

622.25

Ш 64

Е.Н. ШИРАЙ

Вирьметод

ПРИ
ПРОХОДКЕ
СТВОЛОВ
ШАХТ
В ПЛЫВУНАХ

ГОСГОРТЕХИЗДАТ • 1961

Книга должна быть возвращена не
позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдвч _____

2005—1967

5512.
Ширай
Литератур
исследования
Вильямс
0-31

Е. Н. ШИРАЙ

622.25

Ш 64

ВИБРОМЕТОД
ПРИ ПРОХОДКЕ
СТВОЛОВ ШАХТ
В ПЛЫВУНАХ

Инв. №

5512
~~6973~~

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ
Москва 1961

Рецензент докт. техн. наук. проф. *Н. Г. Трупак*

АННОТАЦИЯ

В книге обобщен опыт проходки устьев и участков стволов шахт и шурфов в неустойчивых породах (гливунах) при помощи шпунтовых ограждений с погружением шпунтин вибрированием; рассмотрены основные конструкции шпунтин, способы вибропогружения и практика применения шпунтовых ограждений.

Кроме того, описаны опыты по разведке пород методом виброзондирования, а также по вибропогружению замораживающих колонн и железобетонных оболочек (крепей).

Книга предназначена для инженерно-технических работников угольной, рудной, нерудной и горнохимической промышленности, транспортного, гидротехнического и промышленного строительства, а также может быть полезна студентам горных вузов.

2121

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проходка отдельных участков, а также устьев стволов шахт и шурфов в сложных гидрогеологических условиях, сопряжена с большими трудностями; при этом имеют место аварии, ликвидация которых требует много времени и средств.

Для проходки участков в неустойчивых породах — плывуны, водоносные пески и т. п. — мощностью до 12 м, залегающих на расстоянии до 30 м от поверхности земли, целесообразен способ шпунтового ограждения, погружаемого вибрированием. Этот способ отличается простотой организации работ и несложностью оборудования.

С начала применения шпунтовых ограждений (1861 г.) за рубежом и в СССР пройдено более 30 участков стволов в плывунах мощностью от 6 до 22 м, однако на многих проходках имели место прорывы плывунов.

Основная причина небольшого распространения метода шпунтовых ограждений в горном деле — это малоэффективный ударный способ забивки шпунтов молотами (дизельными или паровыми).

Разработанный и внедренный в 1935—1949 гг. советскими учеными метод погружения шпунтин при помощи вибрирования позволяет в несколько раз увеличить скорость погружения шпунтин в грунт. Внедрение вибрационного способа погружения шпунтин в гидротехническом, а затем в транспортном и промышленном строительстве весьма расширило область применения шпунтовых ограждений; с 1955 г. виброметод начал использоваться в шахтном строительстве.

В 1955 г. проф. Д. Д. Баркан и инж. В. Н. Тупиков предложили применить вибрационный метод бурения скважин малой глубины; этим способом за последние 4 года пройдено более 15 тыс. м скважин.

Виброметод бурения скважин позволил значительно увеличить скорость бурения, уменьшить трудность и снизить стоимость работ, а также обеспечить большую точность разведки.

Опыт виброзондирования пород в условиях Донецкого бассейна показал очень высокую скорость погружения зондов, которая достигла 5 м/мин в песчаных грунтах.

Заслуживают внимания первые опыты применения в КНР вибропогружения шахтных крепей для проходки плывунов мощностью до 40 м.

В настоящее время в гидротехническом и шахтном строительстве для погружения шпунтин, свай и труб на глубину до 20 м применяются вибропогружатели типа ВПП-2 с электродвигателями мощностью 40 и 75 кВт и вибромолоты ВМЦ-3а с двигателями мощностью 2×14 кВт. Погружение металлических и железобетонных оболочек (опускных крепей) диаметром 3, 4, 5 м на глубину 40 м осуществляется вибраторами ВПУ-А, ИВП-56 с электродвигателями мощностью 155 и 2×80 кВт.

Вибрационные машины оказывают колебательное воздействие на обрабатываемую среду, что во многих случаях приводит к интенсификации технологических процессов. Так, скорость погружения шпунтин виброметодом, по сравнению с ударным методом, увеличивается в 2—3 раза, а уплотнение песчаных грунтов под действием вибрации происходит в 3 раза быстрее и более качественно.

Можно ожидать, что применение виброметода для бурения скважин и разведки позволит достигнуть большого повышения скоростей их проведения, увеличить стойкость инструмента по сравнению с другими видами бурения и даст значительную экономию времени и средств. Например, применение вибрационных машин на Сталинградгидрострое позволило резко сократить сроки отдельных работ и за один год сэкономить более 5 млн. руб.*

Одновременно надо учесть, что работа по созданию виброметода погружения шпунтин, свай и оболочек далеко еще не завершена, особенно в горном деле, еще не создана теория этого метода, существующие виброагрегаты несовершенны, они не выпускаются серийно, а изготавливаются лишь небольшими партиями, отчего стоимость их высока.

В настоящей книге обобщен опыт проходки в 1955—1959 гг. устьев и участков стволов и шурфов в пльвунах способом шпунтовых ограждений, погружаемых вибрацией и подмывом.

Описанные работы выполнялись по проектам Украинского научно-исследовательского института организации и механизации шахтного строительства (УкрНИИОМШС).

В книге подытожены результаты исследований по применению виброметода при проходке стволов шахт, проведенных автором за время его работы в институте.

Автор приносит благодарность докторам техн. наук проф. Н. Г. Трупаку, проф. Д. Д. Баркану, доктору техн. наук О. А. Савинову за советы и консультацию, а также выражает искреннюю признательность канд. техн. наук В. М. Городничеву, инженерам М. Г. Иванову и В. Г. Кушмет, мастеру М. И. Диптан и другим, активно участвовавшим в работе по внедрению способа шпунтовых ограждений на шахтах Донбасса.

* Здесь и в дальнейшем указана стоимость в деньгах до 1961 г

Глава I

СПОСОБ ШПУНТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Сущность способа

Проведение горной выработки в неустойчивых породах начинается с их предварительного ограждения замкнутым контуром из шпунтин, погружаемых при помощи ударов или вибрации и подмыва, с последующей выемкой пород в огражденной зоне обычным способом.

При этом необходимо выполнить три основные операции: вертикальное погружение шпунтин, которые образуют герметичное ограждение, заглубление шпунтин на проектную глубину в водоупорный слой из вязких пород и безаварийную выемку пльвунов (особенно на контакте неустойчивых пород с водоупором).

Способы и средства выполнения этих работ обуславливают их продолжительность и стоимость.

В каждом конкретном случае технология и организация работ зависят в основном от мощности и физико-механических свойств пльвунов и водоупора, материала и конструкции шпунтин, а также агрегатов для их погружения.

Важными вопросами с точки зрения организации и механизации работ являются: конструкции шпунтин и направляющих, выбор механизма для погружения шпунтин — дизельмолот, вибратор или вибромолот; тип подъема — кран, копер и проч.

До последнего времени в литературе часто шпунтины называют сваями и наоборот. Между тем, шпунтины — это ограждающие конструкции, а сваи — несущие конструкции.

Забитые или погруженные в грунт отдельные шпунтины, соединяясь при помощи специальных замков (ребень в паз), образуют шпунтовые ограждения — сплошные стенки (преграды).

Различают: постоянные шпунтовые ограждения — стенки набережных, противодиффузионные стенки в основаниях гидротехнических сооружений, стенки камер шлюзов и т. д. и вре-

меньше — крепь котлованов, перемычки при возведении гидрозлодов, крепь стволов шахт на время проходки и проч.

Постоянные шпунтовые ограждения выполняются из металлических, железобетонных и деревянных шпунтин, а временные — чаще всего из стальных шпунтин, так как они при забивке лучше сохраняются, а при разборке ограждений их можно извлечь и повторно использовать.

Шпунтовые стенки в гидротехническом и шахтном строительстве представляют собой водонепроницаемые (противофильтрационные) ограждения, состоящие в основном из металлических шпунтин.

Выбор конструкции ограждения

В шахтном строительстве шпунтовое ограждение применяется как временная металлическая крепь, погружаемая в породы путем ударов или вибрация, служащая ограждением пород на время выемки и до возведения постоянной крепи. Отсюда: шпунтовое ограждение является горнотехническим сооружением, противостоящим активным силам горного давления, действующим на ограждение в основном с внешней стороны, в соответствии с чем и рассчитывается ограждение.

В этот расчет, при условии работы ограждения на сжатие во время выемки породы в нем и возведения крепи, вносится обязательное условие о пространственной жесткости ограждения и создании отпора изнутри его при помощи распорных колец и расколотов.

Чтобы погрузить ограждение, состоящее из отдельных шпунтин, пакетов шпунтин, сегментов или оболочек, необходимо преодолеть силы лобового сопротивления и внешнее трение пород (как плывуна, так и пород водоупора), в которые заглубляется ограждение.

Во время проходки шпунтовое ограждение (или оболочка) выполняет ряд вспомогательных функций:

служит для укрепления балок подвесных насосов, пневмопогрузчиков, средств вентиляции и освещения;

воспринимает дополнительные нагрузки от подвески оборудования для погрузки породы, водоотлива и лестниц, полков для возведения с них постоянной крепи.

Принимаемая конструкция ограждения должна отвечать ряду требований.

Так, замкнутый контур ограждения (при проходке стволов шахт) должен быть разделен на 4 сектора при помощи четырех направляющих, что необходимо для получения в каждом секторе целого и одинакового числа шпунтин, равномерного распределения напряжений в замкнутом контуре и одинаковой верности.

Соблюдение функционального принципа заключается в том, что при сопряжении шпунтин с шаблонами или распорными кольцами каждый элемент несет только свои функции.

Соблюдение принципа ритмичности разбивок контура ограждений обуславливает равномерность его погружения.

При работе все элементы конструкции, в целях наилучшего использования материала, должны быть в пределах прочности и устойчивости нагружены усилиями.

Принцип кратчайшего пути усилий заключается в том, что усилия вибропогружателей во время погружения шпунтин или оболочек должны сокращенным путем и без значительных потерь (по пути от виброагрегата к породе) преодолевать внешнее трение и лобовое сопротивление пород.

Требования минимального веса и небольшой трудоемкости удовлетворяются выбором рациональных типов виброагрегатов, конструкций шпунтин, направляющих и шаблонов, способа подмыва ограждения. Так, вибромолоты в несколько раз легче по весу и расходуют меньше электроэнергии, чем вибропогружатели, а значит они более экономичны.

Показателем экономичности шпунтин является отношение момента сопротивления стенки шпунта к его весу; чем больше это отношение, тем лучше используется материал.

Правильные решения получаются при полном учете всех экономических факторов.

- Во время сборки и погружения шпунтин пространственная жесткость обеспечивается применением направляющих шпунтин, шаблонов, гибких направляющих на вибраторе, а при проходке в шпунтовом ограждении — раскрепляющих колец с подвесками и расколотами.

По степени капитальности шпунтовые ограждения в горном деле можно отнести к IV классу как сооружения временного характера, рассчитанные на срок службы до 5 лет.

Соответственно относительный коэффициент допускаемых напряжений при расчете шпунтовых сооружений на прочность можно принять равным 1,2—1,7.

Коэффициент устойчивости ограждения против скольжения и на опрокидывание принимается в пределах 1,3—1,5 в зависимости от назначения сооружения, степени достоверности исходных данных, точности расчета и др.

При расчетах конструкций ограждений должны быть учтены: рабочая нагрузка на шпунтины (оболочку) при погружении виброагрегата или выемке породы внутри ограждения (горное давление);

инерционные силы, действующие на ограждение в связи с рабочей нагрузкой (динамическое действие подвижной нагрузки виброагрегата, силы трения и лобового сопротивления);

собственный вес элементов сооружений и конструкций (шпунтин, шаблонов, оболочек и т. п.);

вес вспомогательных сооружений;

монтажные усилия, возникающие при сборке и монтаже ограждения;

экстренные нагрузки, возникающие в аварийных случаях (обрыв подъемного каната вибратора на кране-экскаваторе, резонансные явления, неравномерное горное давление и т. д.).

Действительные напряжения в отдельных частях и элементах ограждения принимаются при этом для возможного невыгодного случая нагрузок. Как правило, должны быть рассмотрены два вида нагрузок: основные силы, регулярно проявляющиеся при работе ограждения, и основные силы плюс экстренные силы.

Допускаемые напряжения берутся при расчетах на первый вид нагрузок по установленным нормам, а при расчетах на второй вид — повышенными; указания по этому вопросу приводятся в специальных инструкциях.

Классификация шпунтин

Все шпунтины и шпунтовые ограждения подразделяются на деревянные, металлические и железобетонные.

Металлические шпунтины получили значительно большее распространение, чем деревянные и железобетонные.

Преимущества металлических шпунтин по сравнению с деревянными: большая прочность, что позволяет обеспечивать прочность самого ограждения и применять мощные средства забивки или погружения; сравнительно меньшее сопротивление погружению в породы; большая длина (11—13 м) и соответственно возможность пересекать плавун по всей его мощности одним посадом (10—12 м); плотность соединения; способность преодолевать различные препятствия.

Железобетонные шпунтины по сравнению с металлическими труднее погружать, а также сложнее создавать герметичность их замковых соединений.

Впервые металлические шпунтины были применены в 1861 г. на шахте «Рур и Рейн» (Германия). Они были выполнены в виде металлических полос, соединяемых между собой по длине на заклепках с накладками. Это соединение было непрочным (рис. 1).

В 1884 г. были изобретены трубчатые шпунты (трубы) Гаазе (рис. 2), впервые использованные на руднике «Зессен».

Шпунты Гаазе применялись в течение длительного периода. Достоинство их: возможность облегчения забивки труб путем выемки через них породы и разбуривания встречающихся валунов и других плотных включений, а также постепенного (по мере забивки) наращивания на резьбе. Недостатки: малая меха-

ническая прочность замков и заклепочных соединений в их креплении к трубам, которая приводит при интенсивной забивке к разрыву замков, нарушая плотность ограждения и делая невозможным продолжение работ; отсутствие достаточно плотной защиты в замках против проникновения воды в ствол шахты.

В дальнейшем для устройства шпунтовых ограждений делались попытки использовать двутавровые балки (рис. 3, а, б). При проходке ствола шахты «Нейе Гоффнунг» был применен шпунт конструкции Симона (рис. 3, в); затем перешли к применению шпунтин из обычных

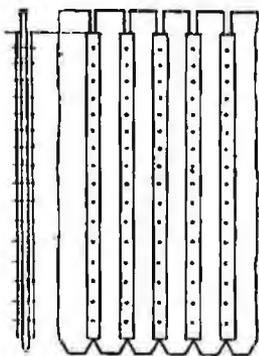


Рис. 1. Металлический шпунт на шахте «Рур и Рейн»

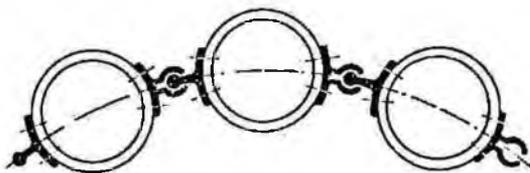


Рис. 2. Трубчатый шпунт Гаазе

прокатных балок с соединением замками особых профилей (рис. 3, г, д, е, ж).

Однако эти шпунтины имели малую прочность при большом расходе металла. Поэтому в конце 80-х годов XIX в. стали прокатывать из высококачественного металла шпунтины специального профиля, которые соединялись между собой наподобие деревянного шпунта. Основное применение шпунтины получили на гидротехническом и шахтном строительстве.

В результате дальнейшей разработки сконструировано до 250 различных типов металлических шпунтин, из которых 50 являются основными.

В основу классификации шпунтин положена форма или конструкция их стенки, которая в большей степени чем замки определяет прочность, устойчивость и жесткость каждой шпунтины и шпунтового ограждения в целом. Соответственно все современные конструкции шпунтин можно разделить на три группы: плоские, коробчатые и волнообразные.

Шпунтины плоской формы — наиболее старые и наименее удовлетворительные, ввиду малого момента сопротивления ($28-100 \text{ см}^3$) при большом сравнительно весе (вес 1 м равен $30-100 \text{ кг}$).

Шпунтины плоской формы начали применять в Англии и США, где они сохранились до настоящего времени (рис. 4):

ребра (стенки) этих шпунтин совершенно ровные, ромбического сечения или с поперечными ребрами (приливами) жесткости.

За рубежом наиболее типичными формами плоских шпунтин являются шпунтины Лакаванна.

