроцилиндры 25, к штокам которых крепят крылья расширителей 29. Расширители шарнирами 24 соединяют с клином рабочего органа и используют при необходимости в зависимости от грунтовых условий.

Образование траншеи предлагаемым устройством производят следующим образом.

В заранее пробуренную скважину до проектной отметки опускают опорную траверсу 3 и внедряют ее в грунт на глубину клина 13, при необходимости создают дополнительную жесткость траверсе распорным гидродомкратом 15. Канатом 4 опускают каретку 20 с рабочим органом 6 по направляющим пазам опорной траверсы до начала проходки. Включают телескопические гидроцилиндры 8 на напор, давление через штоки гидроцилиндров передается на клиновидный нож 7 рабочего органа. Рабочий орган 6 за счет усилия гидроцилиндров перемещают по направляющим 10, внедряют в грунт и образуют стенки траншеи на ширину корпуса рабочего органа. В зависимости от грунтовых условий стенки траншеи уплотняют вибраторами 23 или используют расширители 29, которые получают усилия от силовых гидроцилиндров 25, при этом штоки гидроцилиндров передают усилие на крылья расширителей, которые перемещаются относительно оси шарниров 24 и расширяют траншею,

после хода расширения, за счет обратного хода поршня, крылья расширителя складываются.

После рабочего хода телескопические гидроцилиндры 8 переводят на обратный ход, и рабочий орган принимает исходное положение, как показано на поз. б. Канатом 11 перемещают каретку вниз на длину хода, равную 0,9 части высоты рабочего органа, и процесс внедрения рабочего органа в грунт повторяют. Такие операции производят до проектной отметки. Затем рабочий орган 6 вместе с кареткой 20 канатом 4 поднимают на поверхность. Канатом 5 извлекают опорную траверсу 3 из грунта и перемещают устройство на длину, равную ходу рабочего органа в горизонтальной плоскости, и процесс повторяют.

Применение вышеописанного Устройства для образования узких глубоких траншей без выемки грунта на поверхность под глинистой суспензией не требует привлечения дополнительных вспомогательных механизмов, отпадает необходимость в устройстве дорогостоящих пионерных скважин, кроме одной, для выхода на забой, а внедрение в грунт рабочего органа в горизонтальной плоскости позволит вести образование траншей в несвязных грунтах с включением валунов. Производительность установки — 180—200 м<sup>2</sup> за смену.

В качестве сменного рабочего оборудования агрегат имеет рабочий орган, выполненный в виде коробчатого ковша (рис. 4.15) с режущим элементом 25 и размещенного в пазах направляющей 9. В передней части ковша устроены пластины обжатия грунта 8, а в задней части смонтированы гидроцилиндры выгрузки 16, при этом задняя стенка коробчатого ковша имеет отверстия 21 для выхода воздуха и глинистого раствора в момент забора грунта.

Рабочий орган 7 крепят к штокам телескопических гидроцилиндров шарнирами 23, а гидроцилиндры размещают в обоймах 22, жестко соединенных с кареткой 6.

Использование траншекопателя для образования в грунте узких глубоких траншей предлагаемой конструкции позволит эффективно производить разработку траншеи в несвязных грунтах с включением крупной гальки и валунов, снизить металлоемкость рабочего органа и сократить подготовительное время при образовании в грунте глубоких траншей, а также уменьшить энергозатраты на единицу извле-

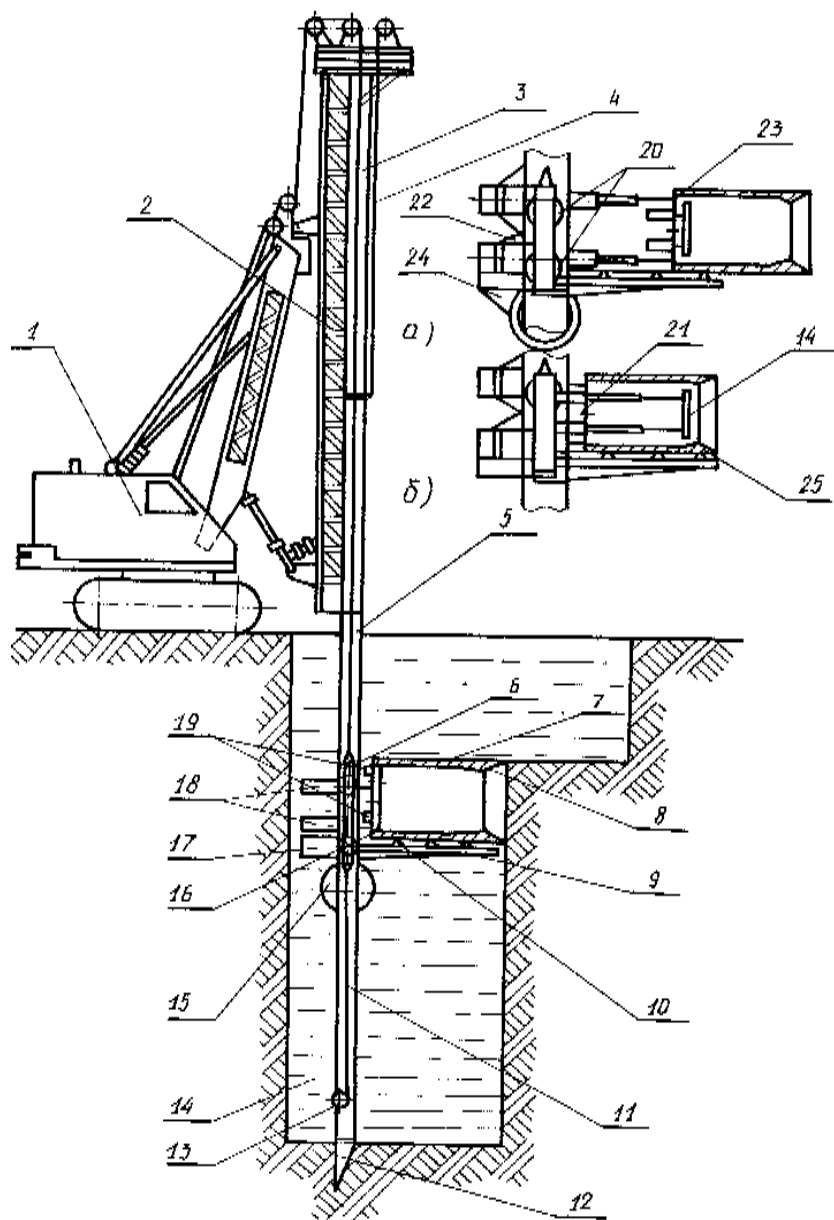


Рис. 4.15

ченного грунта: так, на разработку 1 м<sup>3</sup> грунта затрачивают 1,5—2,0 кВт электроэнергии, при разработке грунта предложенным устройством энергозатраты составят 0,8—1,0 кВт на 1 м<sup>3</sup> разработанного грунта. Производительность траншеекопателя — 180—200 м<sup>2</sup> за смену, при ширине траншеи 0,2—0,8 м глубиной 25 м.

#### **4.9. Выбор траншеепроходческих агрегатов для образования узких глубоких траншей по технико-экономическим характеристикам**

Согласно действующим нормативно-методическим документам выбор средств механизации для разработки траншей производят в два этапа: на первом этапе намечают технически возможные и практически реальные варианты механизации работ, а на втором выбирают наиболее экономичный из них, обеспечивающий необходимый срок качественного выполнения работ.

При этом, помимо общих сведений об объектах, природных условиях их строительства и ориентировочной области применения машин, необходимо учитывать следующее: при глубинах траншеи 7—15 м и не скальных грунтах, а также наличии местных жирных глин, пригодных для приготовления глинистых суспензий с начальной плотностью до 1,25 г/см<sup>3</sup>, предпочтение отдают ковшовым машинам. В зависимости от вида грунта, ширины и требуемой точности разработки траншей необходимо выбирать обратную лопату, драглайн, штанговый экскаватор или грейфер; при залегании по трассе траншеи скальных прослоек или скалы при любых глубинах, вплоть до 40 м, следует применять машины типа СВД, при больших глубинах — буровые вращательные станки, а при их неприменимости — станки ударного бурения; при глубинах 15—25 м в мягких грунтах возможно применение грейферов, машин типа СВД и БМ. При этом качественные характеристики глинистых растворов должны отвечать техническим требованиям, так как фрезерные машины с гидротранспортировкой разработанного грунта при качественных растворах и увеличении плотности пульпы резко снижают производительность. При глубинах от 25 до 40 м в мягких грунтах возможно применение машин типа СВД и

БМ, от 40 до 50 м — БМ и буровых станков, а свыше 50 м следует применять только буровые станки.

При выборе машины учитывают тот факт, что техническую производительность ее не всегда можно реализовать, так как эксплуатационная производительность может оказаться значительно меньше из-за невозможности возводить стену в грунте с такой же скоростью, с какой идет разработка траншеи. Решающей в данном случае будет скорость строительства конструкции стены, поэтому разработку траншеи ведут с такой же скоростью, как и возводят стену. При сравнении вариантов разработки траншей машинами с ковшовыми и фрезерными рабочими органами следует иметь в виду, что для фрезерных потребуется планировка поверхности земли по трассе и укладка рельсовых путей, а также очистка больших объемов глинистой суспензии, чего не требуется при ковшовых машинах, а если и потребуется, то в несравненно меньших объемах. На втором этапе сравнения вариантов выполняются экономические расчеты. Себестоимость разработки 1 м<sup>3</sup> траншеи определяется по следующей формуле:

$$P_{y.z.} = \frac{C_{m.y.}}{P_{\text{ч}}} + C_{\text{г.с.}} + E_n \frac{K}{P_{\text{г}}},$$

где  $P_{y.z.}$  — удельные затраты на разработку 1 м<sup>3</sup> траншеи, в руб.;

$C_{m.y.}$  — стоимость машино-часа комплекта траншейных машин, руб.;

$P_{\text{ч}}$  — эксплуатационная производительность комплекта машин в час, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{г.с.}}$  — стоимость глинистой суспензии, необходимой для разработки 1 м<sup>3</sup> траншеи, руб.;

$K$  — инвентарная стоимость всех машин, входящих в комплект, руб.;

$E_n$  — нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности;

$P_{\text{г}}$  — годовая производительность комплекта машин, м<sup>3</sup>.



Ориентировочные данные о значениях величин, входящих в эту формулу, приведены в табл. 4.9—4.12. Данные таблицы ориентировочные и при использовании в проектно-сметной документации и расчетах эффективности вариантов подлежат уточнению на основании официальных справок организаций, разрабатывающих указанные в ней машины и оборудование.

Траншеи под сборные, монолитные стенки заглубленных сооружений разрабатывают ковшовыми и буровфрезерными рабочими органами.