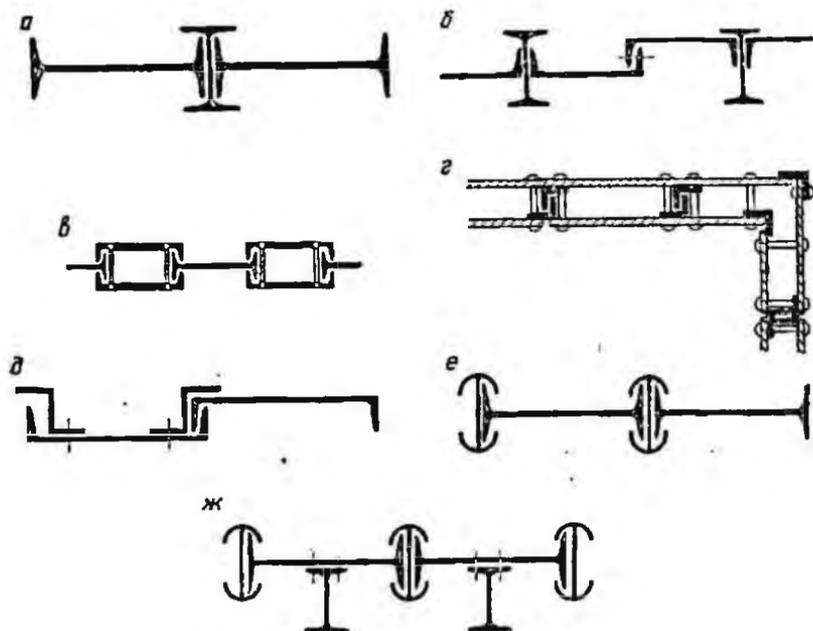


Рис. 3. Шпунт из прокатных и клепаных балок:

а — прокатные двутавровые балки, б — клепаные прокатные балки, в — конструкция Симона, г — конструкция Эйлера, д — конструкция Фриштедта, е — Универсаль Джойст (Англия), ж — Универсаль Компаунд (Англия)

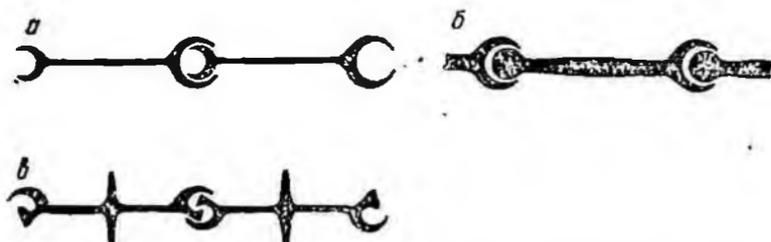


Рис. 4. Шпунтины плоской формы из профилей специального проката.

а — система Беренд (Америка, 1888 г.), б — Грегсон, 1883 г., в — Лакаванн (Америка, 1910 г.)

Шпунтины коробчатой формы имеют больший момент сопротивления, более устойчивы, чем плоские, но имеют большой вес. Они могут быть экономичны при большой вертикаль-

ной нагрузке или значительных глубине погружения и препятствиях. Из многих предложенных видов осуществлена конструкция шпунтин завода Круппа (рис. 5).

Шпунтины волнообразной формы, изобретенные в 1897 г. Ларсеном (рис. 6, а, б), являются наиболее совершенными, так как при меньшем расходе материала они обладают наибольшими моментами сопротивления и инерции.

Наиболее широкое применение за рубежом имеют также шпунтины Лакаванна (рис. 6, в), Геш (рис. 6, г), Круппа (рис. 6, д).



Рис. 5. Шпунтины коробчатой формы Круппа (1911 г.)

В СССР получили распространение металлические шпунтины (рис. 7): плоские — ШП-1, корытные ШК-1 и зетового профиля ШД-3. Кроме того автором предложены двухтрубные шпунтины (рис. 8), плоские ШПД-1, ШПД-2, ШПД-3, ШПД-4 и коробчатой формы ШКД-1.

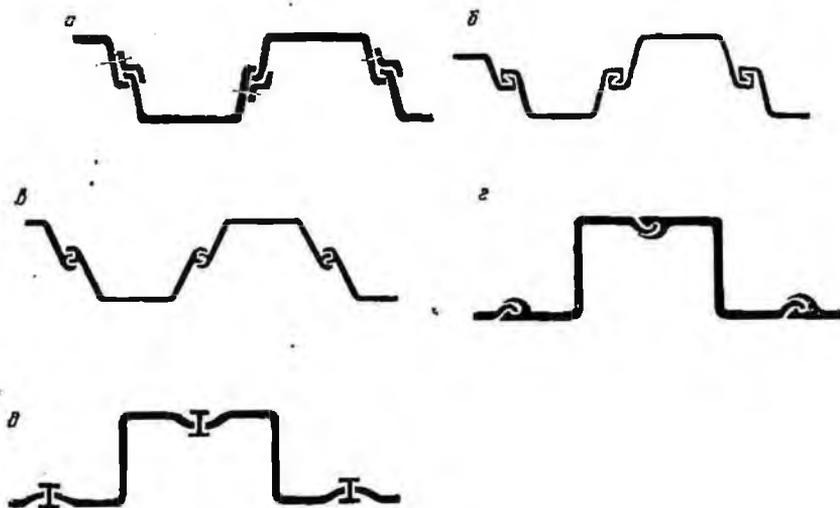


Рис. 6. Шпунтины волнообразной формы:

а — клепаные Ларсен. б — неклепаные Ларсен, в — Лакаванна, г — Геш. д — Круппа

Однако общие недостатки всех перечисленных конструкций шпунтин (кроме двухтрубных) состоит в том, что нельзя погружать шпунтину виброметодом с применением подмыва через замковые соединения (т. е. в местах наибольших лобовых сопротивлений пород), уменьшить водой внешнее трение шпунтин

о породу, создать посредством цементации герметичность замковых соединений. При погружении шпунтина в замковых соединениях создается трение значительной величины (примерно в 10 раз больше лобовых сопротивлений) от захвата песка и других пород, от веерности и заклинивания шпунтин, от сложной конфигурации замков. Отсюда необходимость создания

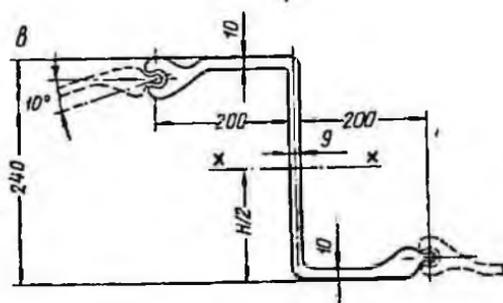
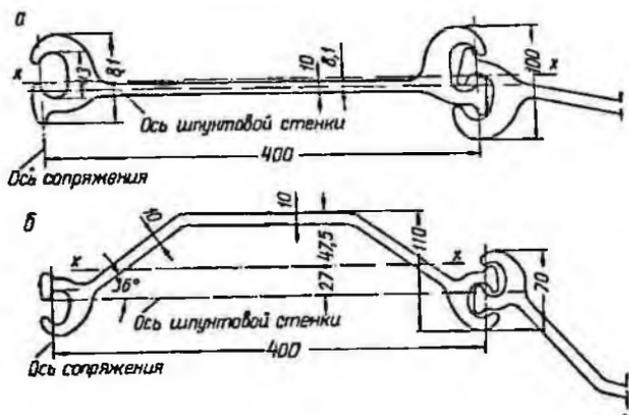


Рис. 7. Металлические шпунтины:
 а — плоские ШП-1, б — ко-
 рытные ШК-1, в — зетового
 профиля ШД-3

прочной конструкции замка, однако этого не следует делать за счет увеличения его размеров, которое приводит к росту лобовых сопротивлений пород при погружении шпунтин.

Для устранения недостатков существующих шпунтин автором в 1957 г. были разработаны, а затем в Донбассе испытаны и внедрены двухрубные шпунтины ШПД-1 (см. рис. 8, а), которые можно погружать виброметодом значительно быстрее, применяя гидроподмыв через замковые соединения. После погружения замковые соединения этих шпунтин можно цементировать через внутренние отверстия. Другие недостатки шпунтин также уменьшаются с введением двухрубных замков.

Выбор конструкции шпунтин производится на основе требований, предъявляемых к ограждениям, технической характеристики шпунта, запроектированной технологии его погружения и организации работ.

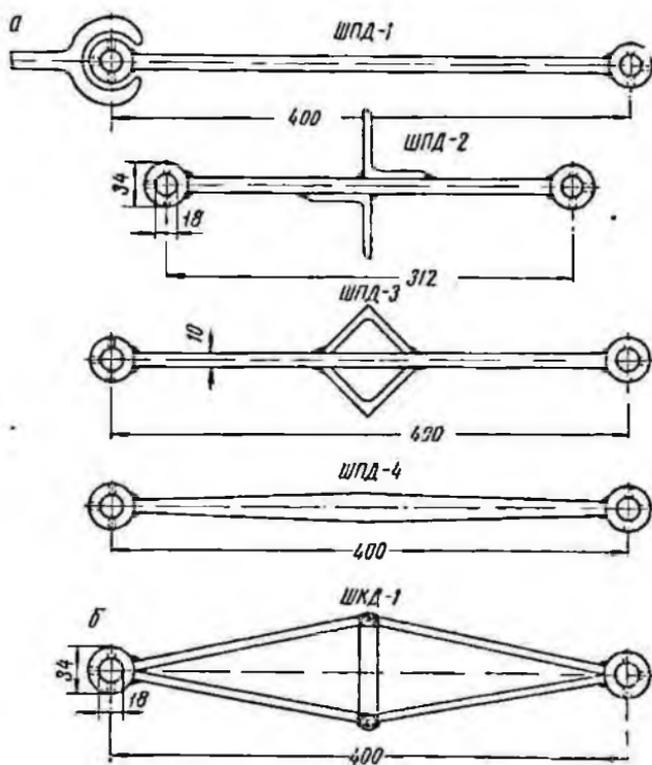


Рис. 8. Двухтрубные шпунтины:
а — плоские, б — коробчатые

Техническая характеристика металлического шпунта (ГОСТ 4781—55) приведена в табл. 1.

Конструкции основных вибраторов и вибромолотов

Вибраторы для погружения шпунтин, свай и труб бывают механические, электромагнитные и пневматические. Конструкция механических вибраторов с бензиновым, электрическим или другим двигателем основана на использовании центробежных или неуравновешенных вращающихся масс. Электромагнитные вибраторы создают колебания за счет взаимодействия их маг-

Таблица 1

Тип шпунта	Площадь поперечного сечения, см ²	Вес 1 м, кг	Момент инерции, см ⁴	Момент сопротивления, см ³	Наибольший угол поворота в замке, град	Экономичность конструкции $\frac{W}{q}$ см ² /кг	Стоимость 1 м руб. (в 1958 г.)
Плоские							
ШП-1	82	64	332	73	10	1,14	46
ШП-2	39	30	80	28	15	0,90	—
Корытные							
ШК-1	64	50	730	114	10	2,28	36
ШК-2	74	58	2243	260	10	4,60	—
Зестобразные							
ШД-3	78	61	7600	630	10	10,33	
ШД-5	119	93	20100	1256	10	13,50	
Среднее значение данных							
ШК-1	0,8	0,8	2,2	1,5	1	2	0,8
ШП-1]							

Примечание. Шпунт типа Ларсен V и IV, прокатываемый заводом им. Даржинского, в таблице не приведен как не включенный в ГОСТ.

нитного поля с магнитным полем детали. В пневматических вибраторах сжатый воздух, поступая попеременно в правую и левую части цилиндра, вызывает частые колебательные движения поршня.

Все вибраторы разделяются по направлению колебаний на вибраторы с продольными (вдоль силы тяжести) колебаниями, или направленного действия (вибропогружатели), и с поперечными колебаниями, а по частоте колебаний — на низкочастотные (до 1000 колебаний в минуту) и многочастотные (от 1000 до 20 000 колебаний в минуту).

До последнего времени погружение металлического шпунта осуществлялось агрегатами направленного действия: вибропогружателями БТ-5, ВПП-2, В-108 и вибромолотом ВМЦ-3а.

Техническая характеристика прошедших испытания и применяемых для погружения шпунтин вибропогружателей и вибромолотов приведена в табл. 2.

Впервые вибропогружатели БТ-5 в 1949 г. были применены на строительстве Горьковской ГЭС, где при их помощи в короткий срок было погружено около 4 тыс. шпунтин на глубину от 9 до 12 м.

Наибольшее распространение при погружении шпунта и труб в шахтном и гидротехническом строительстве получили вибропогружатели ВПП-2а, ВПП-2 и вибромолоты ВМЦ-3а. Схемы первых вибропогружателей (БТ-5) предусматривали соединение всех элементов машины между собой и с погружаемой

шпунтиной в одно жесткое целое. Принципиальная схема вибропогружателя простейшего типа (рис. 9) такова: электродвигатель 1, вибратор направленного действия 2 и наголовник 3 жестко соединены между собой; привод осуществлен в виде одноступенчатой клиноремной передачи; электродвигатель, жестко прикрепленный к верхней плите вибратора, вибрирует так же, как и сам вибратор, и по этой причине может выходить из строя.

В целях увеличения погружающей способности вибропогружателя и уменьшения вредного влияния вибрации на двигатель О. А. Савинов и А. Я. Лускии раз-

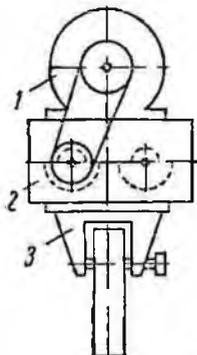


Рис. 9. Схема вибропогружателя БТ-5

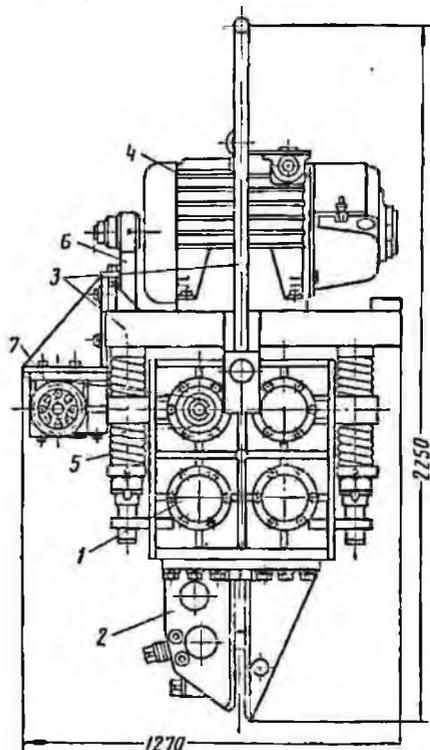


Рис. 10. Вибропогружатель ВПП-2.
1 — вибратор, 2 — наголовник, 3 — пригрузочная плита с подвеской, 4 — электродвигатель, 5 — пружинное устройство, 6 — цепной привод, 7 — коническая передача

работали в 1952 г. вибратор ВПП-2 с подрессоренной пригрузкой (рис. 10), при помощи которого погружено около 100 тыс. т шпунтин в гидротехническом и промышленном строительстве.

Вибропогружатель ВПП-2 предназначен для погружения металлического шпунта весом до 1,5 т в водонасыщенные песчаные и плавучие породы на глубину до 12—15 м и в слабые пластичные глинистые породы на глубину до 10 м; вибратор жестко скреплен болтами с наголовником и совершает колебания вместе с погружаемой шпунтиной.

Показатели	Тип		
	БТ-5. 28 кет	ВПП-2а. 28 кет	В-108. 28 кет
Наибольшая возмущающая сила, <i>т</i>	17—21,8	25	21,2
Момент дебалансов, <i>кгсм</i>	300—350	370—1000	до 3000
Тип электродвигателя	МТК-58-8	МТК-58-8	МТК-58-8
Скорость вращения, <i>об/мин</i>	2300—2500	695	800
Число ударов в минуту	—	—	—
Жесткость пружин, <i>кгсм</i>	—	—	—
Амплитуда колебаний, <i>мм</i>	0,7—2,7	2—5	18,7
Общий вес агрегата, <i>кг</i>	1300—1400	2200	1800
Габариты, <i>мм</i> :			
длина	950	1270	924
ширина	910	800	958
высота (без вставки)	1310	2210	1470
Долговечность (число часов работы в нормальных условиях до капитального ремонта)	200	300	200

Все остальные узлы, подрессоренные пружинным устройством, в процессе работы вибропогрузателя практически не вибрируют. Вращение от невибрирующего вала конической передачи колеблющемуся валу вибратора передается посредством горизонтальных ветвей цепной передачи.

В сварном корпусе вибратора установлены 4 вала с шестернями и эксцентриками. С каждой стороны шестерни устанавливается по одному эксцентрику, состоящему из подвижной части и неподвижной. За счет перемещения подвижной части относительно неподвижной можно регулировать величину момента эксцентриков, соответствующую следующим значениям: 1000, 850, 700, 550, 370 и 0 *кгсм*.

Для успешного погружения шпунтин (труб) необходимо, помимо других факторов, чтобы момент эксцентриков вибропогрузателя был достаточным для преодоления сопротивлений грунта срыву шпунта.

При этом амплитуда вибраций шпунтины $A_{шп}$ может быть приближенно определена из выражения

$$A_{шп} = \frac{K}{Q_0}$$

где: K — момент эксцентриков вибратора;

Q_0 — общий вес шпунтины и жестко связанных с ней элементов.

Таблица 2

виброагрегат					
ВПП-2, 40 кат	ВПП-2 55, кат	ВПП-2а, 61 кат	ВПП-2, 75 кат	ВМЛ-5а 2x14 кат	С-467 2x20 кат
25 700—850 АОП-86-6 960 электро- двигателя, 1500 вибратора	25—30 1000—1200 А-92/8 730 электро- двигателя	25 1000 МА-146-2/6 980 электро- двигателя	25—30 1200 АО-94/6 980 электро- двигателя	18 650 А-62/4 А-63/4 1450	17,6 700 АПВ-73-4 1450 элект- родвигателя
—	—	—	—	700	725
—	—	—	—	1900	1900
5,7	5,8	5—10	5—12	2—8	20—22
2500	3400	2500	3800	2240	2300
1270	1270	1300	1300	980	1060
800	800	930	930	980	892
2210	2500	3130	3130	2550	2431
300	200	200	200	50	Не испытан (по расчету 100)

Опыт работ на Сталинградгидрострое внес некоторые коррективы в подбор рекомендуемого авторами вибратора О. А. Савиновым и А. Я. Лускиным значения оптимального момента эксцентриков в зависимости от веса шпунтина (табл. 3).

Таблица 3

Вес шпунтина, кг	Оптимальный момент, кгсм	
	рекомендуемый авторами вибратора ВПП-2	по наблюдениям и опыту Сталинградгидрострой
До 0,5	550	550 (электродвигатель 28 кат)
До 0,8	550	750—850 (. 40 .)
До 1,0	700	1000 (. 55 .)
До 1,2	700	1200 (. 75 .)
До 1,5	850	1200 (. 75 .)
До 2,0	1000	1200 (. 75 .)

Подвижные части эксцентриков закрепляют при помощи фиксаторов и спиральных пружинки. Валы, несущие эксцентрики, опираются на стенки корпуса вибратора через сферические

двухрядные роликовые подшипники. Один вал имеет выступающие концы, на которых укреплены ведомые звездочки цепного привода. Передача вращения на эти звездочки осуществляется двумя втулочно-роликовыми цепями от вала конической передачи параллельно валам вибратора. Другой вал конической передачи, параллельный валу электродвигателя, приводится во вращение от него четырехрядной втулочно-роликовой цепью.

Корпус конической передачи прикрепляется к пригрузочной плите при помощи кронштейна, в котором для возможности регулирования натяжных цепей отверстия для болтов сделаны овальными.

К пригрузочной плите приварены две серьги, к которым присоединена подвеска. Шарниры подвески расположены близко к центру тяжести вибропогрузателя, что позволяет переводить вибропогрузатель из вертикального положения в горизонтальное (для захвата шпунтины) усилием одного-двух рабочих.

Устройство, подрессоривающее пригрузку, состоит из 8 спиральных пружин, через которые продеты направляющие стержни. Для упора пружин корпус вибратора имеет четыре кронштейна, а для ограничения свободы поворота вибратора относительно пригрузочной плиты — направляющие шайбы. Направляющие стержни верхним концом закреплены к пригрузочной плите, а на нижнем конце имеют резьбу для регулирования натяжения пружин. При работе вибратора пружины должны быть сжаты настолько, чтобы оси ведущего вала конической передачи и ведомого вала вибратора были примерно на одной горизонтали.

Натяжением пружин также регулируется положение стержней в направляющих шайбах, чтобы исключить задевание стержней о шайбы.

Вибропогрузатель ВПП-2 по конструкции несложен и может быть изготовлен на любом рудоремонтном заводе шахтостроительных трестов.

Для погружения шпунтин, кроме вибропогрузателей, можно применять вибромолоты, принцип работы которых заключается в сочетании вибрации с ударами. Ряд испытаний показал, что при погружении вибромолотом в глинистые и незначительной влажности песчаные породы при одной и той же мощности достигается большая глубина погружения, чем при погружении вибропогрузателями. Кроме того, вес вибромолота в этом случае оказывается до 1,5 раз меньше веса вибропогрузателя, а расход электроэнергии сокращается в 2 раза. Однако вибромолоты имеют еще ряд недостатков: непрочные наголовники, неустойчивые электродвигатели и др. При помощи вибромолотов погружено к концу 1958 г. около 500 т шпунтин, что в несколько сот раз меньше, чем вибропогрузателями.

В 1955—1956 гг. на Сталинградгидрострое были испытаны вибромолоты ВМЦ-3 конструкции С. А. Цаплина, которыми было погружено около 500 шпунтин на среднюю глубину 7 м. Выявленные при этом конструктивные недостатки вибромолота были устранены в вибромолоте марки ВМЦ-3а.

В 1958—1959 гг. на шахте «Марьинская» (Донбасс) проводили дальнейшее испытание вибромолота ВМЦ-3а при погружении шпунтин ШК-1 в плывуны.

В связи с некоторыми недостатками — малая погружающая способность, ненадежность конструкции наголовника и двигателей — вибромолот ВМЦ-3а реконструирован в более мощный вибромолот С-467.

Вибромолот С-467 (рис. 11) предназначен для погружения металлического шпунта весом 1,5 т на глубину до 18 м в водонасыщенные пески (плывуны) и до 12 м в глинистые породы средней плотности.

Ударная часть вибромолота состоит из жесткого литого корпуса, в котором помещаются два асинхронных электродвигателя с насаженными на концы валов ротора эксцентриками. Вращение роторов электродвигателей в противоположные стороны создает направление колебания ударной части вибромолота, сопровождающееся периодическими ударами о наковальню нижней плиты.

Ударная часть при помощи четырех штанг, несущих на себе пружины, соединяется с нижней плитой, снабженной механизмом изменения зазора между ударной частью и наковальней для настройки работы вибромолота на разные скорости ударов.

К нижней части плиты прикрепляется наголовник, который снабжен пружинным клином для жесткого крепления к нему шпунтин.

Вибромолот имеет специальную рамку для выбивки стального шпунта. В комплект вибромолота входит набор запасных пружин ударной части и инструмента для его настройки и профилактического осмотра.

В гидротехническом строительстве (Сталинградгидрострой, Куйбышевгидрострой) для забивки шпунта применялись также паро-воздушные молоты С-231.

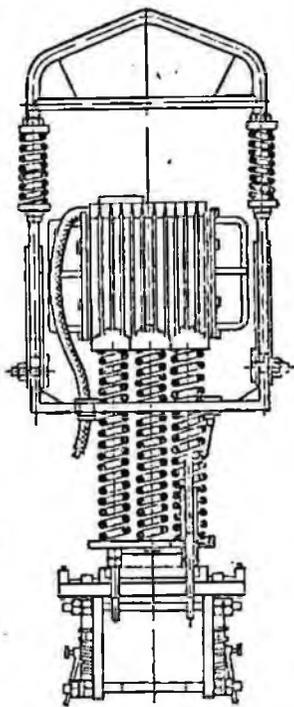


Рис. 11. Общий вид вибромолота С-467

Технико-экономические показатели работы агрегатов ВПП-2, С-231 и С-467 приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели	Паро-воздушный молот С-231	Вибропогружатель ВПП-2 (40—75 квт.)	Вибромолот С-467
Вес машины, кг	4450	3100	2200
Номинальная мощность, квт	160	120	40
Глубина погружения до, м	25	15	25
Расход энергии на 1 м погружения, квт-ч	500	12	6
Скорость забивки шпунта, м/мин	0,3	0,8	1—0,6
Породы, в которые возможна забивка	Водонасыщенные пески, глины, песчаники средней крепости	Водонасыщенные пески, глины	Водонасыщенные пески, глины, песчаники средней крепости

Из табл. 4 видно, что лучшие технико-экономические результаты можно получить при применении вибромолота С-467.

Выбор типа и параметров агрегата для погружения шпунтин должен производиться в зависимости от глубины погружения, геологических условий, типа шпунтин и их длины, а значит их веса и способа погружения.

Методы погружения и извлечения шпунтин и труб

Опыт применения шпунтовых ограждений в гидротехническом строительстве и горном деле позволяет сопоставить два существующих метода погружения шпунтин: замкнутым контуром при равномерном погружении всего ограждения и отдельных шпунтин небольшими заходками (0,5—1,0 м) и незамкнутым контуром при последовательном погружении каждой шпунтины сразу на всю глубину непосредственно вслед за ее установкой.

Первый метод, обеспечивая герметичность ограждения и повышая продольную устойчивость шпунтин, позволяет (при отсутствии значительных напряжений в замках) заглубить все шпунтины до проектной отметки в водоупор. Однако при этом скорость погружения мала ввиду небольшого шага (заходки) погружения, частых перестановок вибратора и заклинивания в замках; последнее возникает из-за изгиба шпунтин внутрь ствола и сужения всего шпунтового ограждения в конце его погружения вследствие превышения внешнего давления пород над внутренним и замкнутой формы небольшого диаметра.

Нижние концы шпунтин стремятся раздаться по окружности ограждения, а его замкнутая и постепенно суживающаяся форма оказывает этому перемещению непреодолимое сопротивление. При длительной забивке заклиненной шпунтины может произойти разрыв замков в месте заклинивания и деформация ограждения, что наблюдалось при проходке шурфа № 2 шахты «Селидовская» (Донбасс) в 1956 г.

Трение и соответственно заклинивание в замках при погружении шпунтин уменьшается при выполнении следующих мероприятий, осуществленных при проходке трех стволов шахт Донбасса (№ 1 «Центральная», «Марьинская»):

а) вертикальная установка шаблонов или направляющих шпунтин;

б) применение гибких направляющих при спуске и работе вибратора на шпунтине;

в) центральный размыв пород и равномерный подмыв шпунтин с двух сторон;

г) применение шага (заходки) погружения в пределах 0,5—1 м с чередованием забивки шпунтин по часовой и против часовой стрелки или по диаметрально противоположным местам ограждения;

д) удаление захваченных пород из замковых соединений путем вымыва их водой через боковые отверстия трубчатых замков двухтрубных шпунтин;

е) применение профилей шпунтин более жесткой конструкции.

Преимуществом незамкнутого контура является значительно большая скорость погружения шпунтин, вследствие отсутствия в замках заклинивания.

Недостатки этого метода следующие: отклонение шпунтин в вертикальной плоскости («веерность»), уход шпунта из створа (отклонения по радиусу ствола), трудность замыкания ограждения из-за образования в нем щели с двумя разными отклонениями в пространстве, через которую пловун может свободно проникать в ствол шахты при его проходке; кроме того, возможно сужение шпунтового цилиндра на конечной глубине погружения от превышения внешнего давления пород над внутренним отпором.

Веерность шпунтового ограждения образуется за счет зазоров в замковых соединениях, которые при погружении шпунтины могут достигнуть максимального размера в верхней ее части, а внизу равняться нулю, что происходит под действием пары сил трения в замковых соединениях погружаемой шпунтины с соседней и свободно погружаемого замка.

По мере увеличения числа шпунтин в ограждении (стенке) происходит одностороннее накопление зазоров в верхней части стенки и все большее отклонение шпунтин от вертикали.

Технико-экономические показатели работы агрегатов ВПП-2, С-231 и С-467 приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели	Паро-воздуш- ный молот С-231	Вибропо- ружатель ВПП-2 (40—75 квт.)	Вибромолот С-467
Вес машины, кг	4450	3400	2200
Номинальная мощность, квт	160	120	40
Глубина погружения до, м	25	15	25
Расход энергии на 1 м погружения, квт-ч	500	12	6
Скорость забивки шпунта, м/мин	0,3	0,8	1—0,6
Породы, в которые возможна забивка	Водонасы- щенные пески, глины, песчаники средней крепости	Водонасы- щенные пески, глины	Водонасы- щенные пески, глины, песчаники средней крепости

Из табл. 4 видно, что лучшие технико-экономические результаты можно получить при применении вибромолота С-467.

Выбор типа и параметров агрегата для погружения шпунтин должен производиться в зависимости от глубины погружения, геологических условий, типа шпунтин и их длины, а значит их веса и способа погружения.

Методы погружения и извлечения шпунтин и труб

Опыт применения шпунтовых ограждений в гидротехническом строительстве и горном деле позволяет сопоставить два существующих метода погружения шпунтин: замкнутым контуром при равномерном погружении всего ограждения и отдельных шпунтин небольшими заходками (0,5—1,0 м) и незамкнутым контуром при последовательном погружении каждой шпунтины сразу на всю глубину непосредственно вслед за ее установкой.

Первый метод, обеспечивая герметичность ограждения и повышая продольную устойчивость шпунтин, позволяет (при отсутствии значительных напряжений в замках) заглубить все шпунтины до проектной отметки в водоупор. Однако при этом скорость погружения мала ввиду небольшого шага (заходки) погружения, частых перестановок вибратора и заклинивания в замках; последнее возникает из-за изгиба шпунтин внутрь ствола и сужения всего шпунтового ограждения в конце его погружения вследствие превышения внешнего давления пород над внутренним и замкнутой формы небольшого диаметра.

Нижние концы шпунтин стремятся раздаться по окружности ограждения, а его замкнутая и постепенно суживающаяся форма оказывает этому перемещению непреодолимое сопротивление. При длительной забивке заклиненной шпунтины может произойти разрыв замков в месте заклинивания и деформация ограждения, что наблюдалось при проходке шурфа № 2 шахты «Селидовская» (Донбасс) в 1956 г.

Трение и соответственно заклинивание в замках при погружении шпунтин уменьшается при выполнении следующих мероприятий, осуществленных при проходке трех стволов шахт Донбасса (№ 1 «Центральная», «Марьинская»):

а) вертикальная установка шаблонов или направляющих шпунтин;

б) применение гибких направляющих при спуске и работе вибратора на шпунтине;

в) центральный размыв пород и равномерный подмыв шпунтин с двух сторон;

г) применение шага (заходки) погружения в пределах 0,5--1 м с чередованием забивки шпунтин по часовой и против часовой стрелки или по диаметрально противоположным местам ограждения;

д) удаление захваченных пород из замковых соединений путем вымыва их водой через боковые отверстия трубчатых замков двухтрубных шпунтин;

е) применение профилей шпунтин более жесткой конструкции.

Преимуществом незамкнутого контура является значительно большая скорость погружения шпунтин, вследствие отсутствия в замках заклинивания.

Недостатки этого метода следующие: отклонение шпунтин в вертикальной плоскости («верность»), уход шпунта из створа (отклонения по радиусу ствола), трудность замыкания ограждения из-за образования в нем щели с двумя разными отклонениями в пространстве, через которую пловун может свободно проникать в ствол шахты при его проходке; кроме того, возможно сужение шпунтового цилиндра на конечной глубине погружения от превышения внешнего давления пород над внутренним отпором.

Верность шпунтового ограждения образуется за счет зазоров в замковых соединениях, которые при погружении шпунтины могут достигнуть максимального размера в верхней ее части, а внизу равняться нулю, что происходит под действием пары сил трения в замковых соединениях погружаемой шпунтины с соседней и свободно погружаемого замка.

По мере увеличения числа шпунтин в ограждении (стенке) происходит одностороннее накапливание зазоров в верхней части стенки и все большее отклонение шпунтин от вертикали.

Так, при среднем зазоре замкового соединения 16 мм и длине шпунтины 20 м погружение 10 шпунтин без принятия соответствующих мер дает уход верха последующей шпунтины на 160 мм относительно ее низа.

Дефекты в замках (заусенцы, наплывы металла, кривые замки) уменьшают скорость и глубину погружения, а также приводят к заклиниванию и отклонению шпунтин.

Во избежание отклонения шпунтин в плоскости створа и ухода шпунта из створа, а также для обеспечения надежного замыкания ограждения целесообразны такие мероприятия:

вертикальное погружение на проектную глубину первой жесткой направляющей шпунтины крестообразной формы с применением гибких направляющих и центрального подмыва;

вертикальное погружение последующих шпунтин равномерно с каждой стороны первой шпунтины с применением гибких направляющих;

направленное погружение шпунтин посредством одностороннего подмыва (шпунтина отклоняется при погружении в сторону подмыва);

приварка по верху погруженных шпунтин уголков (противоугольное средство);

контрольные промеры вертикальности погружения через каждые 8 шпунтин.

В случаях недопустимого отклонения шпунтин и незамыкания ограждения необходимы следующие приемы:

трех-пятиразовое погружение и извлечение крайней шпунтины на небольшую высоту;

оттягивание верха ряда шпунта тяговым усилием специальной лебедки с одновременным вибрированием крайней шпунтины;

погружение клиновидной шпунтины;

замыкание ограждения внахлестку с бетонированием зазоров при помощи взаимно перекрывающихся бетонных свай.

В Италии, например, применяли взаимно перекрывающиеся бетонные сваи (метод Икос—Федер) для замыкания ограждений, устройства перемычек, дамб и шахтной крепи в неустойчивых породах.

На строительстве опор моста через р. Янцзы (КНР) при бетонировании скважин и промытых трещин успешно применялась следующая технология подводного бетонирования.

В пlying при помощи вибрации и подмыва опускали сваю коробчатой формы или трубу 6—8" с нижним открытым концом. Захваченный трубой грунт вымывался 1—2 трубками, смонтированными внутри сваи. После заглубления сваи в водоупор на 1 м в трубу подавали литой бетон непрерывным потоком, а затем трубу медленно извлекали из пlying при помощи вибрации. Выходящий из трубы бетон заполнял обра-

зованную подмывом скважину и соответственно зазоры в ограждении.