Производительность траншеепроходческих агрегатов с ковшовыми рабочими органами определяют с учетом опытных данных для различных условий по формуле:

$$\Pi = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} \cdot E \cdot K_E \cdot K_B \cdot \frac{1}{K_C},$$

где  $t_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла, с;

$E$  — вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$K_E$  — коэффициент использования вместимости ковша, равный 0,8—1,0;

$K_B$  — коэффициент использования экскаватора по времени с учетом перерывов на монтаж сборных элементов, равный 0,5;

$K_C$  — коэффициент уменьшения производительности при работе из-под слоя глинистой суспензии глубиной свыше 4м, равный 1,7.

Длительность цикла экскавации грунта приведена в табл. 4.13.

Для траншеепроходческих агрегатов с буровфрезерным рабочим органом техническую производительность определяют по формуле:

$$\Pi_{\text{уср}} = [L_{\text{ср}} \cdot h(1 - K_t)] \left( K_H \cdot \frac{H_H}{H} + \frac{H_C}{H} \right),$$

где  $\Pi_{\text{уср}}$  — усредненная техническая производительность буровфрезерного механизма в смешанных (нескальных и скальных) грунтах, м<sup>2</sup>/ч;

$h$  — толщина разрабатываемой стружки, м;

$K_t$  — коэффициент, учитывающий затраты времени в ра-

Таблица 4.10

**Экономические показатели применения специализированных машин при устройстве траншей способом “стена в грунте”**

Наименование показателей	Единицы измерения	Бурофрезерные машины	
		СВД-500-Р	БМ-0,5-50-2М
1	2	3	4
Стоимость машино-смены с учётом комплектующего оборудования	руб./машино-смену	175,0	135,07
Сменная производительность (техническая)	м <sup>3</sup> /смену	150,0	75,125
Стоимость глинистой суспензии, приходящейся на 1 м грунта	руб./м <sup>3</sup>	3,62	3,62
Инвентарно-расчётная стоимость комплекта машин	руб.	90611	90330

Бурофрезерные машины	Ковшовые машины				
БМ-10-0,5-1М	Гидро-грейфер	Широко-захватный грейфер	Штанговый экскаватор	Траншейный драглайн	Плоский грейфер
5	6	7	8	9	10
92,39	61,3	51,7	56,23	50,0	101,1
15,30	84,0	60,0	60,0	52,0	60,0
3,62	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
42476	63390	23850	30019	23175	-

Таблица 4.11

## Расчет затрат, связанных с использованием фондов строительной организации

Наименование машин	Инвентарная стоимость, в руб.	Длительность работы, смена
1	2	3
Экскаватор-драглайн с ковшом 0,6 м <sup>3</sup> Э-652	14170	375
Автосамосвалы КраЗ-256Б	8470	335
Экскаватор Э-1252 со штанговым оборудованием	30075	375
Глинистое хозяйство	8800	375
Кран Э-652	12670	375
Кран СКГ-40	43196	375
Итого		

Продолжительность работы на объекте		Капитальные вложения, в руб.	
“стена в грунте”	открытый котлован	“стена в грунте”	открытый котлован
4	5	6	7
254	454	19176	34310
254	454	64221	11479
82	-	6576	-
82	-	1924	-
174	210	5879	7095
69	72	7948	8292
		105720	164490

## Расчет количества машин и

Наименование работ	Тип машин	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /мес.
1	2	3
Разработка котлована	Экскаватор Э-652	8,66
	Автосамосвал КрАЗ-256Б	
Разработка траншеи под защитой глинистой суспензии	Экскаватор Э-1254 со штанговым оборудованием	1,76
Устройство конструкций из монолитного железобетона	Кран Э-652	0,66
Монтаж сборного железобетона	Кран СГК-40	0,55
Обратная засыпка	Экскаватор Э-652	8,66
	Автосамосвал КрАЗ-256Б	
Итого		

бочем цикле на непредвиденные операции, с;

$K_n$  — понижающий коэффициент, равный 0,4—0,9 (для нескальных грунтов тем ниже, чем рыхлее грунт);

$H_n, H_c$  — соответственно толщина залегания нескальных и скальных грунтов, м.

$H$  — глубина траншеи, м.

Эксплуатационная производительность траншеепроходческих агрегатов с бурофрезерным рабочим органом в нескальных грунтах составляет 50—60 м<sup>2</sup>/ч, а в грунтах с прослойками скальных пород и песчаника 5—6 м<sup>2</sup>/смену, надо отметить, что производительность станка УКС-30М в аналогичных условиях составила 2,5 м<sup>2</sup>/смену.

Таблица 4.12

## производительности работ

Объём работ тыс. м <sup>3</sup>		Количество машин, шт.		Длительность выполнения работ, мес.	
«стена в грунте»	в открытом котловане	«стена в грунте»	в открытом котловане	«стена в грунте»	в открытом котловане
4	5	6	7	8	9
67,6	105,1	2	2	3,9	6,05
		10	10		
3,24	-	1	-	1,84	-
2,57	3,1	1	1	3,89	4,7
1,70	1,79	1	1	3,1	3,2
30,76	71,06	2	2	1,77	4,1
		10	10		
				14,5	18,5

Таблица 4.13

## Длительность цикла экскавации, с

Глубина траншеи до, м	Способ разработки грунта							
	Насухо				Из-под глинистой суспензии			
	Способ разработки грунта							
	навымет		в автотранспорт		навымет		в автотранспорт	
	Группа грунта							
	1,11	111	1,11	111	1,11	111	1,11	111
10	56,4	71	82,8	97,4	81,0	95,6	107,4	122,0
12	60,6	76	87,0	101,6	85,2	99,8	111,6	126,0
15	66,9	77,3	93,3	107,9	91,5	101,9	117,9	132,5

## **ГЛАВА 5**

# **ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ СБОРНОГО И МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

### **5.1. Технология возведения сборных подземных сооружений**

#### **Технология устройства стен путем монтажа панелей в твердеющем растворе**

Заполнение узкой пазухи между стеновыми панелями и бортом траншеи связано с техническими сложностями, так как, с одной стороны, возникает опасность повреждения глинистой корки, образованной на бортах траншеи, а с другой стороны, требуется тщательное заполнение узкого зазора твердеющим водонепроницаемым материалом. Увеличение же размера пазухи между стенами траншеи и стеновыми панелями не всегда целесообразно, так как при этом увеличивается объем работ по заполнению пазух и разработке траншеи. В связи с этим, французскими фирмами “Soletanch” и “SJF-Bachy” использован принцип монтажа стеновых панелей в траншею, уже заполненную твердеющим раствором. Этот принцип использован, в частности, в технологии “Ponosol”. Этой технологией предусматривается использование одного и того же твердеющего раствора как для удержания бортов траншеи от обрушения, так и для закрепления в ней стеновых панелей.

Имеется несколько модификаций конструкций стенок выполняемых способом “Ponosol”.

Сборные элементы выполняют в виде вертикальных панелей со стыком “паз — гребень” или в виде тавровых свай, на полки которых опираются панели. В первом случае грунт разрабатывают непрерывной траншеей, во втором случае — захватками-секциями через одну, причем сначала разрабатывают шурфы, в которые вставляют тавровые стойки, во вторую — захватки, в которые монтируют панели. Для надежного соединения плит и стоек грейфером пазы последних очищают от схватившегося раствора.

Описанным способом возводят сборно-монолитные стенки, причем сборные элементы выполняют в виде разделитель-

ного шаблона, который образует стык между секциями, выполняемыми из монолитного железобетона. Вначале в отрытых шурфах или скважинах большого диаметра монтируют колонны — разделительные шаблоны, а затем, после отрывки траншей, между ними монтируют арматурные каркасы и бетонируют участки стен, находящиеся между разделительными шаблонами.

Подобные стенки используются для крепления бортов выемок. При этом забирку между стойками выполняют из деревянных брусьев или сборных панелей.

Широкое распространение получил способ “Ponosol” при устройстве так называемых “парижских стенок”. Этот способ позволяет по мере выемки грунта сооружать железобетонные стенки в грунте путем подрачивания. Для этого на определенном расстоянии друг от друга устраивают скважины, в которых монтируют вертикальные колонны с выпусками арматуры, при этом используют твердеющий раствор. Затем по мере разработки котлована отгибают выпуски арматуры, устанавливают арматуру и одностороннюю опалубку и поярусно методом подрачивания возводят стену сооружения.

### **Устройство стен путем заделки стыков под слоем глинистой суспензии**

Работа с твердеющими растворами исключает заделку стыков, однако требует высокой культуры производства работ, в частности, строгой технологической последовательности и соблюдения определенных технологических перерывов. Описанные ниже способы строительства, при которых заделка стыков между сборными элементами осуществляется после их монтажа в траншеях методами восходящего раствора, лишены этого недостатка. Применяемый для заделки стыков замоноличивающий раствор имеет большую плотность, чем глинистая суспензия, поэтому, поднимаясь снизу вверх, он вытесняет глинистую суспензию из полости стыка и проникает в застенное пространство. Тампонажный раствор, как правило, должен иметь марку не ниже марки соединяемых сборных элементов.

Технологию, согласно которой стыки заделывают под слоем глинистого раствора, применяют как для стен с вертикальной, так и для стен с горизонтальной разрезкой на сборные элементы, а также для комбинированных конструкций “балка — панель”.



Под защитой глинистой тиксотропной суспензии отрываю­ют непрерывную траншею. В траншее монтируют стеновые панели со шпоночным стыком. По бокам каждой пятой панели приваривают к закладным частям уголки из стали 100 х 10 мм, а снизу панели, поперек ее, приваривают фартук из листовой стали так, чтобы он на 300 мм был ниже основания панели и располагался поперек траншеи, врезаясь в ее дно. Таким образом, уголки и фартук разделяют траншею на отдельные участки длиной 8 м. После монтажа каждых пяти панелей раствор подавался в стыки и в застенное пространство. Для этого в полость стыка до дна траншеи опускали инъекционную трубку диаметром 50 мм, по которой подавали раствор. Раствор в застенное пространство, а также в полость под панелью подавали через трубки, уложенные в каждой панели.

### **Устройство стен с заделкой стыков по мере разработки грунта в сооружении**

При всех приведенных ранее способах производства работ качество стыков при устройстве стен под защитой глинистой суспензии визуально не контролируется. Заделанный этими способами стык не является рабочим и равнопрочным со стеновыми панелями. Кроме того, в стыках из-за загустевания тиксотропной суспензии возможны каверны, раковины, а также контактная фильтрация.

Единственной возможностью гарантированной равнопрочной заделки стыка является обеспечение непосредственного доступа к стыку в процессе его заделки, что возможно, в частности, в период разработки грунта изнутри сооружения.