При проходке стволов шахт основными требованиями являются; обеспечение герметичности ограждения и безаварийность пересечения контакта пловуна с водоупором. Поэтому в шахтном строительстве шпунтины погружают до 12 м замкну-

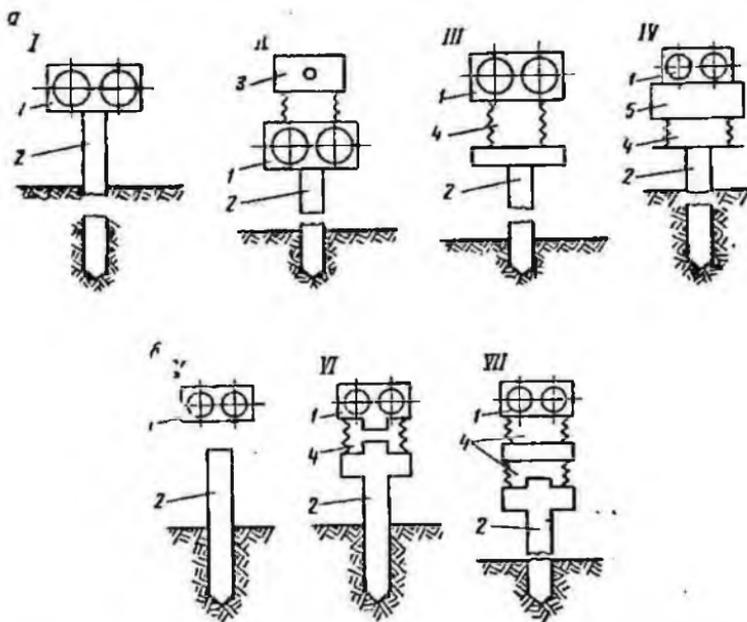


Рис. 12. Основные схемы вибрационного и виброударного методов погружения шпунтин:

а — вибрационный, *б* — виброударный: 1 — вибратор, 2 — погружаемый элемент, 3 — подрессоренная пригрузка, 4 — упругий наголовник, 5 — добавочный вес к вибропогружателю

тым контуром. Следует, однако, испытать и погружение шпунтин незамкнутым контуром по опыту Сталинградгидростроя с соблюдением при этом мер по обеспечению надежности замыкания и его герметичности. При указанном способе с применением подмыва возможно погружение ограждения на глубину до 15 м и с коммерческой скоростью в 10 раз большей, чем при замкнутом контуре.

На рис. 12 приведены основные схемы вибрационного и виброударного методов погружения шпунтин. Вибрационный метод можно применять: при жестком креплении к погружаемому элементу (схема I); с подрессоренной пригрузкой двигателя (схема II); с упругим наголовником, когда вибропогружатель кре-

пится к погружаемому элементу через пружины (схема III); с подпрессоренной пригрузкой, когда к небольшому вибратору прикреплен относительно большой груз, что может вызвать амплитуду большой величины (схема IV). Виброударный метод предусматривает погружение: с установкой вибромолота свободно на погружаемый элемент — высокочастотный молот (схема V); с закреплением к наголовнику через пружины при одновременном сочетании ударов с колебаниями (схема VI); когда удар производится не вибратором (как показано на схемах V и VI), а специальной массой, колебания которой вызываются вибропогружателем (схема VII). Схемы I, II и VI испытаны и успешно применяются в строительстве.

Опыт строительства моста через р. Янцзы (КНР), демонтаж временных шпунтовых стенок и ограждений в гидротехническом и промышленном строительстве показывают возможность извлечения металлических шпунтин в целях их повторного использования.

Для извлечения шпунтин целесообразно применять те же вибропогружатели с наголовниками, что и для погружения, так как при разных типах и размерах наголовников потребуется вырезать новые отверстия в верхних частях шпунтин.

Технология и порядок извлечения шпунтин в горном деле, за исключением некоторых особенностей, аналогичны применяемым в гидротехническом строительстве. После добывки шпунтины вибропогружателем на 10—15 см и применения подмыва с вибрацией шпунтина без особых затруднений за 15—20 мин извлекается из пльвуна с установкой и отцепкой вибратора.

Как при вибрировании, так и без вибрации значение удельного сопротивления извлечению зависит от состояния замков и от того, находится ли извлекаемая шпунтина в замкнутом контуре ограждения. Наиболее затруднительно извлечь первую шпунтину из замкнутого ограждения, т. е. разомкнуть контур, сжатый внешним давлением пород. Средние величины удельного сопротивления извлечению при вибрировании равны для свободного шпунта $0,3 \text{ т/м}^2$, для шпунта с одним замком — $0,5 \text{ т/м}^2$, для шпунта с двумя замками — $0,8 \text{ т/м}^2$. Целесообразность извлечения шпунтин после проходки и крепления ствола шахты решается в каждом конкретном случае. Необходимость же извлечения шпунтин неправильно погруженных (с большими отклонениями или веерностью) не вызывает сомнения.

Общее количество шпунтин, извлеченных с применением вибрации, на всех видах строительства за последние годы составляет более 40 тыс. т.

Значительный практический интерес представляет использование виброметода для извлечения из пльвуна и скважин за-

моразивающих и обсадных труб, а также труб, применявшихся для осушения месторождений.

Как показали опыты П. Ф. Пальянова, вибрирование с успехом может применяться для ликвидации аварий, связанных с прихватом колонковых труб в буровой скважине при разведочном бурении. При этом вибропогружатели, в зависимости от глубины прихвата, должны подбираться по амплитуде возмущающей силы и мощности электродвигателя. Так, прихваты на глубине 60—100 м удалось ликвидировать только вибропогружателем с возмущающей силой в 1,4 т при 3500 об/мин.

Для ликвидации прихватов на глубинные более 400 м применение вибропогружателей, установленных на поверхности земли, не дало результатов, что объясняется рассеиванием энергии колебаний; по-видимому, для таких условий необходимы погружные вибропогружатели, находящиеся внутри трубы или в зоне прихвата.

Экспериментальные исследования по извлечению обсадных труб виброметодом были проведены в 1955 г. В. Г. Смирновым и Ю. А. Василевичем (ВНИИПодземгаз). Обсадные трубы диаметром от 6 до 12" и длиной 35—50 м находились в скважинах несколько лет; у некоторых труб было зацементировано затрубное пространство. При извлечении этих труб преодолевалось значительное сцепление окружающих пород и цементной оболочки.

Для этих опытов был применен вибропогружатель, который присоединялся к трубам посредством фланцевого соединения. Вес вибропогружателя (без двигателя)—1,8 т; скорость вращения—375 об/мин; мощность электродвигателя—60 квт; рабочий момент эксцентриксов 4000 кгсм.

Вибрирование вместе со статическим усилием применялось только при первоначальном подъеме трубы на 0,5 м, дальнейшее извлечение производилось статическим усилием без вибрирования. Амплитуда колебаний трубы с течением времени вибрирования возрастала и достигала 10—12 мм. Этим способом было извлечено около 1000 м труб, оказавшихся пригодными для дальнейшего использования.

Опыты по извлечению труб, находящихся долгое время в скважинах, позволяют сделать следующие выводы:

1) удельное сопротивление извлечению труб в момент их срыва при интенсивном вибрировании с амплитудой 10—15 мм весьма значительно—1,5—2 т/м², оно возрастает на больших глубинах пропорционально нормальному давлению окружающих неустойчивых пород. Отсюда: при извлечении труб с большой глубины одновременно с вибрированием должны быть приложены значительные статические силы в несколько десятков тонн, которые можно создать при помощи гидравлических дом-

кратов с большим ходом и соответствующими воздушными подушками, позволяющими извлекаемой трубе вибрировать;

2) извлечение труб вибрированием с малой амплитудой колебания неэффективно;

3) для извлечения труб из несвязных пород можно применять вибромолоты, создающие направленные вверх удары. Если при достаточно большом импульсе такого удара можно извлекать трубы без домкратов (только за счет действия ударов вибромолота), то значительно упрощается оборудование и технология извлечения.

Условия применения шпунтовых ограждений

Теория вибропогружения шпунтовых ограждений в горном деле полностью еще не разработана. Задачи вертикального погружения и заглубления всех шпунтин в водоупор на проектную глубину включают в основном вопросы выбора принципиальной схемы погружения и рациональной конструкции шпунта.

Решение этих задач зависит от горногеологических и производственно-технических условий.

К первым условиям относятся:

физико-механический состав пльвуна и его гидростатический напор;

условия залегания пласта пльвуна (глубина залегания от поверхности земли, мощность, углы залегания);

состав, мощность и рельеф водоупора.

Ко вторым условиям относятся:

способ погружения шпунтин или оболочек;

диаметр, глубина и вид крепи устья и ствола шахты;

род энергии (электрическая, пневматическая);

тип виброагрегата и шпунта;

организация работ;

размещение оборудования и шпунтин на поверхности и в стволе.

При мощности пласта пльвуна или сухого песка до 2 м можно применять косую деревянную забивную крепь; если мощность пльвуна или сухих песков доходит до 5 м, то при 2—3 ярусах забивки можно использовать прямую деревянную забивную крепь; если мощность пласта пльвуна свыше 5 м, то необходимы металлические шпунтовые крепи и ограждения, условия применения которых приведены в табл. 5.

Выбранная схема погружения шпунтин должна удовлетворять следующим условиям:

а) надежность погружения всех шпунтин в водоупор на проектную отметку;

б) простота и удобство работ;

в) минимальные затраты.

Таблица 5

Тип шпунта	Гидрогеологические условия участка работ	Механизмы для забивки или погружения шпунта
Металлический шпунт (ГОСТ 4781—55)	Мощность пласта пльвунов до 12 м Глубина залегания кровли пласта пльвунов не превышает 20 м от поверхности земли Величина напора подземных вод над подошвой пласта пльвунов до 12 м Наличие в подошве пласта пльвунов глинистого основания мощностью не менее 3 м Наличие валунов не крупнее 20 см	Дизельмолоты, паровые молоты, вибропогружатели

Кроме того, к способу шпунтовых ограждений предъявляется ряд технико-экономических требований:

1. Ограждения должны быть прочными и устойчивыми. Условия прочности соблюдаются, когда напряжения, возникающие в частях контура ограждения под влиянием внешних сил (горное давление пород, динамические усилия от вибраторов), не превышают допустимых. Условие устойчивости выполняется, если под действием внешних сил ограждение (или его отдельные элементы) сохраняет свои первоначальные форму и положение.

В большинстве случаев требуется, кроме того, соблюдение условия жесткости, т. е. незначительности деформаций; они во всяком случае не должны выходить из пределов упругих. Для шпунтового ограждения (или оболочки) в целом условие жесткости обязательно.

2. Размеры шпунтовых ограждений должны обеспечивать нормальные условия производственного процесса и несложную организацию работ.

3. Освещенность и вентиляция мест работы, наличие ограждений, лестниц и средств подъема и др. должны соответствовать правилам безопасности.

4. Первоначальная стоимость ограждения (материала) должна быть по возможности минимальной.

Определение диаметра устья ствола

Диаметр устья в свету устанавливается проектом и в каждом конкретном случае зависит от применяемых размеров шпунта и вибропогружателей, способов погружения, толщины крепи ствола в шпунтовом ограждении, глубины погружения шпунта и допустимого отклонения его внутрь ствола. Диаметр шпунтового ограждения вокруг ствола (окружность расположения шпунтин) определяется из следующего расчета (рис. 13):

$$D_{\text{шп. орг}} \cong D_{\text{гр}} = D_{\text{св}} + 2d + 2a + 2 \frac{b}{2}$$

где $D_{пр}$ — диаметр ствола в проходке, мм;
 $D_{св}$ — диаметр ствола в свету, мм;
 d — толщина крепи ствола, мм;
 a — величина возможного отклонения шпунтин от вертикали внутрь ствола (допускается в размере 1% от глубины погружения), мм;
 b — толщина шпунтины и замка (для ШП-1 $b=45$ мм).
 Диаметр устья ствола в свету равен

$$D_{св. у} = D_{шп. огр} + 2e + 2c.$$

где e — размер выступающей части вибратора от его оси (для ВПП-2а $e = \frac{1270}{2} = 635$ мм);

c — зазор между вибратором и стенкой устья ствола (принимается 65—70 мм).

Длина окружности расположения шпунтин равна $\pi \cdot D_{шп. огр}$.

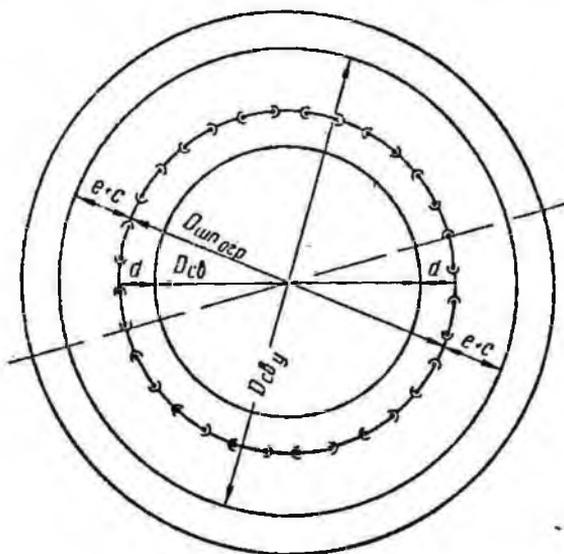


Рис. 13. Расположение шпунтин и поперечное сечение ствола

Зная жесткую базу шпунтин (ширина шпунтины с учетом зазоров в замках при зацеплении), можно подсчитать методом подбора, сколько шпунтин укладывается на данной окружности шпунтового ограждения. Если при расчете получается нечетное или дробное число шпунтин, то необходимо принять четное количество (из условия парного зацепления шпунтин), после чего

скорректировать на новые условия длину окружности расположения шпунтин, диаметры ограждения и устья ствола.

Угол поворота шпунтин в замках определяется из выражения:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n},$$

где n — количество шпунтин в ограждении.

В расчет потребного количества шпунтин входит:

длина всех шпунтин ограждения с учетом заглубления на проектную отметку;

длина шпунтин на изготовление эталонного кольца высотой 0,5—1 м;

запас шпунтин на выбраковку, обрезки при наращивании отдельных шпунтин (при разрыве отверстий для крепления наголовника вибратора на шпунтине) и неточность геологической разведки — в размере 15%.

Пример расчета потребного количества металлического шпунта. Принимается ограждение из шпунтин длиной по 15 м, с учетом перекрытия максимально возможной мощности пласта пльвуна 12,65 м; заглубления в водоупор 1,5 м и наличия остатка в голове шпунтин 0,5—0,85 м.

При варианте набора замкнутого контура ограждения только из шпунтин ШП-1 требуется:

для сборки цилиндра диаметром 5,5 м и высотой 15 м (2×7,5)

$$44 \times 15 = 660 \text{ м};$$

для изготовления и набора эталонного кольца диаметром 5,5 м из коротких шпунтин длиной по 0,5 м

$$44 \times 0,5 \text{ м} = 22 \text{ м}.$$

Всего потребуется $22 \text{ м} + 660 \text{ м} = 682 \text{ м}$, а с учетом 15% запаса — $682 \text{ м} \times 1,15 = 785 \text{ м}$ или $64 \text{ кг} \times 785 = 50\,240 \text{ кг} = 50,3 \text{ т}$ (в штуках — 52 шпунтины длиной по 15 м каждая).

ПРОХОДКА ШУРФОВ И СТВОЛОВ ШАХТ В ПЛЫВУНАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРОМЕТОДА

Проходка шурфа № 2 шахты № 1—2 «Селидовская»

Шахта № 1—2 «Селидовская» (Донбасс) отличалась сложными гидрогеологическими условиями, которые требовали применения специальных способов проходки.

Для проходки верхней части шурфа № 2 в плывунах (фактический геологический разрез пород представлен на рис. 14) был впервые разработан в 1955 г. проект погружения шпунтового ограждения посредством вибропогружателей (виброметода).

Предусматривалось применение вибропогружателя ВПП-2а с электродвигателем 28 квт и удлиненным наголовником (2,5 м) конструкции УкрНИИОМШС (рис. 15), крана-экскаватора Э-505А с высотой подъема крюка до 17 м, шаблонов для направления шпунтин, металлического шпунта марки ШП-1.

Из условий расположения вибропогружателя, шпунтового ограждения, толщины железобетонной крепи (45 см с запасом на отклонение шпунтин) и сохранения проектного диаметра шурфа (3 м в свету) диаметр устья шурфа, проходимого обычным способом, был принят равным 5,51 м, а количество шпунтин ШП-1 — 32 шт.

В подготовительный период пройдено и закреплено устье шурфа обычным способом на глубину 9,2 м. Одновременно на шахту завозились и готовились к работам по погружению шпунтин кран-экскаватор и направляющие шаблоны; проходчики и технадзор шахты изучали вибропогружатели и способ погружения шпунтин заходками по 2—1 м при замкнутом контуре ограждения.

После установки шпунтин длиной по 7,5 м в замкнутый контур диаметром 3,93 м (см. рис. 14) и проверки их вертикальности поочередно погружали шпунтины до глубины 6—6,5 м, применяя в качестве направляющих металлические шаблоны цилиндри-

дической формы и решетчатой конструкции, высотой 1—2 м, собранные из двух половин сварной конструкции (рис. 16). Эти шаблоны собирали на общую высоту 5 м, соединяя их на болтах, и демонтировали по мере погружения шпунтин.

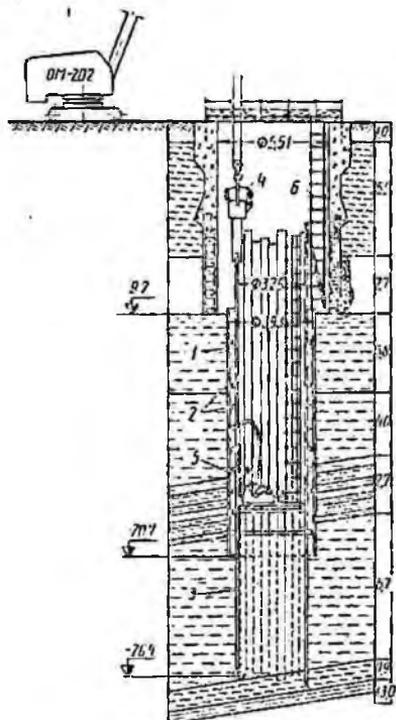


Рис. 14. Общая схема проходки шурфа № 2 в пльвунах шпунтовыми ограждениями, погружаемыми вибропогружателями:

1— первое шпунтовое ограждение, 2— раскрепляющие кольца леевого ограждения, 3— второе шпунтовое ограждение, 4— вибропогружатель ВПП-2а, 5— насос ЗИФ-200/40, 6— металлическая гибкая лестница

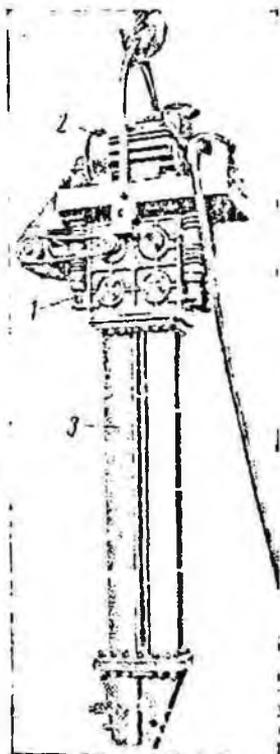


Рис. 15. Общий вид вибропогружателя ВПП-2а: 1— вибратор, 2— электродвигатель, 3— удлиненный наголовник

Для удобства работ по установке и отсоединению вибропогружателя от шпунтин на верхнем шаблоне настлавался полук.

После погружения первого яруса шпунтин высотой 7,5 м в забое шурфа наращивали шпунтины второго яруса еще на 7,5 м посредством электросварки торцов шпунтин в стык, применяя накладку из прутков арматурной стали диаметром 25 мм.

По окончании наращивания шпунтин на общую длину 15 м производилось дальнейшее погружение всего ограждения в водоупорный пласт.

Имевшийся в наличии кран-экскаватор ОМ-202 грузоподъемностью до 10 т и высотой подъема до 10,5 м обеспечил все подъемные операции при погружении шпунтин длиной по 7,5 м. Для погружения имелись 3 вибропогружателя ВПП-2а с двигателями 28 квт, которые работали поочередно.

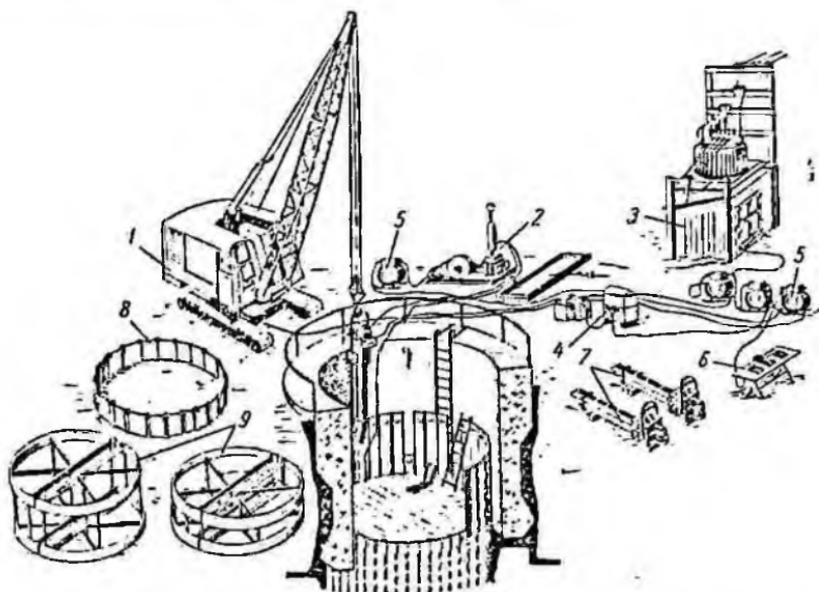


Рис. 16. Принципиальная схема расположения оборудования при проходке ствола в плывуне шпунтовым ограждением:

1 — кран-экскаватор, 2 — насос и емкость для гидроподъема, 3 — трансформаторный киоск, 4 — электросварочный аппарат, 5 — пускатели, 6 — измерительные приборы, 7 — вибропогружатели, 8 — галванное кольцо, 9 — внутренние шаблоны

Шаг погружения шпунтин составлял вначале 2—1 м, а затем постепенно уменьшался и на глубине 10—11 м равнялся 5—3 см.

Во избежание веерности, шпунтины погружали по диаметрально противоположному расположению (рис. 17). Недостатком такого погружения является необходимость частого изменения угла наклона стрелы крана-экскаватора или перемещения его (при большем диаметре устья) вместе с вибропогружателем вокруг устья.

При вибропогружении велись наблюдения за скоростью погружения v и расходом мощности w электродвигателями вибропогружателей (рис. 18).

Хронометраж показал, что на глубине 4 м скорость погружения шпунтин заметно уменьшилась. Для увеличения глубины и скорости погружения шпунта одновременно с вибрацией производился гидроподъем нижних торцов шпунтин. Более эффективной оказалась двусторонний подъем (рис. 19), при котором, наряду с увеличением скорости погружения шпунтин, почти вдвое уменьшился расход мощности, потребляемой электродвигателями вибропогружателей.

• На глубине 10 м, вследствие пересечения прослоек глин, скорость погружения уменьшилась, а расход мощности увеличился.

Сменная бригада состояла из 7—9 человек при погружении шпунтин с гидроподъемом. Работы велись в 1—2 смены с общим выходным днем.

Металлический шпунт ШП-1 был погружен на 11,5 м (с отм. —9,2 м до отметки —20,7 м). После пробной добивки шпунтин дизель-молотом до полного «отказа», учитывая, что по проектному геологическому разрезу шпунт вошел в водоупор, было решено приступить к выемке пlyingуна в огражденной зоне.

Проходка велась вручную с использованием для выдачи породы имевшегося крана и бадей емкостью 0,75 м³. В качестве раскрепляющих колец ограждения применялись подвешиваемые через 1,2 м на подвесках кольца из швеллера № 18. Кольца раскреплялись по глубине шурфа деревянными расколотами, а со шпунтинами — деревянными клиньями (рис. 20). При этом в некоторых местах по замкам шпунтин наблюдалась течь песка с водой, против которой успешно применялась заделка швов паклей. Сварные стыки шпунтин находились в хорошем состоянии.

Выемка в пlyingунах велась на глубину 10,5 м до отметки —19,7 м. Разведка из забоя показала, что ниже подошвы шпунта продолжают водонапорные пески на глубину 8—9 м. Дальнейшее погружение шпунтин (после выемки пlyingуна) не дало результатов, так как они частично деформировались внутри шурфа и при погружении пружинили, что объясняется давлением окружающих ограждение пород и плохой работой раскрепляющих колец из-за недостаточной расклинки их о шпунт. Маркшейдерская выверка шпунтового цилиндра показала, что он отклонился на 17 см в направлении с юга на север.

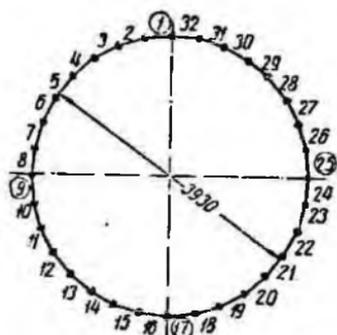


Рис. 17. Порядок погружения шпунтин:

1—17—9—25; 5—21—13—29; 2—4—3;
20—18—19; 10—12—11; 26—28—27;
6—8—7; 24—22—23; 16—14—15;
30—32—31

В соответствии с фактическим геологическим разрезом решили дальнейшую проходку вести под защитой второго шпунтового ограждения, телескопически вписанного в первый и также погружаемого вибропогружателями ВПП-2а.

Второй цилиндр удалось погрузить на 6,7 м с отметки —19,7 м до средней отметки —26,4 м (см. рис. 14); дальше шпунт не погружался из-за сужения ограждения и зажатия

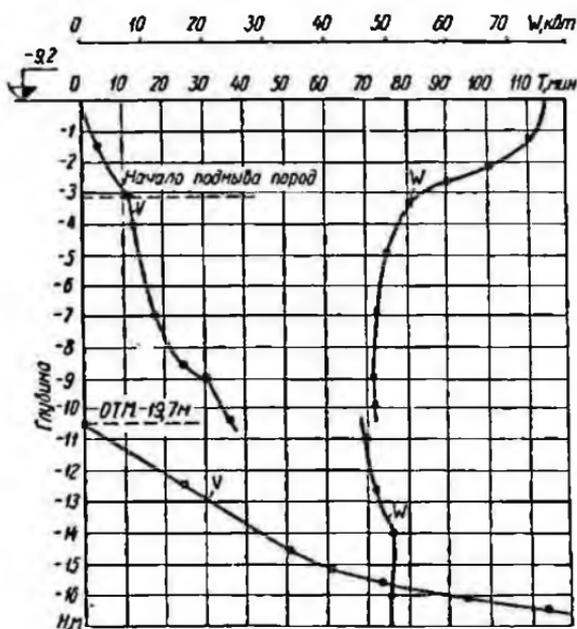


Рис. 18. Изменение скорости погружения шпунта и потребляемой двигателями вибропогружателей мощности в зависимости от глубины погружения и свойств пересекаемых пород с отметки —9,2 м и —19,7 м

шпунта в замках, применения одностороннего внутреннего гидродожима и превышения внешнего давления пород над внутренним.

После проходки второго участка до отметки —26,5 м произошел прорыв водоносного песка. Применяв косую деревянную забивную крепь, удалось шурф пройти в водоносных песках до слоя плотных глин на отметке —28,25 м.

Дополнительными разведывательными работами было установлено, что в сопряжении шурфа с горизонтальными выработками находятся слабые породы, в которых нецелесообразно устраивать сопряжение, вследствие чего для шурфа было выбрано новое место.

В целом проходка шурфа № 2 шахты № 1—2 «Селидовская» характеризуется значительным сроком (9 месяцев) и низкими технико-экономическими показателями, вызванными рядом причин.

К недостаткам технического порядка следует отнести: низкую скорость вибропогружения шпунтин ШП-1, несовершенный

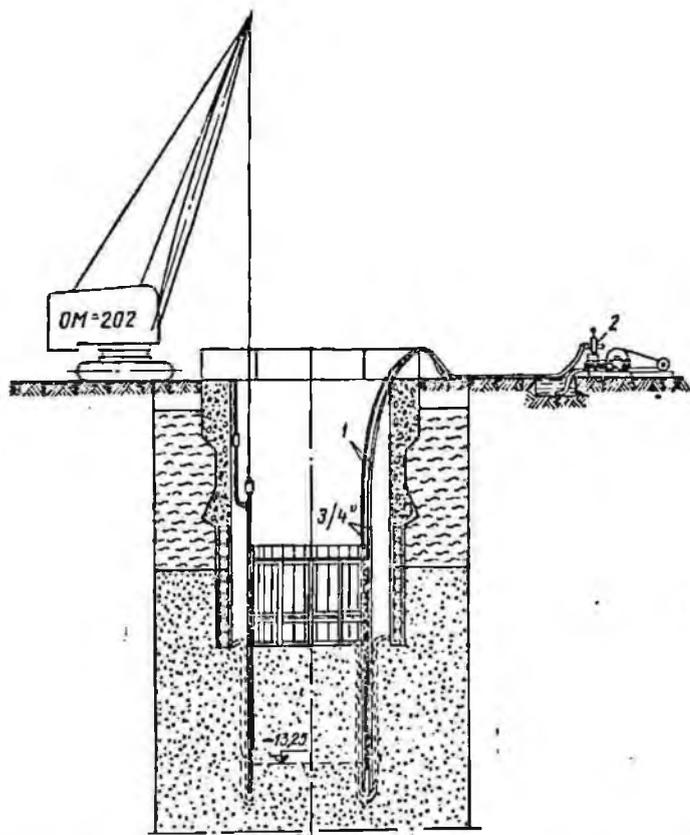


Рис. 19. Схема гидроподмыва при вибропогружении шпунтин:
1 — шланги для подачи воды, 2 — насос

и неэффективный гидроподмыв, неустановленные режим и порядок погружения шпунтин, перегрев электродвигателей вибропогружателей, отсутствие точного контрольного бурения, непригодность шпунтин ШП-1 к горнотехническим условиям.

Затруднения в погружении шпунтин второго цилиндра (с отметки $-19,7$ м до отметки $-26,4$ м) были вызваны значитель-

ным внешним давлением обводненных песков и большим трением в замках при одностороннем подмыве, произведенном только из внутреннего сечения шурфа, небольшим диаметром замкнутого контура, неточностью сборки в цилиндр длинных шпунтин в тангенциальной и радиальной плоскостях, приводившей к заклиниванию и дополнительному трению в замках.

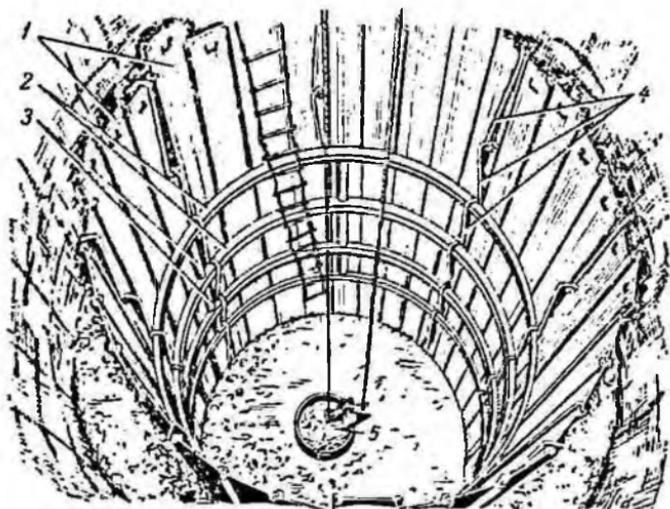


Рис. 20. Общий вид проходки ствола в плавуне под защитой шпунтового ограждения:

1 — шпунтины ШП-1, 2 — раскрепляющие кольца, 3 — деревянные расколоты, 4 — подвески, 5 — багья емкостью 0,75 м³

Кроме того вследствие большой длины шпунтин (18,5 м в начале и 12,0 м в конце посадки) они пружинили при погружении из-за превышения внешнего бокового давления над внутренним.

Вследствие плохой организации работ все операции велись в одну, две смены с общими выходными днями, имели место систематические простои из-за отсутствия материалов, электроэнергии, воды, инструмента, освещения, а отдельные перерывы в работах достигали 1—2 месяцев.

На шурфе № 2 шпунтины погружались без гидроподмыва на глубину не более 3—4 м, так как в геологическом разрезе встретились сухие и различной влажности пески, прослойки глинистых и других пород.

Аналогичные условия часто встречаются при проходке стволов шахт, поэтому во всех случаях вибропогружения шпунтин необходим эффективный гидроподмыв. На шурфе шахты «Селидовская» гидроподмыв осуществлялся от насоса ЗИФ-200/40, который нагнетал воду по двум резиноканевым рукавам и

трубкам $\frac{3}{4}$ " в песок, примерно, под торец шпунтин. Эти трубки два проходчика опускали и поднимали вручную во время подмыва как по оси шпунтины, так и по ее ширине (417 мм). В обязанности проходчиков входило также точное фиксирование конца подмывной трубки у нижнего торца шпунтины с целью устранения подмывом значительной части лобовых сопротивлений пород, что часто не удавалось осуществить, так как трубки отклонялись в сторону или погружались на разную глубину. Гидроподмыв при первом цилиндре осуществлялся с двух сторон шпунтин, при втором — только с одной, внутренней, стороны шурфа, что вызывало заклинивание шпунтин и сужение цилиндра от неравномерного бокового давления пород. Были случаи, когда трубки изгибались и отклонялись к центру шурфа или под торец шпунтины и тогда подмыв не достигал цели. Кроме того насос ЗИФ-200/40 часто работал плохо из-за низкого качества манжет и остановок на ремонт.

В замках шпунтин из-за засорения песком и сильного трения имели место заклинивание и наплыв металла. Из замков верхних концов шпунтин от трения и отсутствия охлаждения появлялись искры и произведенная смазка замков солидолом выгорала.

Вибропогружатели ВПП-2а с электродвигателями 28 квт непрерывно работали не более 2—3 мин, но затем на охлаждение двигателей и перецепку погружателей задалживалось до 50% времени погружения.

Кроме того, из-за больших размеров ВПП-2а в плане (630 мм от оси вибратора) пришлось непроизводительно расширять устье шурфа.

Выемка породы в огражденной зоне осуществлялась обычным способом и не представляла затруднений. При проходке выявилась необходимость хорошей расклинки колец временной крепи в каждую шпунтину (во избежание деформации и сужения цилиндра), а также тщательного уплотнения (конопатки) зазоров, чтобы не допустить выноса песка из щелей замков.

ВЫВОДЫ

Результаты проходки неустойчивых пород на шурфе № 2 позволяют сделать ряд выводов.

1. Способ погружения шпунтовых ограждений вибропогружателями ВПП-2а с электродвигателями 28 квт рационально применять для проходки устьев шурфов в пльвунах мощностью до 10 м и залегающих на глубине 9—10 м от поверхности земли.