В разработанной под защитой глинистой суспензии траншее монтируют сборные стеновые панели. Их фиксируют в проектном положении забутовкой между сборными элементами и бортами траншеи. Забутовку пазухи, обращенной внутрь сооружения, выполняют несвязным местным грунтом — песком, супесью, суглинком, а забутовку наружной пазухи — тампонажным твердеющим раствором.

После твердения тампонажного раствора в наружной пазухе разрабатывают грунтовое ядро изнутри сооружения и заделывают стыки сверху вниз по мере их обнажения и очистки полостей от песка и остатков глинистого раствора.

Панели со стационарными направляющими монтируют так же, как и панели со съемными направляющими, то есть панель переводят в вертикальное положение и заводят в траншею так, чтобы нижний фиксатор монтируемой панели вошел в зацепление с уголком-шаблоном смонтированной панели. После этого сборный элемент краном погружают в траншею до тех пор, пока верхний фиксатор не войдет в зацепление с панелью, после чего панель опускают в проектное положение (рис. 5.1).

Высотного положения монтируемых панелей достигают двумя путями — монтажом панелей на искусственное основание и подвеской панелей на борт траншеи. В первом и во втором случаях траншею отрываю на 150—200 мм глубже проектного положения.

В первом случае в траншею, заполненную глинистой суспензией, засыпают щебень и погружают сборный элемент. Если верх стеновой панели опустится ниже проектной отметки, то панель слегка приподнимают краном и в траншею засыпают щебень. Если отметка верхнего торца выше проектной, то сборный элемент приподнимают краном, а затем резко опускают вниз, втрамбовывая в дно траншеи.

Во втором случае панель подвешивают на борту траншеи с помощью обрезков двутавров или рельсов. Подвеску выполняют, одевая специальные петли на монтажные петли.

Временно закрепляют панель в проектном положении путем подачи цементного раствора или бетона на высоту не менее 1,0 м в обе пазухи между панелями и стенками траншеи. Подают и укладывают бетон или раствор по спаренным бетонолитным трубам с общим бункером. Диаметр труб равен 200—250 мм, длина на 50—100 мм короче глубины траншеи. Для бетонирования принимают бетон марки БГТ-300 с осадкой конуса 12—16 мм.

Верхний конец панели, снабженный выпусками арматуры или закладными частями, приваривают к воротнику траншеи.

Важнейшим технологическим процессом является забутовка панелей или их тампонаж.

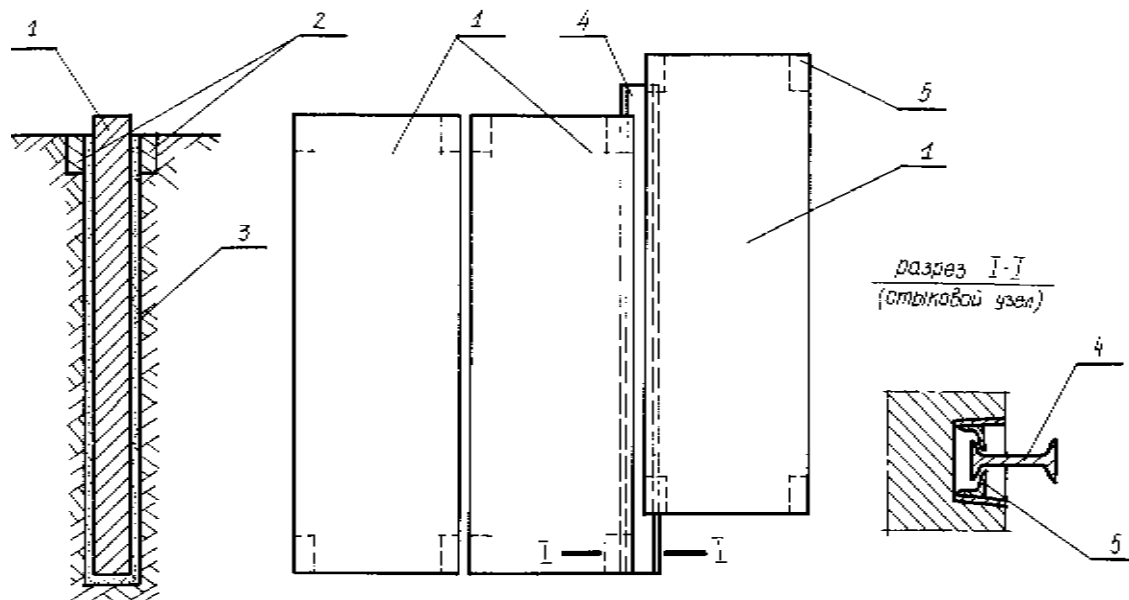


Рис. 5.1. Схема возведения стен из сборных элементов:

1 — сборные элементы; 2 — формашта; 3 — тампонажный раствор; 4 — съемный направляющий двутавр; 5 — закладные детали

## 5.2. Некоторые вопросы проектирования технологических процессов при возведении сборных заглубленных сооружений

### Разработка траншей под защитой глинистой суспензии

Траншеи под сборные стены заглубленных сооружений разрабатывают штанговыми экскаваторами, широкозахватными грейферами и барражными машинами.

Разработку траншей штанговыми экскаваторами выполняют путем устройства непрерывной выемки пересекающимися шурфами или путем разработки отдельных шурфов с последующей выемкой целиков между ними.

При этом в устойчивых, неоплывающих грунтах шурфы разрабатывают насухо, оставляя перемычки между ним и траншеей шириной 0,5—1,0 м.

После отрывки шурфа перемычку разбирают, и суспензия заполняет шурф. При такой технологии длительность цикла экскавации грунта сокращается на 25—30 с как за счет исключения непроизводительных затрат времени на стекание суспензии из ковша в траншею, так и за счет улучшения условий резанья грунта насухо. Кроме того, уменьшается расход глинистой суспензии.

Штанговые экскаваторы разрабатывают грунт в отвал или с погрузкой в транспортные средства.

При работе в отвал грунт перемещается бульдозерами на расстояние до 20—30 м.

Производительность экскаватора  $\Pi$  для различных условий определена по формуле

$$\Pi = \frac{360}{t_{\text{ц}}} \cdot E \cdot K_{\text{Е}} \cdot K_{\text{В}} \frac{1}{K_{\text{С}}},$$

где  $t_{\text{ц}}$  — длительность цикла, с;  $E$  — вместимость ковша, равна  $0,35 \text{ м}^3$ ;  $K_{\text{Е}}$  — коэффициент использования вместимости ковша (равен 0,8);  $K_{\text{В}}$  — коэффициент использования экскаватора по времени с учетом перерывов на монтаж сборных элементов, равен 0,5;  $K_{\text{С}}$  — коэффициент уменьшения производительности при работе из-под слоя глинистой суспензии глубиной свыше 4 м, равен 1,7.

## Приготовление глинистых суспензий

Расход глинистой суспензии колеблется в широких пределах и зависит от многих факторов. По данным наблюдений на объектах для штанговых экскаваторов расход суспензии составил 0,5—0,75 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> разработанного грунта.

Глинистую суспензию готовят из глинопорошка или комовой глины в глиномешалках вместимостью от 0,75 до 4,0 м<sup>3</sup>.

Производительность глиномешалок зависит от вместимости глиномешалок и применяемой глины. Время механического перемешивания составляет: для комовых глин — 45 мин., для глинопорошков — 25 мин.

Приготовление глинистой суспензии включает следующие операции: заполнение глиномешалки водой на 2/3 вместимости; подача и затворение реагентов; подача глины; перемешивание суспензии и слив ее.

Расход глины на 1 м<sup>3</sup> суспензии в среднем составляет 115 кг бетонитового глинопорошка или 360 кг местной комовой глины. Производительность П глиномешалки определяется по формуле

$$П = \frac{60}{Т} \cdot E \cdot K_E \cdot K_B,$$

где Т — длительность цикла, мин; E — вместимость глиномешалки, м<sup>3</sup>; K<sub>е</sub>, K<sub>в</sub> — коэффициенты использования соответственно по емкости и по времени.

## Монтаж сборных железобетонных стеновых панелей и их закрепление в траншее

Эти работы состоят из следующих процессов: монтажа стеновых панелей; закрепления верхнего конца панели; закрепление нижнего конца панели; установка ограничителей захваток; тампонаж наружной пазухи глиноцементным раствором; засыпка внутренней пазухи песчаным грунтом.

Ведущим процессом является монтаж стеновых панелей.

Производительность монтажного крана вычисляется по формуле

$$П = \frac{60}{t_{ц}} \cdot V \cdot K_B,$$

где  $t_{ц}$  — длительность цикла монтажа;  $v$  — объем панели;  $K_{в}$  — коэффициент использования крана по времени, равен 0,64.

### **Заделка стыков между сборными элементами**

В настоящее время стыки между сборными элементами заделывают шприц-бетоном или торкрет-бетоном, послойным бетонированием и восходящим раствором.

Состав звеньев рабочих для выполнения работ по устройству стыков, трудоемкость и затраты машинного времени на заделку стыков приведены соответственно в таблицах 5.1 — 5.3.

## **5.3. Опыт строительства подъемных сооружений из сборного железобетона**

### **Устройство воротника траншеи**

Воротник траншеи — важный элемент конструкции, прочность и устойчивость которого определяет в значительной мере надежность разработки траншеи и монтажа в ней стеновых панелей. В настоящее время применяется около 10 типов конструкций воротника траншеи. Воротники бывают инвентарные, переносные или стационарные, из сборного, сборно-монолитного и монолитного железобетона.

Для крепления верхней части траншеи при строительстве первого экспериментального объекта — камеры переключения водоводов Криворожского ЮГОК был использован воротник из сборных железобетонных плит Г-образной формы четырех типоразмеров. Толщина горизонтальных плит 250 мм, глубина крепления пионерной траншеи 550 мм, масса 3,5—6,3 т. Траншеею для укладки плит отрывали экскаватором Э-153А, смонтированным на тракторе “Беларусь”. В связи с тем, что верхний слой грунта был насыпным, открыть качественно пионерную траншеею не удалось. Углы плит опирались на грунт не плотно, под ними образовывались незаполненные участки, пустоты. Кроме того, проектом не предусматривалась заделка стыков между плитами воротника. Отсутствие плотного контакта с основанием и монолитности воротника вызвало его деформацию и повлекло за собой крен штангового экскаватора, который устанавливался на плитах воротника.