2. Во всех случаях погружения металлического шпунта следует применять гидроподмыв шпунтин, который обеспечивает уменьшение сил трения, увеличение скорости погружения примерно вдвое и сокращение потребляемой электродвигателями вибропогружателей мощности с 80 до 45—50 квт.

3. Гидроподмыв шпунтин при помощи насоса ЗИФ-200/40 и двух труб диаметром $\frac{3}{4}$ " , опускаемых и поднимаемых вручную, оказался неэффективным, почему в дальнейшем необходимо разработать более совершенный способ подмыва.

4. Односторонний внутренний подмыв при погружении шпунтин ШП-1 не следует применять, так как он приводит к сужению шпунтового цилиндра и заклиниванию шпунтин в замковых соединениях.

5. Во всех случаях погружения шпунтовых ограждений необходимо заранее иметь точные данные контрольного бурения на участке погружения (по 2—3 скважины на ствол).

6. Так как электродвигатели вибропогружателей ВПП-2а при непрерывной работе более 2—3 мин перегреваются и выходят из строя, то во избежание перегрева электродвигателей и с целью уменьшения сечения устья ствола (шурфа), следует разработать малогабаритный погружатель на принципе гидравлики.

7. Конструкция шпунтин ШП-1 и существующий способ их погружения не отвечают требованиям проходки неустойчивых пород в горном деле по обеспечению герметичности ограждения и применению эффективного гидроподмыва.

В целях усовершенствования способа шпунтового ограждения и обеспечения проходки пльвунов на глубину до 15 м необходимо разработать новую конструкцию шпунтин и эффективный способ их подмыва.

Проходка участка ствола № 2 шахты № 1 «Центральная»

В 1957 г. был разработан проект организации проходки устья ствола № 2 в пльвунах на шахте № 1 «Центральная» (Донбасс) при помощи виброшпунтового ограждения вместо кессонного способа с его известными недостатками.

По гидрогеологическим (проектным) данным общая мощность неустойчивых пород ствола № 2 составляла 7 м, в том числе 2,7 м тонкозернистых песков, обладающих пльвунными свойствами. Статический уровень воды должен быть на отметке —10,6 м (рис. 21).

На проходку 11,8 м устья с воротником по проекту требовалось 12,6 суток, а фактически устье было пройдено на 13,4 м при двух-трехсменной работе бригады проходчиков в 10—11 чел. за 40 календарных суток.

Дополнительная проходка (с 11,8 до 13,4 м) осуществлялась с переводом колодца и разведочным бурением.

Длительный срок проходки являлся следствием ряда организационных недочетов: низкая квалификация рабочих, перебои в снабжении материалами, недостаточная механизация работ.

Уточнение геологического разреза бурением виброзондом из забоя трех скважин диаметром 4 дюйма показало, что фактическая мощность неустойчивых пород типа пльвуна составляет 6 м вместо 2,7 м по проекту.

Чтобы пройти в пльвуне ствол диаметром 6 м, было принято шпунтовое ограждение диаметром 6,9 м.

Для проходки пльвуна применили 55 шпунтин длиной 6—7,5 м, из которых 11 опытных двухтрубных шпунтин ШПД-1 длиной 6 м, а 44 шпунтины типа ШП-1 были вырезаны и извлечены из второго шпунтового цилиндра шурфа № 2 шахты «Селидовская» и использованы вторично.

Перед сборкой шпунтового цилиндра на поверхности земли провели следующие работы:

все шпунтины и их замки очистили от грязи и заусениц, а замки шпунтин смазали солидолом;

в голове каждой шпунтины вырезали отверстие под клин наголовника;

кривые шпунтины выправили;

короткие шпунтины нарезали длиной по 0,5 м;

между внутренним и внешним шаблонами два раза собрали замкнутый контур из коротких шпунтин в количестве 54 шт. и 55 шт.;

при помощи крана-экскаватора провели контрольную сборку трех внутренних шаблонов;

вокруг ствола устроили ограждение (высотой 1,35 м) из вертикальных уголков и горизонтальной арматуры диаметром 16 мм с обшивкой досками толщиной 25 мм;

из-за недостатка шпунтин длиной 7—7,5 м, около 30% их количества было сварено из двух коротких шпунтин (по 3—4 м). Однако стыкование шпунтин не следует применять, так как их вертикальность после сварки не всегда соблюдается.

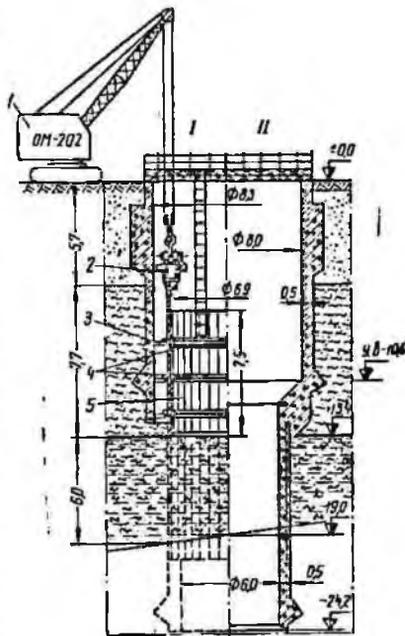


Рис. 21. Общая схема проходки ствола № 2 шахты № 1 «Центральная» в пльвунах шпунтовым ограждением, погружаемым вибропогружателями; I — перед погружением шпунтового цилиндра, II — после проходки ствола в огражденной шпунтом зоне, 1 — кран-экскаватор, 2 — вибропогружатель ВПП-2я, 3 — внешние шаблоны, 4 — внутренние шаблоны, 5 — шпунтины

После выверки забоя устья ствола по уровню производили спуск шаблонов в ствол в смонтированном виде при помощи крана-экскаватора. Спуск продолжался 5 мин, а на монтаж в стволе одного внутреннего и одного внешнего шаблонов с маркшейдерской выверкой затрачивалось в среднем до 3 ч.

Первый шаблон был установлен на подкладках из досок длиной 1 м, которые не обеспечили устойчивость шаблонов. В дальнейшем необходимо укладывать на забое полный горизонтальный настил из цельных досок толщиной 50 мм или бетонировать забой на 10—12 см.

Набор основных шпунтин осуществлялся между внешними и внутренними шаблонами после сборки на забое эталонного кольца из коротких шпунтин, причем на место поднятой короткой шпунтины кран опускал очередную шпунтину полной длины. Заведение последней (замыкающей) шпунтины не представляло трудности; специального стягивания или раздвигания контура не потребовалось. Шпунтины раскрепляли в шаблоны (в местах значительных зазоров) при помощи досок, установленных вертикально на всю длину шпунтин.

На сборку и выверку 55 шпунтин вместе со всеми задержками на стыкование отдельных шпунтин потребовалось 3 дня, в том числе 70% указанного времени затрачено на проверку их вертикальности. При более точном изготовлении шаблонов и отсутствии простоев можно собрать и выверить все шпунтины за 16 ч.

Вибропогружение шпунтин и цементация контакта их с водоупором. Погружение шпунтин на глубину 5,6—6,8 м при помощи вибропогружателей ВПП-2а и крана ОМ-202 продолжалось 10 дней, а заглубление шпунтин в водоупор 5 дней (рис. 22). Вибропогружатели работали с электрическими двигателями МТК-52-8 мощностью 28 квт.

Во избежание образования веерности шпунтин и перекоса всего цилиндра погружение осуществлялось по диаметрально противоположным местам ограждения.

На шахте № 1 «Центральная» забой устья в первый период погружения был подтолен водой на 1,0 м, и шпунтины погружались без подмыва. На глубине 3—3,5 м скорость погружения уменьшилась с 400 до 50 см/м, что вызвало применение подмыва. Насос ЗИФ-200/40 был расположен на одном из полков шаблона, а вода подавалась по трубкам с напором от 5 до 10 атм. Подмыв каждой шпунтины производился вдоль замков и с двух ее сторон. Технология подмыва была такой же, как и на шурфе № 2 шахты № 1—2 «Селидовская».

На осуществление подмыва каждой трубкой (длиной 8 м) были заняты трое рабочих. Затруднения в подмыве объяснялись необходимостью пересечь вязкий суглинок и прослойки глинны; кроме того, сказывалась плохая работа насосов

Для обеспечения большей герметичности (предотвращения прорыва воды и пьлуна) производилась цементация контакта шпунтового ограждения с водоупором в течение трех дней. Однако почти весь цементный раствор выходил в забой устья ствола, поднимаясь вдоль нагнетающих труб и эффективность от цементации не была достигнута. Поэтому вместо цементации контакта в последующих работах применялось заглубление шпунтин в водоупор на 1—1,5 м.

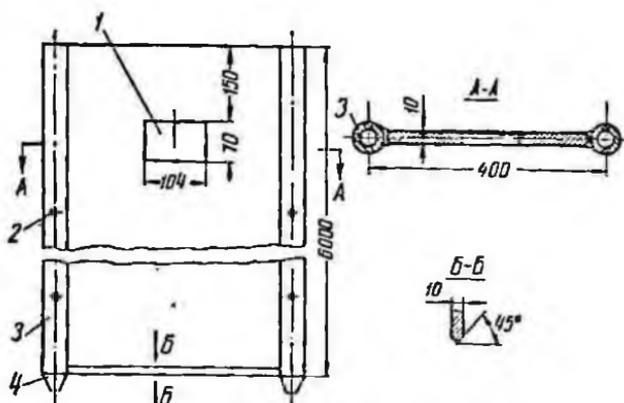


Рис. 23. Двухтрубная шпунтина:

1 — отверстие под клин наголовника вибропогружателя, 2 — боковые отверстия для вымыва песка из замкового соединения и последующей его цементации, 3 — трубчатый замок, входящий в зацепление замка шпунтины ШП-1, 4 — насадка

При проходке и креплении устья проходческие бригады состояли постоянно из 8—9 человек в смену; это же количество рабочих сохранилось и при погружении шпунтин, хотя требовалось 6—7 человек. Работа была выполнена за 15 дней.

Основными причинами задержки работ по погружению шпунтин были систематические перегревы электродвигателей вибропогружателей (12,5% всего времени), неисправное состояние насосов (11%) и прочие (3,5%).

Фактические затраты времени в часах на вибропогружение шпунтин приведены в табл. 6.

Ввиду неточности шаблонов и недостаточной расклинки шпунтин произошло незначительное сужение шпунтового цилиндра, а 5 шпунтин из общего числа 55 не были заглублены в водоупор на 0,2—0,6 м.

Как показал хронометраж, после применения подмыва скорость погружения увеличилась почти вдвое (рис. 24) из-за уменьшения трения шпунтин в породах.

Одновременно было замечено, что подмыв шпунтин с внутренней стороны ограждения способствует сужению цилиндра

Таблица 6

Наименование работ	Май 1957 г.								Итого	В процентах
	12	14	16	18	20	22	24	27		
Полезная работа										
Подготовительные работы	13,8	12,5	9,1	12,6	8,2	8	4	8	76,2	20
Погружение шпунтин . . .	1,9	2,1	3,2	3,9	2	2,4	1,8	2,4	19,7	5,2
Гидроподмыв	—	1	7,8	8	6	5,5	5,8	4	38,1	10
Перемонтаж	7	3,5	7,6	5	4,5	0,4	0,9	0,4	29,3	7,7
Выравнивание шпунтин . . .	0,6	1,8	0,3	1,6	1,3	0,3	0,4	0,4	6,7	1,8
Контрольное бурение . . .	6,3	8	—	—	—	—	—	—	14,3	3,7
Итого . . .	29,6	28,9	28	31,1	22	16,6	12,9	15,2	184,3	48,4
Устраненные потери										
Перегрев электродвигателя	5,9	4,5	12,5	4,4	2,3	4,3	8	6	47,9	12,5
Ремонт насоса	4	5	2,6	3	7	10	5,7	4,5	41,8	11
Ремонт вибраторов	—	—	0,5	1	7,4	0,2	0,5	2,5	12,1	3,3
Откачка воды	—	2	—	3	0,5	11,5	3	3,9	23,9	6,2
Итого . . .	9,9	11,5	15,6	11,4	17,2	26	17,2	16,9	125,7	33
Простои и перерывы в работе										
Отсутствие электроэнергии	—	—	—	1	1	1,9	—	1	4,9	1,3
Отсутствие материалов . . .	—	—	—	1	1	0,5	—	0,5	3	0,8
Разные простои	—	2,6	1	0,9	5,3	1	1,9	1	13,7	3,5
Разные работы	5,5	5	3,4	2,6	1,5	2	16	13,4	49,4	13
Итого, ч . . .	5,5	7,6	4,4	5,5	8,8	5,4	17,9	15,9	71	18,6
Общее время, ч . . .	45	48	48	48	48	48	48	48	381	100

при погружении. Поэтому в дальнейшем целесообразно осуществлять подмыв в основном с внешней стороны ограждения.

При работе вибропогружателей ВПП-2а более 2 мин электродвигатели мощностью 28 квт перегревались, и на их охлаждение в летнее время требовалось до 30—40 мин. Два вибропогружателя, подключенные отдельно к распределительному пункту, работали поочередно. После обдувания двигателей при помощи осевого вентилятора время на их охлаждение сократилось вдвое, но все же погружение шпунтин задерживалось. Учитывая дополнительную пригрузку и моменты эксцентриков 750—1000 кгсм, следует применять электродвигатели мощностью 40—55 квт.

За время работы вибропогружателей в течение 15 суток потребовалось произвести на шахте несколько раз мелкий ремонт цепной передачи и зажимных болтов.

По данным 734 наблюдений за погружением шпунтин средняя механическая скорость погружения (отношение общей длины погружения к чистому времени погружения) равна 16,2 м/час, средняя техническая (общая длина погружения к полному полезному времени на погружение) 41,5 м/сутки и коммерческая 20 м/сутки.

Опыт погружения двухтрубных шпунтин показал, что, имея меньшее поперечное сечение в замках и заостренное на клин под углом 45° полотно у башмака, они погружаются в 1,8 раза быстрее, чем шпунтины ШП-1 с тупым (незаостренным) торцом башмака (см. рис. 24). Поэтому в дальнейшем следует применять заостренный башмак для всех шпунтин.

Кроме того, двухтрубные шпунтины позволяют производить центральный подмыв пород и шпунтин через трубчатые замки вместо одностороннего подмыва трубками, поднимаемыми и опускаемыми вручную при шпунтинах ШП-1, после погружения можно производить цементацию контактов шпунтин с водоупором и

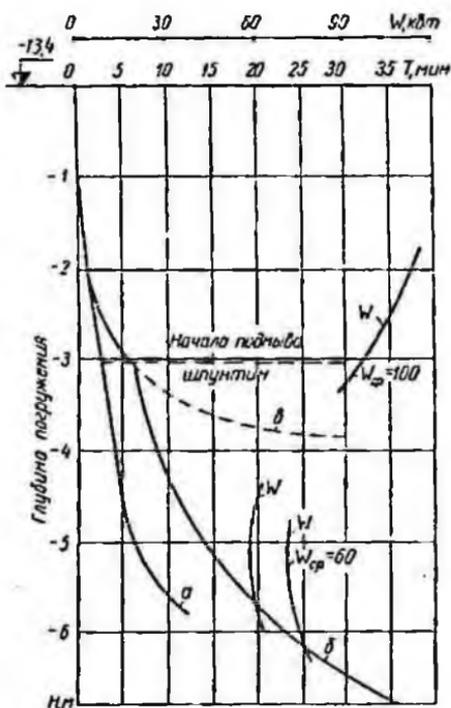
Рис. 24. Изменение скорости v погружения шпунтин и потребляемой мощности w :

a — скорость погружения двухтрубных шпунтин, b — шпунтин типа ШП-1, δ — шпунтин типа ШП-1 без подмыва

замковых соединений через трубчатые замки и боковые отверстия в них; на изготовление двухтрубных шпунтин металла расходуется в два раза меньше, чем на шпунтины ШП-1.

Одновременно с наблюдениями за скоростью погружения шпунтин производились замеры потребляемой мощности двигателями вибраторов при помощи комплекта измерительных приборов КИП (рис. 25).

Из табл. 6 видно, что полезная работа при погружении шпунтин составила 48,4%, а остальное время заняли простои



и неполадки. Однако средние механические скорости погружения в 1,3—6,3 раза больше соответствующих скоростей, полученных при погружении первого и второго цилиндров на шурфе № 2 шахты «Селидовская». Средняя техническая скорость больше в 1,15—2,6 раза и коммерческая в 1,3—3,1 раза.

Проходка и крепление ствола в огражденной шпунтом зоне. После заглубления шпунтин в водоупор на 0,2—1,0 м и цементации контакта шпунтин с водоупором началась проходка ствола в огражденной зоне с погрузкой породы вручную в бадьи емкостью 0,75 м³ и подъемом краном-экскаватором ОМ-202; проходчики опускались в ствол по металлической лестнице с ограждением. При выемке породы устанавливали через 1 м раскрепляющие (ограждение) кольца из швеллера № 24 с расклинкой их деревянными клиньями о каждую шпунтину и установкой раскльотов между ними (рис. 26).

Во время выемки породы ее образцы отбирались через каждый метр. Шпунтовой цилиндр был сжат внешним давлением пород (рис. 27); течи воды и выноса песка через замки шпунтин не наблюдалось. Осмотр сварных стыков шпунтин показал их хорошее состояние.

В процессе проходки систематически выверялись шпунтовой цилиндр и ось ствола. К концу проходки было установлено незначительное сужение цилиндра, в результате чего 5 шпунтин отклонились внутрь ствола на 0,05—0,15 м, а 5 шпунтин — не вошли до водоупора на 0,2—0,5 м. Ствол в этих местах проходили отдельными секторами с применением металлических посадок из шпунтин-коротышей, зазоры между ними уплотняли паклей.

Приток воды составил в начале проходки 0,5 м³/час, и в конце проходки — 1,5—2 м³/час. Порода водоупора состояла из вязкого и достаточно плотного необводненного глинистого сланца («мыльника»).

При проходке были зафиксированы два случая фонтанирования воды из-под башмаков шпунтин в местах гидродожима, что указывает на необходимость в дальнейшем заглублять шпунтины в водоупор на последнем метре без подмыва.

Пересечение контакта пловуна с водоупором и крепление

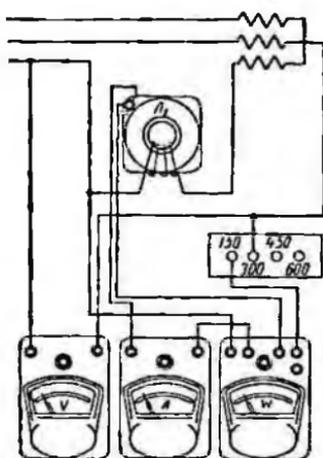


Рис. 25. Схема соединений комплекта измерительных приборов КИП

и неполадки. Однако средние механические скорости погружения в 1,3—6,3 раза больше соответствующих скоростей, полученных при погружении первого и второго цилиндров на шурфе № 2 шахты «Селидовская». Средняя техническая скорость больше в 1,15—2,6 раза и коммерческая в 1,3—3,1 раза.

Проходка и крепление ствола в огражденной шпунтовой зоне. После заглубления шпунтин в водоупор на 0,2—1,0 м и цементации контакта шпунтин с водоупором началась проходка ствола в огражденной зоне с погрузкой породы вручную в бадьи емкостью 0,75 м³ и подъемом краном-экскаватором ОМ-202; проходчики опускались в ствол по металлической лестнице с ограждением. При выемке породы устанавливали через 1 м раскрепляющие (ограждение) кольца из швеллера № 24 с расклинкой их деревянными клиньями о каждую шпунтину и установкой расклетов между ними (рис. 26).

Во время выемки породы ее образцы отбирались через каждый метр. Шпунтовой цилиндр был сжат внешним давлением пород (рис. 27); течи воды и выноса песка через замки шпунтин не наблюдалось. Осмотр сварных стыков шпунтин показал их хорошее состояние.

В процессе проходки систематически выверялись шпунтовой цилиндр и ось ствола. К концу проходки было установлено незначительное сужение цилиндра, в результате чего 5 шпунтин отклонились внутрь ствола на 0,05—0,15 м, а 5 шпунтин — не дошли до водоупора на 0,2—0,5 м. Ствол в этих местах проходили отдельными секторами с применением металлических посадок из шпунтин-коротышей, зазоры между ними уплотняли паклей.

Приток воды составил в начале проходки 0,5 м³/час, и в конце проходки — 1,5—2 м³/час. Порода водоупора состояла из вязкого и достаточно плотного необводненного глинистого сланца («мыльника»).

При проходке были зафиксированы два случая фонтанирования воды из-под башмаков шпунтин в местах гидрподмыва, что указывает на необходимость в дальнейшем заглублять шпунтины в водоупор на последнем метре без подмыва.

Пересечение контакта пльвуна с водоупором и крепление

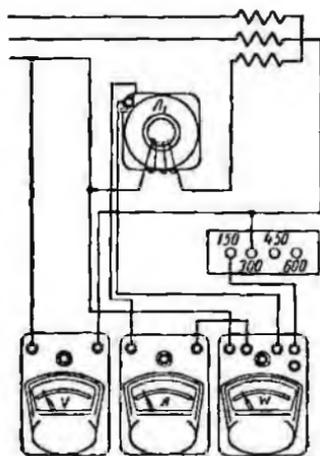


Рис. 25. Схема соединений комплекта измерительных приборов КИП

указанного участка заняло 70% общей продолжительности проходки в огражденной зоне.

Крепь пройденного участка — железобетонная. Состав бетона 1:2,2:4,9, арматурная сетка 20×20 см. Кольца временной крепи оставались в бетоне. Толщина крепи 40—50 см. Цемент применялся марки 400—500, марка армированного бетона $R_{пр} = 150 \text{ кг/см}^2$. Бетон спускали в забой ствола по вертикальной трубе диаметром 400 мм. Шпунтины после проходки не извлекались.

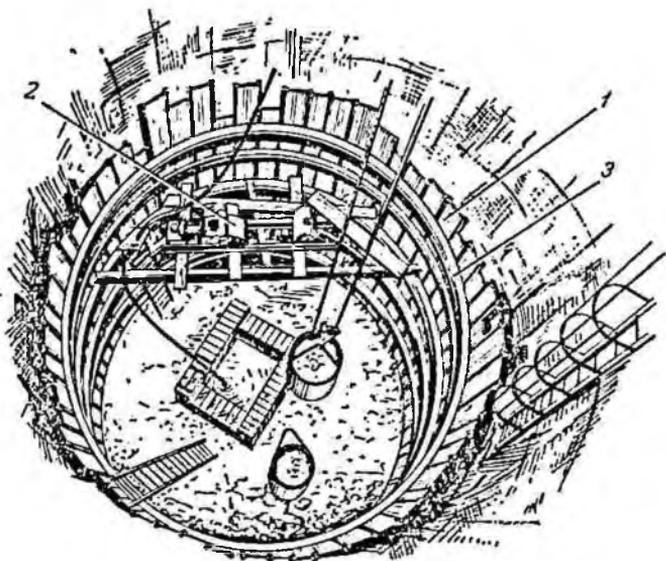


Рис. 26. Проходка ствола в огражденной шпунтом зоне:

1 — шпунтины, 2 — насос ЗИФ-200/40, 3 — раскрепляющие кольца

С применением крана-экскаватора глубина проходки достигла 19,7 м, после чего был смонтирован проходческий копер и осуществлена дальнейшая углубка ствола. На отметке —24,2 м был сооружен опорный венец.

Технико-экономические показатели и их анализ. По проекту организации работ на проходку 11,8 м устья обычным способом и участка ствола в пльвунах до глубины 21,2 м при помощи шпунтового ограждения требовалось 35 суток непрерывной работы, в том числе 12 суток на погружение шпунтин и цементацию контакта. Подготовку к погружению необходимо было выполнить одновременно с проходкой устья.

Фактически устье было пройдено на глубину 13,4 м за 42 календарных дня, подготовка к погружению шпунтин продолжалась еще 10 суток, погружение шпунтин и цементация контакта производились 18 суток, проходка и крепление в огражденной зоне — 20 суток.

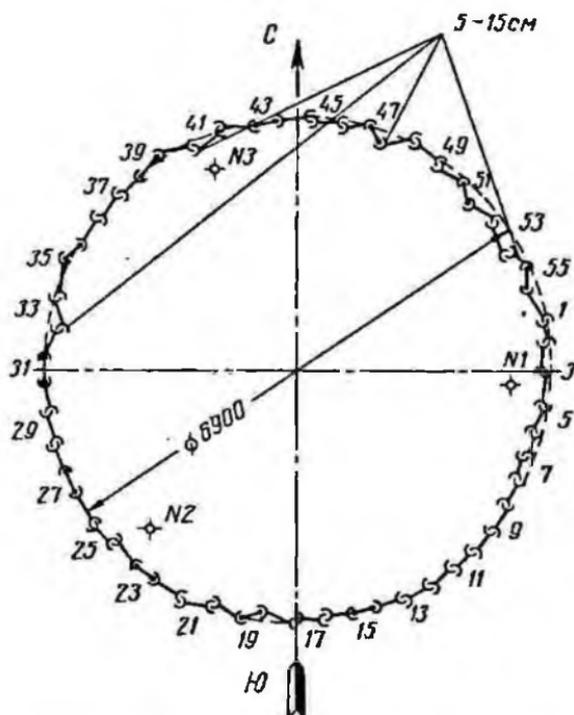


Рис. 27. Деформация шпунтового цилиндра на отметке — 19 м:

№ 1, № 2, № 3 — скважины разведочного бурения

Таким образом, общая продолжительность проходки устья и ствола до глубины 19,7 м составила 90 календарных суток (рис. 28).

С другой стороны, участок ствола в пльвунах мощностью 6,3 м с учетом всех имевших место простоев и перерывов в работе был пройден за 1,5 месяца вместо 3 месяцев, требовавшихся при кессонном способе, причем все работы по монтажу и погружению шпунта, а также по проходке и креплению ствола выполнялись рабочими, обученными в процессе проходки.

Стоимость проходки устья и участка ствола в пльвунах на общую глубину 19,7 м определена по смете 736 тыс. руб. вместо 986,8 тыс. руб. кессонным способом (в ценах 1955 г.). Факти-

2. Вибропогружатели ВПП-2а следует применять с двигателями мощностью 40—55 квт. Кроме того, необходимо разработать конструкции погружателей меньших поперечных размеров и с гидравлическим или пневматическим двигателем.

3. Конструкция ограждения только из шпунтин типа ШП-1 не удовлетворяет требованиям проходки стволов шахт. Целесообразно применять эти шпунтины в чередовании с двухтрубными шпунтинками более жесткой конструкции: ШПД-2, ШКД-1.

4. Способ подмыва шпунтин через грубчатые замки дал положительные результаты и применение его вполне заменит подмыв трубами вручную. Подмыв рекомендуется осуществлять, как правило, с внешней стороны ограждения во избежание его суживания от превышения внешнего давления пород над внутренними (в сечении, ствола) и ввиду относительно небольшого диаметра (3—7 м) замкнутой формы ограждения.

Проходка клетового и скипового стволов шахты «Марьянская» в неустойчивых породах

Из гидрогеологических данных шахты «Марьянская» (Южный Донбасс) следовало, что основными трудностями будет проходка участков стволов в обводненных третичных песках полтавского яруса, мощностью до 12,65 м, обладающих пльвунными свойствами.

Для рассматриваемых условий наиболее рациональными способами проходки являлись: кессонный способ и под защитой шпунтового ограждения.

Практика проходки ствола № 2 шахты № 1 «Центральная» в 1957 г. показала, что под защитой шпунтового ограждения можно пройти неустойчивые породы в два раза быстрее и дешевле, чем кессонным способом.

В 1958 г. были разработаны проекты организации работ по проходке обычным способом устьев стволов, а участков стволов в пльвунах под защитой шпунтовых ограждений, погружаемых вибропогружателями. Гидрогеологические условия проходки стволов были приняты по данным скважины № 396-Т, заложеной между стволами, с последующим уточнением мощности пльвунов и водоупора виброзондированием пород из забоев стволов до погружения шпунтин (рис. 29).

Мощность пласта пльвуна в местах заложения клетового и скипового стволов ожидалась порядка 10—12,65 м, а гидростатический напор — 12 м. Под пльвуном предполагался водоупор из глинистого вязкого сланца с включениями аргеллитовых почек. После первого пласта глинистого сланца мощностью 15,1 м пласты сланцев чередуются с пластами угля и песчаника до конечной глубины стволов (162 м).

2. Вибропопужатели ВПП-2а следует применять с двигателями мощностью 40—55 квт. Кроме того, необходимо разработать конструкции погрузателей меньших поперечных размеров и с гидравлическим или пневматическим двигателем.

3. Конструкция ограждения только из шпунтин типа ШП-1 не удовлетворяет требованиям проходки стволов шахт. Целесообразно применять эти шпунтины в чередовании с двухтрубными шпунтинами более жесткой конструкции: ШПД-2, ШКД-1.

4. Способ подмыва шпунтин через трубчатые замки дал положительные результаты и применение его вполне заменит подмыв трубками вручную. Подмыв рекомендуется осуществлять, как правило, с внешней стороны ограждения во избежание его суживания от превышения внешнего давления пород над внутренними (в сечении, ствола) и ввиду относительно небольшого диаметра (3—7 м) замкнутой формы ограждения.

Проходка клетового и скипового стволов шахты «Марьинская» в неустойчивых породах

Из гидрогеологических данных шахты «Марьинская» (Южный Донбасс) следовало, что основными трудностями будет проходка участков стволов в обводненных третичных песках полтавского яруса, мощностью до 12,65 м, обладающих пльвучными свойствами.

Для рассматриваемых условий наиболее рациональными способами проходки являлись: кессонный способ и под защитой шпунтового ограждения.

Практика проходки ствола № 2 шахты № 1 «Центральная» в 1957 г. показала, что под защитой шпунтового ограждения можно пройти неустойчивые породы в два раза быстрее и дешевле, чем кессонным способом.

В 1958 г. были разработаны проекты организации работ по проходке обычным способом устьев стволов, а участков стволов в пльвунах под защитой шпунтовых ограждений, погружаемых вибропопужателями. Гидрогеологические условия проходки стволов были приняты по данным скважины № 396-Г, заложеной между столбами, с последующим уточнением мощности пльвунов и водоупора виброзондированием пород из забоев стволов до погружения шпунтин (рис. 29).

Мощность пласта пльвуна в местах заложения клетового и скипового стволов ожидалась порядка 10—12,65 м, а гидростатический напор — 12 м. Под пльвуном предполагался водоупор из глинистого вязкого сланца с включениями аргеллитовых почек. После первого пласта глинистого сланца мощностью 15,1 м пласты сланцев чередуются с пластами угля и песчаника до конечной глубины стволов (162 м).

На этой шахте был испытан и внедрен ряд усовершенствований виброметода: погружение шпунтин последовательным способом при разомкнутом контуре ограждения и небольшими

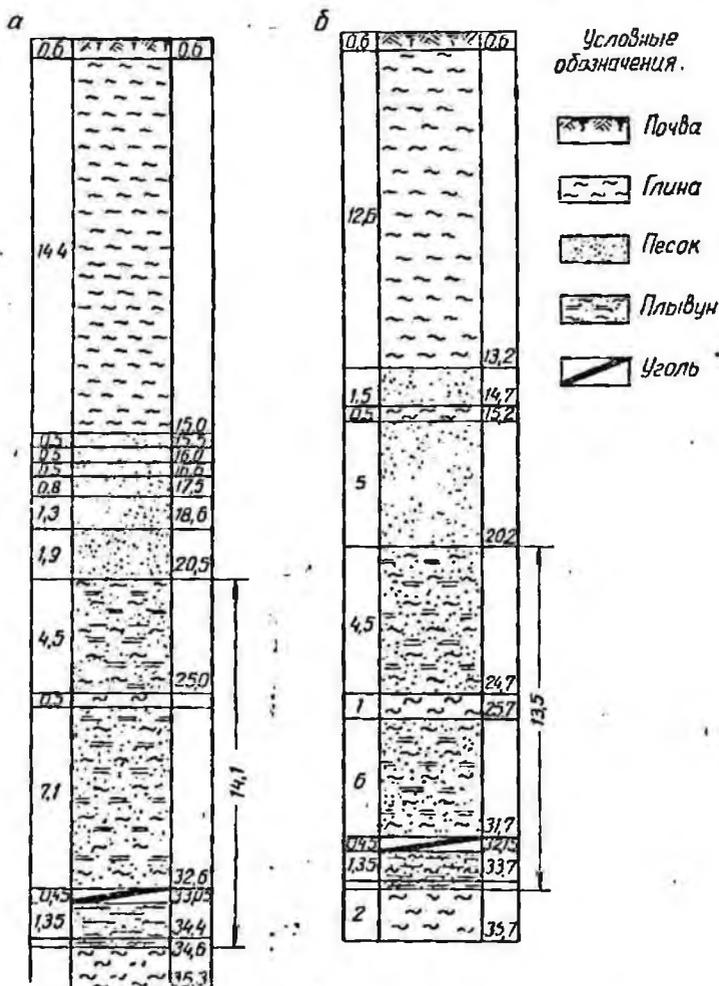


Рис. 29. Фактические геологические разрезы пород на шахте «Марьинская»:

а — клеевой ствол, б — скиповой ствол

заходками при замкнутом контуре; модернизированные вибропогружатели ВПП-2 с двигателями 55—75 квт и вибромолоты ВМЦ-3а с двигателями 2×14 квт; подмыв шпунтин с внешней стороны ограждения; подъемник Т-37 (в стволах); виброизвле-
60

чение шпунтин и тельферная установка ТМ-1001 грузоподъемностью 10 т для погружения шпунтин вибратором с проходческого копра; вибропогружение замораживающих колонок в пльвун и т. д.

Работы проводились на скиповом и клетевом стволах с сентября 1958 г. по март 1959 г.

В подготовительный период были пройдены обычным способом и закреплены железобетоном устья скипового и клетевого стволов до глубины 20 м. Одновременно на шахту были доставлены оборудование и средства для погружения шпунтин.

Однако основная часть подготовки к погружению шпунтин выполнялась после проходки устьев стволов и даже во время погружения: монтаж копра на скиповом стволе и тельферной установки в нем, монтаж подъемника Т-37, доставка двух тяжелых вибропогружателей ВПП-2 и двух вибромолотов ВЦМ-3а, их укомплектование двигателями и цепями, испытание и ремонт всего оборудования, обучение рабочих, осмотр и подготовка шпунта к погружению. Отсюда: продолжительность общих работ увеличилась на 11% по клетевому стволу и на 30% по скиповому стволу.