Таблица 5.1

## Состав звеньев рабочих, занятых устройством стыков между сборными элементами, чел.

Профессия рабочих	разряд	Наименование работ	Способ заделки стыков		
			шприц-или торкрет-бетоном	Послойным бетонированием	Восходящим раствором
Арматурщик	V	Заготовка арматуры и установка её в стык	1	1	1
Газосварщик	IV	установка её в стык	1	1	1
Электросварщик	V	Сварка арматуры в стыках	1	1	1
Плотник	IV	Установка и снятие	-	1	1
»	III	опалубки	-	1	1
Бетонщик	IV	Бетонирование стыков: послойным бетонированием	-	1	-
»	III	восходящим раствором	-	1	-
Машинист автокрана	V		-	1	-
Бетонщик	IV	восходящим раствором	-	-	1
»	III		-	-	1
Машинист растворонасоса	IV		-	-	1
Машинист шприц-бетонмашины	IV	шприц-или торкрет-бетоном	1	-	-
Компрессорщик	IV		1	-	-
Бетонщик	IV		1	-	-
»	II		2	-	-

Таблица 5.2

## Затраты машинного времени на заделку стыков, маш.-ч/м

Наименование механизмов	Способ заделки стыков		
	шприц- или торкрет-бетоном	послойным бетонированием	восходящим раствором
Автокран	-	0,189	-
Компрессор передвижной с подачей 9 м <sup>3</sup> /мин	0,092	-	-
Установка для набрызг-бетона С-630	0,092	-	-
Растворомешалка С-220А	0,092	-	-
Растворосмеситель С-756	-	-	0,082
Растворонасос С-854	-	-	0,082



Таблица 5.3

## Трудоёмкость работ по заделке стыков, чел.-ч/м

Наименование работ	Способ заделки стыков		
	шприц- или торкрет-бетоном	послойным бетонированием	восходящим раствором
Подготовка поверхности стыкуемых панелей	0,306	0,306	0,306
Заготовка арматуры	0,054	0,054	0,054
Установка арматуры	0,05	0,05	0,05
Сварка арматуры	1,428	1,428	1,428
Установка и снятие опалубки	-	0,499	0,499
Укладка бетона	-	0,567	-
Подача раствора в стык	-	-	0,202
Торкретирование стыка	0,478	-	-
<b>ИТОГО</b>	<b>2,32</b>	<b>2,908</b>	<b>2,543</b>

При проектировании подпорной стены маслоподвала прокатного стана Криворожского металлургического завода им. В.И. Ленина, учитывая значительную протяженность стены (свыше 252 м), было решено применить инвентарный воротник из плоских сборных железобетонных плит, свариваемых по закладным частям в Г-образную конструкцию. При этом предполагалось переносить воротник по мере готовности траншеи. Плиты воротника укладывали на бетонную подготовку. Однако осуществить строительство с переносным воротником не удалось. Из-за размыва верхней части траншеи и вымыва грунта из-под основания плиты воротника произошел разрыв сварного шва между вертикальной и горизонтальной плитами и они обрушились в траншею. Для ликвидации аварии все смонтированные панели были закреплены, выполнен тампонаж их, остатки суспензии откачаны и разрыт котлован с откосами на полную глубину траншеи, после чего плиты воротника были извлечены краном, а котлован засыпан суглинком. После этого работы продолжались обычным методом.

### **Монтаж стеновых панелей**

Стеновые панели транспортируют на строительную площадку прицепами-тяжеловозами или прицепами-ропусками грузоподъемностью до 20—40 т. В связи с тем, что размеры грузовых площадок трейлеров были меньше размеров панелей, на прицепах устраивают специальные площадки из прокатного металла. Панели складывают в зоне действия монтажного крана в штабеля по 3—4 шт. на деревянных подкладках.

Перед началом монтажа панели раскладывают вдоль траншеи или под углом к ней. Особенность монтажа стеновых панелей под слой глинистой суспензии заключается в том, что монтаж ведется безвыверочным методом, вслепую. Поэтому разработаны и применяются различные монтажные приспособления, обеспечивающие точность монтажа.

Для монтажа стеновых панелей используют стационарные несъемные направляющие.

Такие направляющие позволяют сократить трудоемкость работ. Кроме того, предполагалось после очистки стыка направляющий уголок приварить к закладной части соседней панели сплошным швом, чтобы обеспечить надежную заделку стыков.

Что же касается направления панелей при монтаже, то стационарные несъемные направляющие весьма эффективны, они обеспечивают высокую точность при монтаже и сравнительно малые трудозатраты.

Для компенсации отклонений панелей в плане по верху стены предусматривают устройство балки из монолитного железобетона.

Нижняя часть панелей защемлялась бетоном БГТ-300 на фракции до 20 мм с осадкой конуса 12 см. Однако при транспортировке литая бетонная смесь расслаивалась и теряла часть цементного молока. Подвижность бетона к моменту укладки не превышала 7—8 см, что затрудняло укладку бетона методом подводного бетонирования.

Для укладки бетона с целью защемления панелей одновременно с двух сторон панели применяли двухочковый бункер вместимостью 1,6 м<sup>3</sup> с двумя бетонолитными трубами диаметром 200 мм, доходящими до дна траншеи. Бункер навешивали на панель так, чтобы бетонолитные трубы располагались по обе стороны от закрепляемой панели.

Для защемления нижней части ребристых панелей применяют технологию и устройство, аналогичные применяемым для бетонирования буронабивных свай.

Важным технологическим процессом, выполняемым после временного закрепления панелей, является забутовка пазух между бортом траншеи и стеновой панелью, то есть заполнение наружной пазухи тампонажными растворами.

Для подачи тампонажного раствора используют штукатурные станции, включающие бункер со шнековым питателем и плунжерный растворонасос марки С-713А.

Внутреннюю пазуху заполняют песком, который подают бадьями вместимостью 0,8—1,6 м<sup>3</sup>. Он легко тонет в суспензии, укладываемой с естественным откосом, равным 65–70°. Значение этого угла объясняется сводообразованием в узкой щели, а также взвешивающим влиянием глинистой суспензии.

### **Разработка грунта изнутри сооружений**

Схема разработки грунта изнутри сооружения выбирается в зависимости от конкретных условий — геометрических размеров сооружений в плане, глубины, способа обеспечения устойчивости стеновых панелей, типа грунта (рис. 5.2).

Схема производства работ	Глубина дринга	Размеры содержимого, м		Применяемые машины и механизмы
		в длине	в диаметре	
	I-II	до 18	до 15	Экскаваторы канатные с вращательным оборудованием Э-100Н, Э-1252 с ковшом вместимостью 1,0-1,5 м <sup>3</sup>
	I-II	12-30	15	То же и бульдозер БЗ-42, БЗ-53
	I-IV	12-30	30	Экскаваторы гидравлические с ковшом 0,15; 0,25; 0,5; 0,85 м <sup>3</sup> и краны гусеничные на базе экскаваторов Э-100Н, Э-1254, Э-2505
	I-III	более 30	12	Бульдозеры БЗ-42, БЗ-53 и экскаваторы драглаины Э-100Н, Э-1252, Э-2505
	I-IV	более 50	12	Экскаваторы с ковшом вместимостью 0,5-2,5 м <sup>3</sup>
	I-IV	более 20	50	Гидромолот ГМ-2, ГМН-250, землесос ЧНЗ в кран драглаинной вместимостью 50 кН

Рис. 5.2

## **Заделка стыков между сборными элементами**

Открытые рабочие стыки заделывают путем нанесения шприц-бетона или торкрет-бетона.

К омоноличиванию стыков приступают после разработки котлована на глубине не менее 1,5—2,0 м на участке не менее 50—70 м. Стык очищают от проникшего в него тампонажного раствора и песка, промывают и продувают сжатым воздухом и при необходимости очищают проволочными щетками.

Закладные части стыка сваривают между собой. Стык заделывают шприц-бетоном с помощью однокамерной установки циклического действия типа СБ-67 или БМ-60.

При бетонировании стыка необходимо соблюдать следующие технологические требования: давление воздуха в ресивере должно быть 25—30 Мпа при длине шланга 30 м, что обеспечивает начальную скорость струи бетонной смеси 50—60 м/с; давление воды в напорном баке должно быть на 1—1,5 Мпа выше давления в рабочей камере установки для набрызга, но не менее 30 Мпа; расстояние от сопла до поверхности бетонирования должно составлять 0,8—1 м.

Шприц-бетон наносят в один или несколько слоев в зависимости от глубины и ширины стыков (обычно 1—2 слоя). Первый слой обычно наносят из песчаного бетона (без заполнителя) для уменьшения первоначального откоса.

## **5.4. Опыт возведения монолитных стен в грунте**

### **Арматурные конструкции и работы**

Армирование стен осуществляют каркасами. Арматурный каркас стены (рис.5.3), кроме продольных (вертикальных) рабочих стержней и поперечной (горизонтальной) арматуры, со сторон, обращенных к стенам траншеи, включает фиксаторы, обеспечивающие защитный слой бетона.

Для непрерывного горизонтального армирования стены применяют вертикальные металлические или бетонные диафрагмы, разделяющие траншеи на секции — захватки, с перепуском через эти диафрагмы горизонтальной арматуры. В этих случаях диафрагма является элементом конструкции стены. В качестве рабочей применяют арматуру только периодического профиля из стали класса А-II или А-III. Для поперечной кон-

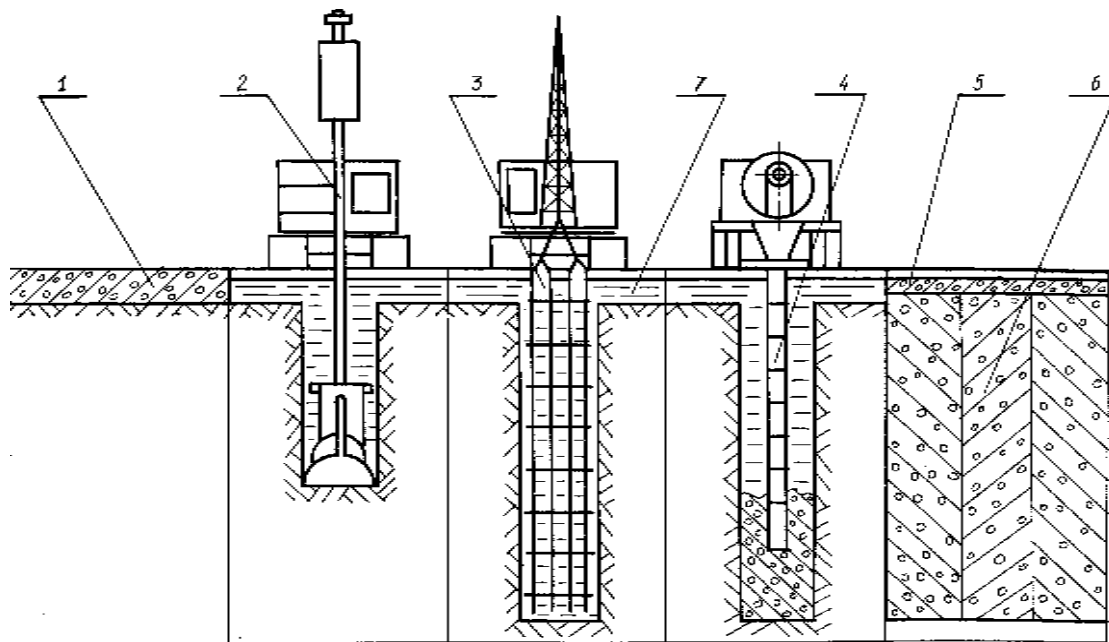


Рис. 5.3. Строительство подземной части сооружения методом “монолитная стена в грунте”:

- 1 — устройство формашты; 2 — разработка грунта в траншейных захватах;
- 3 — установка армокаркаса; 4 — бетонирование методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ); 5 — устройство обвязочного пояса по периметру;
- 6 — готовая стена; 7 — глинистый раствор

структивной и монтажной арматуры допускается применение стали класса А-I. Расстояние между стержнями рабочей арматуры принимают равным не менее 100 мм, а между стержнями распределительной арматуры — не менее 150 мм, и до 20 диаметров рабочей арматуры, но не более 300 мм.

Арматурные каркасы выполняют на секцию-захватку стены (блок бетонирования). При размерах захватки, лимитируемой возможной интенсивностью подачи бетонной смеси, захватку разделяют диафрагмой. По ширине арматурный каркас делают на 10—15 см уже траншеи для обеспечения защитного для арматуры слоя бетона. По обоим бокам армокаркаса предусматривают металлические салазки из полосовой стали шириной 30-50 мм и толщиной 5 мм или бетонные катки, которые устанавливают в трех вертикалях через 3—4 м по высоте каркаса.

Если каркас при монтаже подвешивают на воротнике траншеи, то число его опор должно быть не менее двух. Для установки бетонолитных труб в армокаркасах предусматривают устройство вертикальных полостей, огражденных направляющими из продольных гладких стержней во избежание зацепления труб при их подъеме и опускании. Если эти стержни стыкуются при сварке, их зачищают на уровне поверхности гладких стержней. Продольные стержни рабочей арматуры не должны иметь более трех стыков. Стыки выполняют контактной сваркой. В виде исключения допускают соединение стержней продольной арматуры электродуговой сваркой, выполняемой только при монтаже. Качество сварки контролируют в соответствии с “Технологическими рекомендациями по электросварке и заделке стыков сборных железобетонных конструкций промзданий”.

При стыковании армокаркасов в процессе изготовления и монтажа их в траншее из отдельных секций необходимо соблюдать следующие правила: стыки продольных стержней располагаются вразбежку; в любой горизонтальной плоскости сечения каркаса допускается не более 50 % стыков; стыки соседних стержней сдвигаются относительно друг друга на величину длины нахлестки; стыкование стержней внахлестку производится одним фланговым швом; длину нахлестки сваркой принимают равной не менее 10 диаметров стержня; прочность стыков стержней продольной арматуры принимают не ниже прочности самого стержня.

Поперечную (горизонтальную) арматуру стыкуют внахлестку односторонним сварным швом или перевязкой места соединения вязальной проволокой. При замене отсутствующей арматурной стали с увеличением диаметра рабочей арматуры соответственно увеличивают толщину защитного слоя бетона.

### **Бетоны, применяемые для устройства монолитных стен в грунте**

В связи с тем, что бетонную смесь для стен в грунте укладывают методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) или бетононасосами, прочность бетона, уложенного под слой глинистой суспензии, принимают на 10 % выше требуемой по проекту при марке бетона не ниже 200.

### **Технология бетонирования стен в грунте**

Возведение стен в грунте из монолитного железобетона включает следующие процессы: монтаж ограничителей секций-захваток; очистку дна траншеи от осадков загрязненной суспензии и замену ее свежей; монтаж арматурных каркасов со сдачей секции по акту для бетонирования; монтаж бетоноукладочного оборудования; укладку бетонной смеси; устройство стыков между секциями; уход за уложенным бетоном.

Перед заменой загрязненной суспензии свежей устанавливают ограничитель захватки. Очищают от осадка и заменяют зашламованную суспензию чистой только в пределах захватки, после чего устанавливают армокаркас.

Блок, подготовленный для бетонирования, сдают по акту.

Секцию-захватку, принятую по акту, бетонируют в срок, который не должен превышать: при слабых водонасыщенных грунтах — 1 сутки; при грунтах средней плотности — 2 суток. Перед установкой в блок бетонирования проверяют герметичность стыков бетонолитной трубы, собранной на горизонтальной площадке, заполняя ее водой, затем трубу опускают краном в траншею в оставленные для нее вертикальные проемы в армокаркасе и соединяют быстроразъемным стыком с бункером-воронкой.

Перед началом бетонирования секции-захватки из бетонолитной трубы удаляют глинистую суспензию. Для этого че-



рез ее верхний конец вводят пропитанный известковым или цементным раствором, а для длинных труб — солидолом, пыж в виде шара из пакли, обшитой мешковиной такого же диаметра как труба. Затем горловину воронки закрывают клапаном-крышкой.

Для непрерывного бетонирования секции-захватки следует восстановить нормальный уровень бетонной смеси в бункере-воронке, после этого медленно поднимать бетонолитную трубу, одновременно загружая бетонной смесью бункер-воронку с тем, чтобы уровень последней не опускался ниже горловины бункера. При быстром падении уровня бетонной смеси в воронке бетонолитную трубу вместе с воронкой опускают для уменьшения скорости движения бетонной смеси по трубе.

При бетонировании необходимо выполнять следующие условия: бетонолитная труба по всей длине должна быть заполнена бетонной смесью; нижний конец бетонолитной трубы должен быть заглублен в бетонную смесь не менее чем на 2 м. Увеличение заглубления трубы улучшает качество бетона; перерывы в бетонировании должны составлять не более часа летом и 30 мин. зимой. Глинистую суспензию, вытесняемую бетонной смесью из захватки, отводят самотеком по специальной траншее или лотку, откачивают насосом в соответствующую захватку или запасную емкость.

### **Особенности бетонирования стен в грунте зимой**

При составлении ППР для строительства монолитных стен методом “стена в грунте” в зимних условиях при температуре  $-15^{\circ}\text{C}$  предусматривают:

- утепление оборудования для приготовления, перекачки и очистки глинистой суспензии;
- подогрев глинистой суспензии не выше  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- укрывание утепленными щитами разработанных участков траншей;
- обогрев верхней части стены в пределах глубины замерзания грунта на период твердения в них бетона.

Бетонирование ведут подогретой бетонной смесью. Температура ее в момент укладки должна быть не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Верхнюю часть стены в период твердения и приобретения бетоном прочности утепляют опилками или шлаком.

## **ГЛАВА 6**

# **ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ГРУНТОВЫХ ВОД**

### **Краткая характеристика построенных диафрагм**

Противофильтрационные диафрагмы представляют собою стенки в грунте и земляных сооружениях. Предназначены такие стенки для преграждения фильтрационных потоков в водоупорных сооружениях и их основаниях. Эти потоки направлены из верхнего бьефа в нижний в различных хранилищах чистых или загрязненных вод, вытекающих из окружающего грунта в выемки, котлованы и карьеры. ПФД обеспечивают надежную устойчивость гидротехнических сооружений, а также защищают водные ресурсы от загрязнения и истощения, а земельные территории от подтопления и заболачивания.

### **Классификация ПФД**

ПФД подразделяются:

- по длительности службы на постоянные и временные, то есть используемые для временных котлованов;
- по расположению относительно водоупора на совершенные и несовершенные. Совершенные диафрагмы полностью пересекают (перекрывают) фильтрующие пласты и плотно сопрягаются с водоупором, подстилающим водопроницаемые грунты, путем врезки в него. Несовершенные или висячие ПФД не полностью перекрывают область фильтрации, то есть не доходят до водоупора, вследствие этого обтекаются фильтрационным потоком снизу;
- по расположению относительно защищаемого от фильтрации объекта — на замкнутые и незамкнутые;
- по характеру статистической работы и материалу — пластичные, жесткие и эластичные.

Пластичные диафрагмы выполняют из нетвердеющих маловодопроницаемых грунтовых материалов, например глины, тяжелого суглинка, специальных глиногрунтовых, в частности, солеустойчивых паст и других подобных естественных или искусственно составленных материалов. Жесткие ПФД выполняют из монолитного бетона, железобетона. В особых случаях ПФД

временного назначения могут выполняться из дерева и металла. Эластичные ПФД выполняют из синтетических пленок, защищенных от механических повреждений слоем пластичного строительного материала.

Выработки, в которых осуществляется строительство ПФД, делятся на следующие типы: траншеи переменного сечения, образующиеся секущимися буровыми скважинами; траншеи постоянной ширины, создаваемые бурофрезерными или ковшовыми машинами; щели, создаваемые путем бокового уплотнения грунта в результате вибропогружения и извлечения из него щелеобразователей типа шпунтины или создания щели баровыми машинами.

Способы возведения жестких диафрагм полностью совпадают с технологией строительства монолитных несущих и сборных стенок. Их возводят блок-секциями.

Различают следующие способы образования пластичного типа диафрагм: обратную засыпку в траншею вынутого из нее грунта, обогащенного глинистыми фракциями; отсыпку комовой жирной глины, нагнетание насосами глинистой пасты; обратный замыв — то есть переукладка в траншее разрабатываемого под глинистой суспензией грунта без выдачи его на поверхность; перемешивание грунта на месте его залегания с глинистой суспензией.

### **Конструктивные особенности ПФД**

Конструктивные решения ПФД во многом определяют технологию и механизацию из строительства. Эти решения при возведении водоподпорных сооружений гидроузлов, хранилищ и их оснований обычно имеют вид, представленный на рис. 6.1.

ПФД могут выполняться из бетона и железобетона, технология и механизация их возведения ничем не отличается от строительства заглубленных монолитных несущих стен в грунте. Что касается сооружения ПФД из нетвердеющих материалов, нередко применяемых в сочетании с другими материалами, то их конструкция и технология возведения имеет ряд существенных особенностей.

Эти ПФД обычно бывают трех видов: однородные стены в грунте, полностью состоящие из глиногрунтового материала; комбинированные стены в грунте, верхняя несущая часть ко-

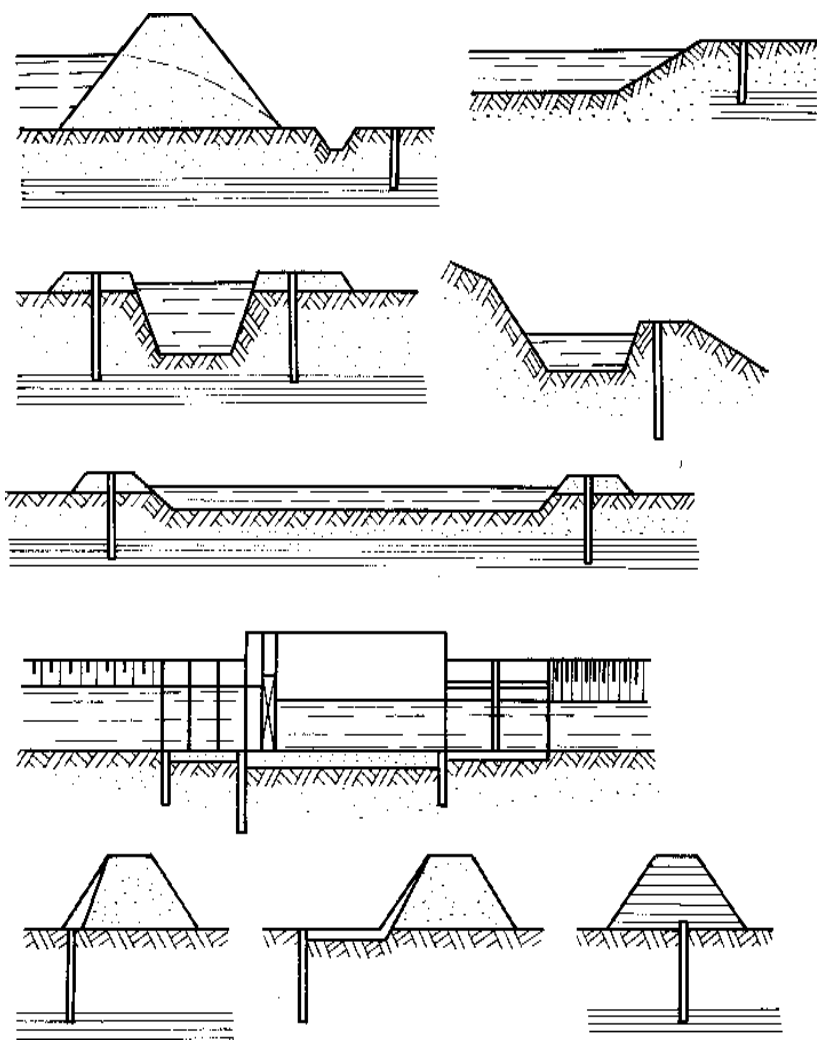


Рис. 6.1. Противофильтрационные мероприятия

торых выполнена из бетона или железобетона, а нижняя противofильтрационная из глиногрунтового маловодопроницаемого материала; ПФД, состоящие из синтетической пленки, уложенной в один или несколько слоев обычно у одной или обеих стен траншеи на всю высоту и заполняющей траншею щель глиногрунтового материала.

Совершенные ПФД, пересекающие все водопроницаемые пласты, плотно врезаются в водоупор на глубину не менее 1 м, а несовершенные ПФД, то есть не врезанные в водоупор, имеют в нижней части защитный слой из материала, не размываемого при обтекании снизу фильтрационным потоком.

Сопряжения глиногрунтовых ПФД со скальным основанием выполняют с помощью бетонных стенок, врезанных в скалу, которая подвергается цементации в случае ее трещиноватости. Кроме того, между верхом бетонной стенки и глиногрунтовой ПФД делают переходной слой высотой не менее 1 м из особо жирной и малопроницаемой глины.

ПФД, входящие в состав комбинированных стенок, возводят секционным способом одновременно с монолитной несущей стенкой, расположенной над ней, но с некоторым опережением, имея не совпадающие ограничители захваток.

## **6.1. Противofильтрационные диафрагмы из глиногрунтовых материалов**

Глиногрунтовые ПФД состоят либо полностью из карьерного глинистого грунта в случае его достаточной водонепроницаемости или из карьерного грунта, обогащенного глинистыми фракциями для доведения его водонепроницаемости до требуемых значений. Обычно глиногрунтовыми являются однородные ПФД из нетвердеющих материалов, а также ПФД, составляющие нижний ярус комбинированных стен в грунте.

Основными материалами для ПФД этого типа являются: заглинизированный грунт, добываемый при разработке траншей для ПФД, если после обогащения его глинистой суспензией при экономически оправданных затратах получается глиногрунтовый материал с требуемой водонепроницаемостью; природные местные жирные комовые глины с требуемым коэффициентом фильтрации, добываемые для постоянных ПФД

в карьерах; природные местные комовые глины и тяжелые суглинки с требуемым коэффициентом фильтрации, добываемые для временных ПФД в карьерах; природные комовые тощие глины и тяжелые суглинки, добываемые в карьерах и обогащенные глинистыми фракциями для получения требуемой водонепроницаемости; глинистые пасты, искусственно составляемые из высококачественных глин.

При подборе глиногрунтового материала ПФД необходимо учитывать требования, приведенные в таблице 6.1 по допустимым градиентам напора для временных и постоянных ПФД из разных материалов.

Глинистые материалы, применяемые для глиногрунтовых диафрагм, должны отвечать требованиям СНиП “Нормы проектирования. Плотины из грунтовых материалов”. Они не должны содержать растворимых солей и органических примесей, а также быть устойчивыми против химической агрессии, а также механической и химической суффозии.

Для получения качественного монолитного тела ПФД наряду с коэффициентом фильтрации используемого глинистого грунта имеет большое значение его влажность и крупность комьев. Даже весьма качественная, то есть практически водоупорная комовая глина с высокой естественной влажностью, близкой к полной молекулярной влагоемкости, не обеспечит создания монолитной диафрагмы после отсыпки ее в траншею, заполненную глинистой суспензией, если не произойдет требуемое взаимодействие между комьями такой глины и суспензией.

*Таблица 6.1*

**Допустимые градиенты напора на ПФД из разных материалов**

Материал	Коэффициент фильтрации материала, м/сутки	Предельно допустимый градиент напора на ПФД	
		постоянных	временных
Глинизированный грунт	0,01	20	30
Комовая глина	0,001	30	50
Глинистая паста	0,0001	30	50

Глина, уже предельно водонасыщенная до подачи ее в траншею, не будет в состоянии впитывать воду, отбирая ее у глинистой суспензии, и поэтому она не набухнет, объем промежутков между комьями останется неизменным и будет заполнен жидкой глинистой суспензией. Содержание воды в этой суспензии по мере отдачи ее окружающим с низовой стороны ПФД будет пополняться водой, поступающей с верховой стороны, где ПФД всегда затоплена и находится под напором. Водонасыщенные тампонажные глины должны подаваться в траншею не в виде комьев, а в виде пасты, то есть сплошной массы без промежутков между комьями и с одновременным вытеснением равных объемов жидкой глинистой суспензии, заполняющей траншею.

## **6.2. Особенности, технология и механизация возведения глиногрунтовых противофильтрационных диафрагм**

*Бульдозерную отсыпку в ПФД* глиногрунтовых материалов выполняют следующими способами: комовые глины в траншее глубиной до 25 м подают бульдозером пионерным способом (рис. 6.2), двигаясь со стороны засыпной траншеи под углом, не превышающим  $45^\circ$  к ее оси, чтобы не вызвать обрушения ее бортов. Для этого комовую глину, доставленную из карьера, выгружают на допустимых расстояниях от оси открытой траншеи в соответствии с проектом. В случае использования для отсыпки ПФД также пригодной части разрабатываемых в траншее грунтов их складировать отдельно от непригодной части грунтов траншеи на специальных площадках, где их обогащают с помощью периодической поливки жирным глинистым раствором или смешиванием с глинопорошком и перелопачиванием бульдозерами при постоянном контроле качества получаемых смесей.

При малых углах естественного откоса отсыпаемого материала и глубинах траншей более 15 м заложение откоса возрастает и требуется переход от пионерного способа свободной отсыпки грунта с откосом к секционному способу его укладки на захватках с ограничителями. В этом случае на требуемых по проекту расстояниях устанавливают инвентарные перегород-

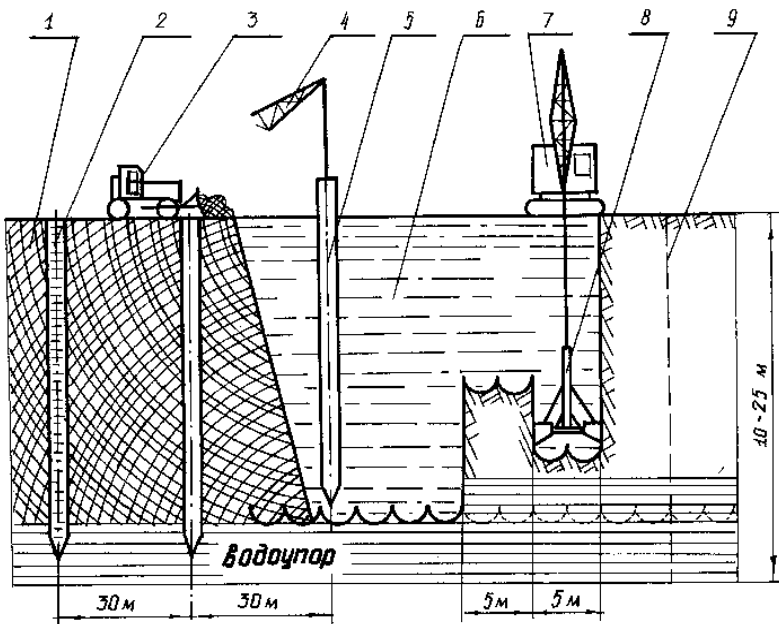


Рис. 6.2. Схема возведения противофильтрационной диафрагмы из сухого глиногрунтового материала:  
 1 — материал диафрагмы; 2 — глинистый раствор паста; 3 — бульдозер; 4 — кран; 5 — ограничитель захватки; 6 — глинистая суспензия; 7 — экскаватор; 8 — грейфер; 9 — ось захватки

ки-ограничители захваток предпочтительно из металлических тонкостенных труб диаметром, равным ширине траншеи с приваренными по их боковым образующим уголками, полки которых врезаются в стенки траншеи.

Обычно в комплект входят три ограничителя, которые по мере отсыпки ПФД по очереди переносятся вперед. Перед каждым извлечением ограничителя из ПФД в трубу заливают густой, текучий, не липкий глинистый раствор-пасту, который заполняет полость, образующуюся при извлечении трубы, и обеспечивает монолитность и непрерывность ПФД.

К верхнему концу ограничителя симметрично с боков приваривают две петли для захвата трубы стропом при ее



подъеме. Труба-ограничитель в верхнем конце имеет также защитную крышку или пробку на цепочке, прикрепленной к трубе, во избежание ее засорения до заполнения пастой. Нижний конец трубы открыт. При каждой перестановке трубу-ограничитель очищают от грязи и промывают изнутри и снаружи.

*Укладка глиногрунтовых материалов шнековыми* питателями разработана и применена трестом Укргидроспецфундаментстрой при строительстве ПФД рудного карьера на Ингулецком ГОК.

Эта ПФД имеет глубину до 24 м. Шнековый питатель включает секции, состоящие из труб диаметром несколько меньше ширины траншеи, внутри которых располагается шнек еще меньшего диаметра.

Привод шнека и питательная воронка его находились выше поверхности земли. Следует, однако, заметить, что имели место случаи сгорания обмоток электромотора привода шнека из-за больших сопротивлений трению, в особенности, в момент запуска установки. Способ требует исследований.

*Укладка глиногрунтовых пульп и паст* в ПФД существенно отличается от укладки сухих материалов. Технология их укладки в основном разработана Киевским ПКО института Гидропроект им. С.Я. Жука и в НИИОСП им Н.М. Герсеванова.

### **6.3. Механизация строительства противофильтрационных диафрагм из синтетических пленок**

Строительство ПФД из синтетических пленок в сочетании с местным грунтовым заполнителем осуществляется на Украине по инициативе треста Укргидроспецфундаментстрой на ряде объектов с применением установки, показанной на рис. 6.3.

До укладки в траншею из отдельных полос пленки составляются “карты” требуемой ширины. Длина карт принимается больше глубины траншеи на 1,5—2 м с тем, чтобы устроить в нижнем конце карты карман, в который укладывается груз, обеспечивающий необходимое натяжение карты, опущенной в траншею.

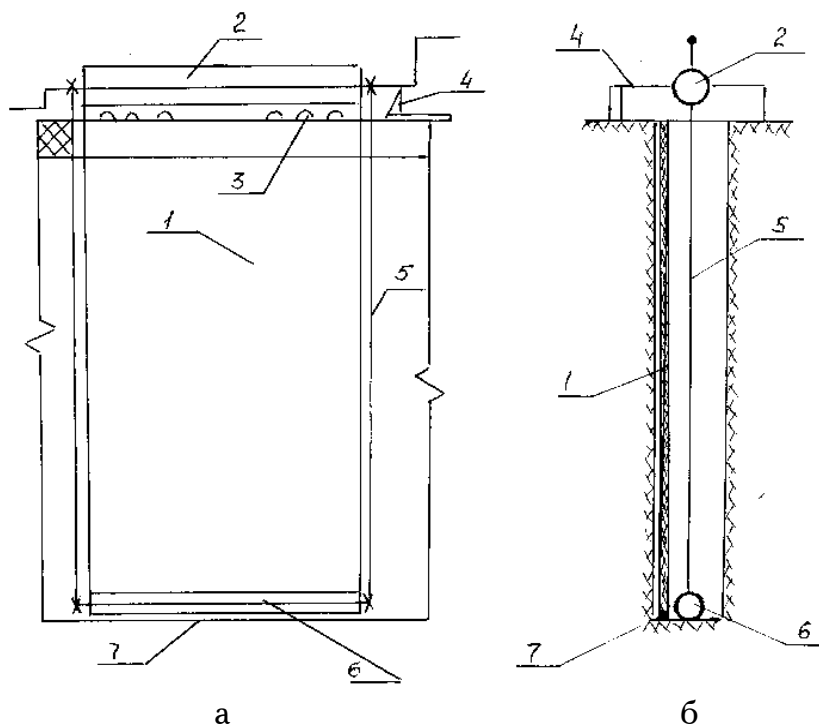


Рис. 6.3. Установка для укладки пленки на стенке траншеи:  
 (а — общий вид с боку; б — разрез) 1 — карта пленки;  
 2 — верхний барабан; 3 — пригрузка верха карты;  
 4 — переставной мостик; 5 — трос; 6 — нижний барабан;  
 7 — груз

Верхний конец карты длиной около 1 м повернут вдоль поверхности земли и пригужен. Карты навешивают на стенку траншеи внхлестку с перепуском 0,5 до 1 м в зависимости от глубины траншеи и гладкости стен. Установка, показанная на рис. 6.3, имеет два барабана. Пленка необходимо й длины намотана на нижний барабан, на конце ее имеется карман и груз.

Верхний конец пленки перед ее опусканием в траншею расстилают на бровке траншеи и пригужают. Сматывая трос с верхнего барабана, опускают нижний барабан, с которого сматывается карта пленки. При достижении дна нижний барабан

освобождается от намотанной на нем карты, натянутой грузом, уложенным в карман карты в нижнем ее конце. Наматывая тросы на верхний барабан, поднимают нижний барабан, освободившийся от пленки, после чего приступают к заполнению траншеи грунтом, соблюдая меры предосторожности для того, чтобы не повредить синтетическую пленку. Во избежание перекоса карт в траншее следует обращать особое внимание на обеспечение горизонтальности оси верхнего барабана и точного соблюдения равенства длины тросов, на которых подвешен нижний барабан.

#### **6.4. Примеры гидравлического расчета притока воды в котлованы при строительстве заглубленных сооружений**

Заглубленное сооружение можно возвести в открытом котловане, имеющем или не имеющем ПФД по периметру, а также методом “стена в грунте” или способом опускного колодца. Чтобы выбрать лучший из вариантов, следует их сравнить, для чего требуется расчет притоков воды в котлованы.

##### **Расчет притока воды в квадратные и прямоугольные котлованы без ПФД**

Область фильтрации в квадратном котловане разбиваем вертикальными плоскостями, проходящими по биссектрисам углов котлована (рис. 6.4), на параллельные фрагменты 1, 2, 3 и 4, используя метод фрагментов акад. Н.Н. Павловского.

На рис. 6.4 ось  $x$  направлена по линии  $OB$ ;  $2a$  — сторона квадратного котлована,  $m$ ;  $R$  — радиус влияния котлована, определяемый формулой Зихарда,  $m$ .

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{K_1},$$

где  $s = h_1 - h_2$ ;  $k_1$  — коэффициент фильтрации,  $m/c$ .

Рассмотрим фрагмент 2. Он в плане имеет форму трапеции с основаниями  $2a$  и  $2R$  и высотой  $R$  минус  $a$ . Живые сечения фильтрационного потока  $\omega_k$ , нормальные оси  $x$  будут иметь переменную площадь, равную

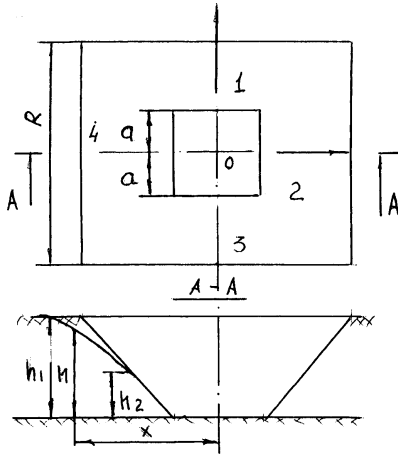


Рис. 6.4. Схема к гидравлическому расчету притока воды в квадратный совершенный котлован с дном на кровле водоупора: а — план котлована; б — разрез котлована по А-А; 1, 2, 3, 4 — фрагменты.

$$\omega_K = 2xh, \text{ м}^2,$$

где  $h$  — переменная глубина фильтрационного потока, м.

Скорость фильтрации  $V$  в этих живых сечениях будет также переменной и равной по закону Дарси

$$V = K \frac{dh}{dx}, \text{ м/сутки.}$$

Приток воды в котлован через фрагмент 2 составит

$$Q_2 = 2K \cdot x \cdot h \frac{dh}{dx}, \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

Разделяя переменные и умножая выражение (6.4) на  $\frac{dx}{x}$ , получим

$$Q_2 \frac{dx}{x} = 2K \cdot h \cdot dh.$$

Интегрируя в пределах для  $x$  от  $a$  до  $R$  и для  $h$  от  $h_2$  до  $h_1$ , получим

$$Q_2 \ln \frac{R}{a} = K(h_1^2 - h_2^2).$$

Суммарный приток для всего котлована квадратной формы равен

$$Q = 4K \frac{h_1^2 - h_2^2}{R/a}, \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

### Расчет притока воды в прямоугольный котлован с ПФД по контуру

При наличии по контуру прямоугольного котлована противофильтрационной диафрагмы (рис. 6.5) толщиной  $b$ , отстоящей от подошвы откосов котлована на расстоянии  $l$ , длина противофильтрационной диафрагмы составит вдоль длинной стороны котлована  $2c_{1,3} = 2c_d$ , вдоль короткой стороны котлована  $2c_{2,4} = 2c_k$ .

Область фильтрации разбиваем на четыре параллельных фрагмента.

Каждый из этих фрагментов разбиваем на три последовательных фрагмента (рис. 6.5): 1 — область от контура питания с глубиной потока  $h_1$  до диафрагмы с глубиной  $h_2$ ; 2 — собственно диафрагма с глубиной за ней  $h_3$ ; 3 — диафрагмы до контура стока с глубиной воды  $h_0$ . В каждом из двух параллельных фраг-

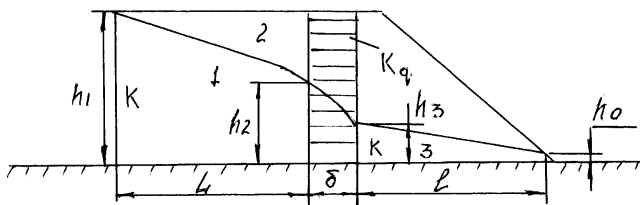


Рис. 6.5. Схема к расчету притока воды в совершенный котлован, огражденный совершенной диафрагмой (кривая депрессии показана жирной линией)

ментов, примыкающих соответственно к короткой и длинной стороне котлована, определяются фильтрационные расходы  $Q_{2,4}$  и  $Q_{1,3}$ , а также глубина  $h_2$  и  $h_3$ .

Для определения фильтрационного расхода  $Q_k$  и потерь напора в последовательных фрагментах, входящих в параллельный фрагмент, примыкающий к короткой стороне котлована, решают совместно следующие три уравнения, составленные для каждого из последовательных фрагментов 1, 2 и 3:

$$Q_{2,4} = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{\ln R/C_K}, \text{ м}^3/\text{сутки};$$

$$Q_{2,4} = K \cdot a \frac{h_2^2 - h_3^2}{\delta} \cdot C_{2,4}, \text{ м}^3/\text{сутки};$$

$$Q_{2,4} = K \frac{h_3^2 - h_0^2}{\ln \frac{l+a}{a}}, \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где  $R$  — радиус влияния, отсчитываемый от пересечения биссектрис, примыкающих к короткой стороне котлована

$$C_{2,4} = \delta + l + a, \text{ м},$$

$k_d$  — коэффициент фильтрации материала тела диафрагмы, м/сутки.

Фильтрационный расход в параллельном фрагменте, примыкающем к длинной стороне котлована  $Q_{1,3}$ , определяется, как и потери напора в последовательных его фрагментах, путем совместного решения составленных для них следующих трех уравнений:

$$Q_{1,3} = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{\ln \frac{b-a+R_{1,3}}{C_{1,3}}}, \text{ м}^3/\text{сутки};$$

$$Q_{1,3} = K\delta \frac{h_2^2 - h_3^2}{\delta} C_{1,3};$$

$$Q_{1,3} = K \frac{h_3^2 - h_0^2}{\ln \frac{1+b}{b}},$$

$$C_{1,3} = \delta + 1 + b, \text{ м,}$$

где  $R_{1,3}=R_{2,4}$  — отсчитывается  $R_{1,3}$  от продольной оси котлована, а  $R_{2,4}$  — от точки биссектрис у короткой стороны котлована.

Суммарный фильтрационный расход  $Q$ , поступающий в котлован, определяется по формуле

$$Q = 2Q_{1,3} + 2Q_{2,4}, \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

## **ГЛАВА 7**

# **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТОДА “СТЕНА В ГРУНТЕ”**

### **7.1. Преимущества способа “стена в грунте” по отношению к традиционным методам возведения подземных сооружений**

Применение метода “стена в грунте” обеспечивает снижение сметной стоимости строительства заглубленных сооружений до 25 %, подпорных стен и ограждений до 50 %, противofильтрационных диафрагм до 65 % по сравнению с обычными проектными решениями.

Основными факторами, определяющими эффективность применения нового метода строительства, являются: уменьшение объемов земляных работ вследствие уменьшения размеров котлованов; сокращение объемов железобетонных работ в связи с соответствующим характером воздействия внешних сил на стены подземного сооружения; уменьшение объемов или полное исключение работ по водопонижению; полное исключение шпунтовых ограждений; сокращение сроков строительства.

В результате сокращения объемов и трудоемкости работ достигается значительный экономический эффект.

### **7.2. Методы и примеры расчета экономической эффективности применения способа “стена в грунте” в строительстве**

Сложность сопоставления различных вариантов при выборе метода строительства заглубленных сооружений заключается в необходимости учета большого числа разнородных показателей, характеризующих сравниваемые технические решения. При возведении заглубленных сооружений метод производства работ существенно влияет на конструктивные решения возводимых объектов, так и на выбор технологии и механизации производства работ, что в конечном итоге определяет эффективность выбранного варианта.

Поэтому при технико-экономической оценке нового метода строительства необходимо было учитывать все основные



факторы, определяющие эффективность конструктивно-технологических решений. К таким факторам относятся: сметная стоимость строительства сооружений и их элементов; сроки выполнения строительно-монтажных работ; сопряженные затраты, вызванные необходимостью развития производственной базы в строительстве и промышленности строительных материалов, затраты на эксплуатацию сооружений, долговечность строительных конструкций и другие.

Экономическая эффективность рассчитывается по критерию приведенных затрат на один объект. Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости строительства и нормативных отчислений от капитальных вложений в производственные фонды и вычисляются по сопоставляемым вариантам по формуле

$$Z_i = C_i + E_n K_i,$$

где  $Z_i$  — приведенные затраты по  $i$ -му варианту возведения заглубленного сооружения, руб;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $C_i$  — себестоимость возведения заглубленных сооружений по  $i$ -му варианту;  $K_i$  — удельные капитальные вложения в производственные фонды строительных организаций в расчете на возводимое сооружение по  $i$ -му варианту технологии возведения заглубленного сооружения.

В расчетах экономической эффективности, получаемой от внедрения метода строительства “стена в грунте”, используется единый нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений  $E_n$ , равный 0,15.

Расчет годового экономического эффекта от создания и внедрения нового метода строительства определяется по формуле

$$\Theta = \beta \cdot \varphi \cdot \sum_{i=1}^n Z_{1,i} \cdot \alpha_t + \Theta_T + \Theta_{\Theta} - \sum_{i=1}^m \Theta_{2,i} \cdot \alpha_t,$$

где  $Z_{1,i}$  и  $Z_{2,i}$  — приведенные затраты в  $i$ -м году строительства объекта по сравниваемым вариантам;  $\alpha_t$  — коэффициент приведения к году завершения строительства;  $\beta$  — коэффициент учета изменения качественных параметров сравниваемых вариантов (мощности, полезной площади, пропускной способ-

ности и т. д., зависящих от строительных проектных решений;

— коэффициент учета изменения срока службы здания или сооружения;  $\mathcal{E}_y$  — экономия в сфере эксплуатации конструкций;  $\mathcal{E}_T$  — экономическая эффективность от сокращения срока строительства;  $m$ ,  $n$  — периоды строительства по сравниваемым вариантам.

Коэффициент учета изменений качественных параметров определяется по формуле

$$\beta = \frac{B_2}{B_1},$$

где  $B_1$  и  $B_2$  — показатели полезной площади, мощности, годовых объемов продукции и т. д. сопоставляемых вариантов.

Коэффициент учета изменений срока службы нового типа сооружений вычисляется по формуле

$$\varphi = \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H},$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление базового и нового сооружения.

Экономическая эффективность от сокращения продолжительности строительства вычисляется как сумма эффекта от сокращения условно-постоянных расходов строительной организации и эффекта в сфере эксплуатации от функционирования объекта за период до срочного ввода.

Экономия условно-постоянных расходов в связи с сокращением продолжительности строительства в результате внедрения новой технологии вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_y = H \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right),$$

где  $H$  — условно-постоянные расходы по эталонному варианту, руб.;  $T_1$ ,  $T_2$  — продолжительность строительства по сравниваемым вариантам, годы.

Для расчета сравнительной эффективности возведения сооружений методом “стена в грунте” необходимо иметь технико-экономические показатели по сравниваемым вариантам. При этом степень разработки сопоставляемых вариантов должна быть по возможности одинаковой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возведение сооружений методом “стена в грунте” / Абызов А.Г., Зазулинский А.А., Писанко Н.В. и др.; Под ред. А.Л. Филактова. Киев: Будивельник, 1976.
2. Траншейные стенки в грунтах / Круглицкий Н.Н., Мильковицкий С.И., Скворцов В.Ф., Шейнблум В.М. Киев: Наук. думка, 1973.
3. Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство фундаментов и конструкций способом “стена в грунте”. М.: Стройиздат, 1976.
4. Колесников В.С. Перспективные рабочие органы для возведения подземных сооружений и разработка грунта способом “стена в грунте” // Тезисы докладов Всесоюзной школы “Строительство подземных сооружений”. М., 1984.
5. Колесников В.С., Мололкин Д.И. Устройство для сооружения щелей в грунте: А. с. №1086073 СССР. 1983.
6. Колесников В.С. и др. Рабочий орган устройства для сооружения щелей в грунте: А. с. №968182 СССР. 1982.
7. Колесников В.С. и др. Устройство для рытья траншей: А. с. №977673 СССР. 1982.
8. Колесников В.С., Тихонов А.Н. Устройство для разработки траншей: А. с. №973777 СССР. 1982.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. МЕТОД “СТЕНА В ГРУНТЕ” И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ. ....	5
1.1. Область применения. ....	5
1.2. Заглубленные сооружения, возводимые по методу “стена в грунте” .....	6
1.3. Способы возведения сооружений методом “стена в грунте” .....	10
1.4. Эффективная область применения метода “стена в грунте” .....	11
Глава 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ МЕТОДОМ “СТЕНА В ГРУНТЕ” .....	15
2.1. Эксплуатационные и прочностные требования .....	15
2.2. Нагрузка, расчетные схемы, расчет конструктивных элементов сооружений .....	17
2.3. Методы проектирования монолитных и сборных подземных сооружений .....	26
2.4. Конструктивные решения подземных сооружений .....	30
Глава 3. ГЛИНИСТЫЕ СУСПЕНЗИИ, СОСТАВ, СВОЙСТВА, СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ .....	32
3.1. Назначение глинистых растворов, их свойства. ....	32
3.2. Средства механизации приготовления глинистых суспензий. ....	40
Глава 4. ТРАНШЕЕПРОХОДЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ, РАБОТАЮЩИЕ ПО МЕТОДУ “СТЕНА В ГРУНТЕ” .....	46
4.1. Вопросы технологии и механизации разработки грунта на больших глубинах. ....	46
4.2. Принципиальные схемы работ траншеепроходческих машин Российского производства. ....	56
4.3. Буровые агрегаты фрезерного типа СВД. ....	57
4.4. Агрегаты с ковшовыми рабочими органами. ....	58
4.5. Штанговый экскаватор .....	61
4.6. Средства механизации зарубежного производства для разработки грунта в глубоких траншеях. ....	61

4.7. Принципиальные схемы траншеепроходческих агрегатов зарубежного производства .....	67
4.8. Новые направления в развитии рабочих органов при образовании глубоких узких траншей по методу “стена в грунте” .....	77
4.9. Выбор траншеепроходческих агрегатов для образования узких глубоких траншей по технико-экономическим характеристикам .....	95
<b>Глава 5. ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ СБОРНОГО И МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА .....</b>	<b>103</b>
5.1. Технология возведения сборных подземных сооружений. ....	103
5.2. Некоторые вопросы проектирования технологических процессов при возведении сборных заглубленных сооружений .....	108
5.3. Опыт строительства подъемных сооружений из сборного железобетона .....	110
5.4. Опыт возведения монолитных стен в грунте. ....	117
<b>Глава 6. ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ГРУНТОВЫХ ВОД .....</b>	<b>122</b>
6.1. Противофильтрационные диафрагмы из глиногрунтовых материалов .....	125
6.2. Особенности, технология и механизация возведения глиногрунтовых противофильтрационных диафрагм. ....	127
6.3. Механизация строительства противофильтрационных диафрагм из синтетических пленок. ....	129
6.4. Примеры гидравлического расчета притока воды в котлованы при строительстве заглубленных сооружений. ....	131
<b>Глава 7. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТОДА “СТЕНА В ГРУНТЕ” .....</b>	<b>136</b>
7.1. Преимущества способа “стена в грунте” по отношению к традиционным методам возведения подземных сооружений. ....	136
7.2. Методы и примеры расчета экономической эффективности применения способа “стена в грунте” в строительстве. ....	136
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>139</b>

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

---

---

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

---

---

Учебное издание

**Колесников** Владимир Севастьянович  
**Стрельникова** Вера Владимировна

**ВОЗВЕДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
МЕТОДОМ “СТЕНА В ГРУНТЕ”,  
ТЕХНОЛОГИЯ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ**

Учебное пособие

Главный редактор *А.В. Шестакова*  
Редакторы *С.И. Валентей, О.С. Кашук, Т.А. Сус*  
Технический редактор *В.Б. Демьянюк*  
Художественный редактор *Н.Г. Романова*

ЛР № 020406 от 12.02.97

Подписано в печать 22.06.99. Формат 60×84/16.  
Бумага типографская. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 8,4.  
Уч.-изд. л. 9,0. Тираж 200 экз. Заказ . «С» 31.

Издательство Волгоградского государственного университета.  
400062, Волгоград, ул. 2-я Продольная, 30.