Для спуско-подъемных операций во время погружения шпунтин вибропогружателями около устья клетевого ствола был установлен кран-экскаватор Э-1004 (рис. 30), а над скиповым стволом был смонтирован проходческий копер и в нем на высоте 10 м сооружены монорельс и катучая платформа с тельфером ТМ-1001 (рис. 31).

Для уточнения мощности пльвуна и рельефа водоупора было осуществлено виброзондирование пород из забоя устья клетевого ствола трубой диаметром 146/8 мм. Однако вибропогружателем ВПП-2а с двигателем 28 квт зонд погружался только до глубины 10 м, на которой водоупор отсутствовал. Только после применения тяжелых вибропогружателей с двигателями 61—75 квт зонд погружался на глубину 14,36 м.

Виброзондированием было установлено, что фактическая мощность пльвуна на клетевом стволе составляет 14,1 м, а не 9,9 м и 11,85 м, как неправильно было выявлено при разведочном бурении. На скиповом стволе виброзондирование показало, что фактическая мощность пльвуна 13,5 м (см. рис. 29). Соответственно оргстройпроект был скорректирован на месте работ, согласно изменившимся условиям — увеличившейся мощности пльвуна.

Для погружения было решено использовать шпунтины ШК-1, которые по сравнению со шпунтинами ШП-1 имеют большую прочность и жесткость. Диаметр внутреннего шаблона на клетевом стволе получился равным 5,36 м, а диаметр шпунтового ограждения — 5,51 м с набором в замкнутый контур 43 шпунтин ШК-1.

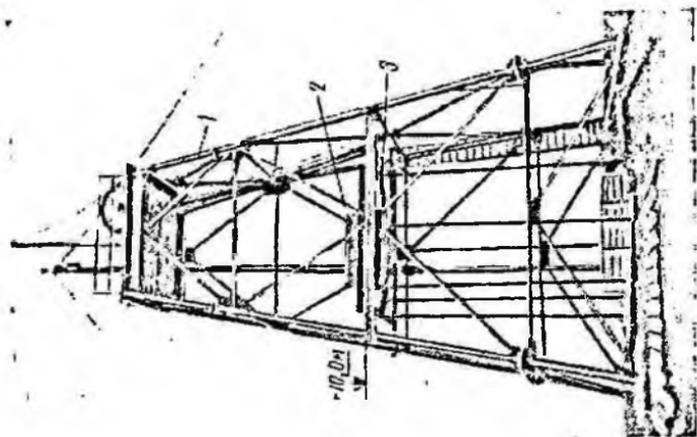


Рис. 31. Тельферная установка в книге скипового ствола для спуско-подъемных операций при погружении шпунтин вибропогружателем:
 1 — проходческий копер, 2 — катущая иллага с тельфером ТМ 1001, 3 — монорейль

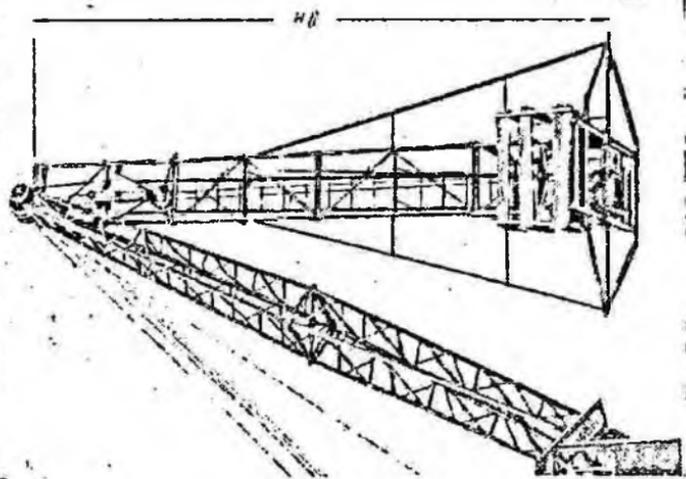


Рис. 30. Спуск подъемника Т-37 в кле-тевой ствол

Диаметр внутреннего шаблона на скиповом стволе определялся в 4,35 м, а диаметр шпунтового ограждения — 4,51 м с набором в замкнутый контур 36 шпунтин ШК-1.

Для ограждения пластов плывуна мощностью 13,5—14,1 м принимались шпунтины длиной 15—16 м, состоявшие в соответствии с производственными условиями (длина стрелы крана-экскаватора 13 м, наибольшая высота проема в панели копра 9 м) из двух ярусов по 7—8 м, сращиваемых в стык электросваркой. Швы в месте стыка шпунтин усиливались накладками. Перед сборкой шпунтовых цилиндров все шпунтины и их замки были очищены от грязи и заусенцев, проверены на прямолинейность, а кривые шпунтины в плоскости корыта выправлены. Замки шпунтин были смазаны солидолом; в голове каждой шпунтины вырезано отверстие под клин наголовника вибропогружателя и проставлена длина шпунтины. Для сборки эталонного кольца на клетевом стволе нарезаны 43 коротких шпунтины длиной по 1,0 м, которые впоследствии были повторно использованы на скиповом стволе. Нижние торцы замков шпунтин были заострены на клин под углом 45° с двух сторон; вдоль замков шпунтин (с внешней стороны ограждения) приварены подмывные трубки (из водогазовых труб) диаметром $\frac{3}{4}$ ". Около устья каждого ствола было собрано эталонное кольцо из целого числа выставленных вертикально коротких шпунтин длиной по 1 м, служивших кондукторами при наборе основных шпунтин в ствол (рис. 32). Вокруг устьев стволов были устроены ограждения на высоту 1,4 м из вертикальных уголков и горизонтальной арматуры диаметром 16 мм с обшивкой досками толщиной 25 мм.

После выверки и бетонирования забоя устья по уровню на высоту 10 см (с оставлением кольцевой щели для погружения шпунтин) в ствол спустили при помощи крана-экскаватора внутренний шаблон с вертикально приваренными вокруг него короткими шпунтинами, образующими замкнутый контур. Опускание шаблона заняло 5 мин. Монтаж в стволе одного внутреннего и одного внешнего шаблона с маркшейдерской выверкой занимал в среднем до 3 ч. Во избежание перемещения внутреннего шаблона от оси ствола нижнее кольцо шаблона (после маркшейдерской проверки вертикальности коротких шпунтин) закреплялось в бетонной подушке. Внешние шаблоны из колец швеллера № 20а, монтируемые на упорах, выпущенных из крепи ствола, не дали положительных результатов для ограждения из шпунтин ШК-1.

Набор основных шпунтин длиной по 8 м осуществлялся на место коротких шпунтин за теми же номерами. При этом для разомкнутого контура ограждения в устье клетевых стволов устанавливали строго по отвесу одну направляющую шпунтину высотой 8 м и жестко закрепляли ее в четырех местах по вы-

соте при помощи упоров из крепи устья ствола. Установка направляющей продолжалась 16 ч (разделка четырех лунок в крепи устья 8 ч, монтаж упоров 6 ч и закрепление направляющей шпунтины 2 ч).

Для погружения 43 шпунтин замкнутым контуром в устье клетового ствола вместо внутренних и внешних шаблонов, монтируемых на всю высоту ограждения (8 м), устанавливали

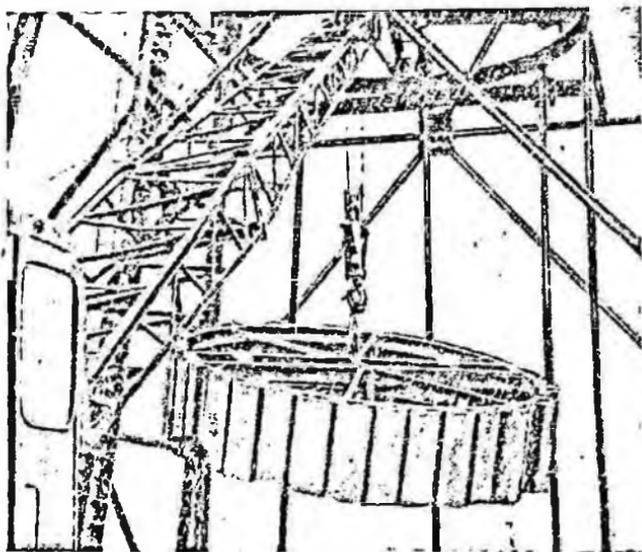


Рис. 32. Спуск в скиповой ствол эталонного кольца из коротких шпунтин

вертикально 4 направляющие шпунтины по диаметрально противоположным местам ограждения (рис. 33). Между направляющими и на место коротких шпунтин заводили по 10—11 основных шпунтин. В скиповом стволе шпунтины заводили в контур ограждения по 9 шпунтин в секторе.

Вибропогружатель устанавливали и закрепляли на шпунтине два проходчика с площадки подъемника Т-37 (рис. 34).

С каждого местоположения подъемника Т-37 обеспечивалась установка и закрепление вибропогружателя последовательно на трех шпунтинах. Одно перемещение подъемника в стволе (посредством крана-экскаватора) занимало в среднем 8—12 мин (4 мин на шпунтину). Нарращивание (сборка) шпунтин II яруса также производилось с подъемника Т-37. Подъем и спуск площадки подъемника осуществлялся лебедкой с

двигателем мощностью 4,3 квт; лебедка укреплялась на нижней горизонтальной раме.

До установки в стволе, в целях большей устойчивости, вертикальная рама подъемника была укреплена двумя подпорными швеллерами № 14 и наклонной лестницей, а опорная площадка предохранена от возможного опрокидывания стальными уголками. Вес подъемника составлял около 1 т.

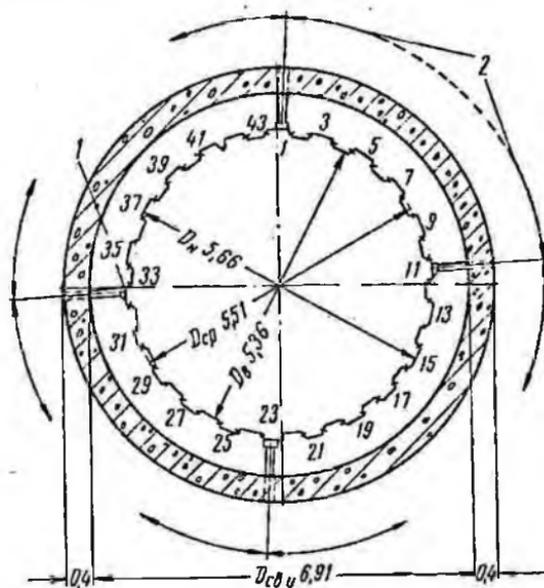


Рис. 33. Схема установки в клетевом стволе четырех направляющих шпунтин и порядок погружения их в ограждение:

1 — направляющие шпунтины, закрепленные на упорах из крепи устья, 2 — порядок погружения шпунтин в каждом секторе (между двумя направляющими)

Кнопочное управление подъемником в первый период работы находилось на поверхности у ствола, а затем в стволе (на полке шаблона).

Ввиду несложности монтажа и демонтажа подъемника следует его применять в устьях стволов для подъема рабочих к месту установки и закрепления вибропогружателя на шпунтине.

В стволах шахты «Марьинская» был испытан подмыв по трубам диаметром $\frac{3}{4}$ " , приваренным вдоль замков шпунтин с внешней стороны ограждения, что позволило сократить сменный состав бригады на 2 человека и значительно облегчило все работы по подмыву шпунтин и размыву пород.

После закрепления вибропогружателя на шпунтине два проходчика в стволе подключали два шланга от насоса ЗИФ-200/40 к трубам, давали сигнал на поверхность земли о включении насоса и вибропогружателя, а затем следили за подмывом, работой вибропогружателя и погружением шпунтины. Подмыв с внешней стороны ограждения был применен для уменьшения внешнего трения шпунтины о породу и их отклонения внутрь ствола, а значит, уменьшения заклинивания шпунтины и обеспечения большей глубины погружения.

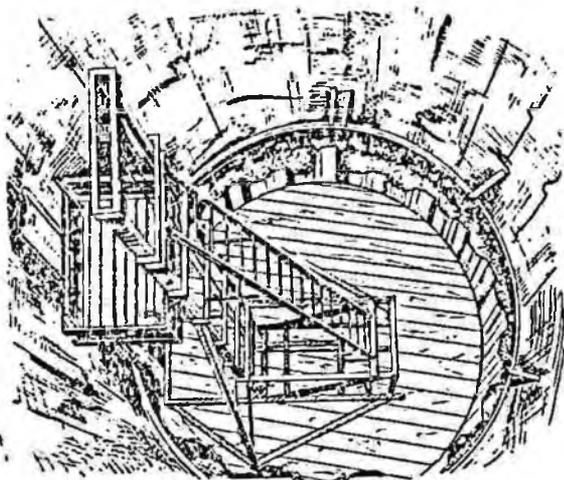


Рис. 34. Подъемник Т-37, приспособленный в стволе для производства работ по закреплению вибратора на шпунтине

На клетевом и скиповом стволах во время подмыва шпунтин были случаи разрыва резиноканевых рукавов (внутренний диаметр 25 мм, ГОСТ 71—55) при давлении воды более 10 *ати*. Поэтому при напоре воды 8—20 *ати* необходимо применять высоконапорные рукава. Во время подмыва надо следить за тем, чтобы трубки при погружении не забивались снизу глинистой породой и галькой, что наблюдалось при небольшом напоре воды (до 1,5—2 *ати*) и быстром погружении шпунтин.

При забивке труб поднимали шпунтину на высоту 1 м и напорной струей воды удаляли породу из труб. В отдельных случаях шпунтины полностью извлекали из пльвуна (при глубине их погружения до 7 м) и прочищали трубы снизу.

Применение для подмыва насоса ЗИФ-200/40 с напором воды от 5 *ати* (при глубине погружения шпунтин 4—8 м) и до 20 *ати* (при глубине погружения 9—15 м), а также организа-

ция работ по подмыву при помощи трубок диаметром $\frac{3}{4}$ " приваренных с внешней стороны ограждения (вдоль замков -- в местах наибольшего лобового сопротивления пород) оказалась технически целесообразными и поэтому указанное оборудование и технологию работ следует в дальнейшем применять.

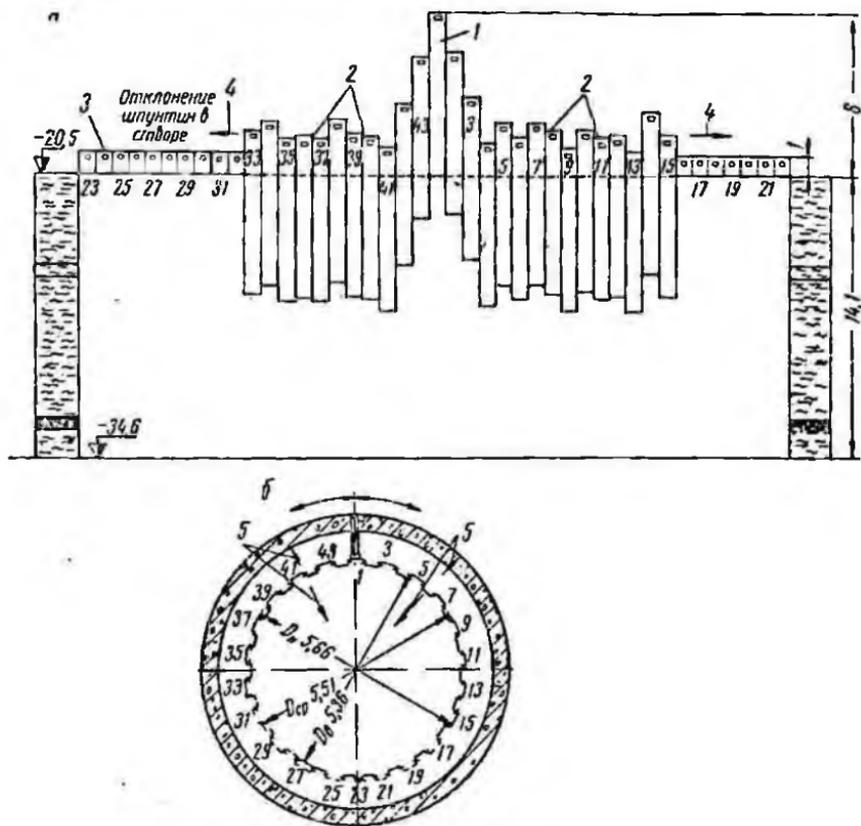


Рис. 35. Схема погружения шпунтин последовательным способом при разомкнутом контуре ограждения в клетевом стволе:

а — развертка шпунтового цилиндра, *б* — порядок погружения шпунтин: 1 — направляющая шпунтина, 2 — основные шпунтины, 3 — короткие шпунтины эталонного кольца, 4 — направление отклонения шпунтин в створе, 5 — направление отклонения шпунтин по радиусу от ствола

Погружение шпунтин в клетевом стволе вначале осуществляли в незамкнутом контуре, т. е. последовательно каждую шпунтину погружали на всю глубину непосредственно вслед за установкой (рис. 35). Погружение производили последовательно на 2—4 м и по 6 м в зависимости от того, как это позво-

ляла двухметровая вставка наголовника вибропогружателя. Установка велась в порядке чередования с каждой стороны направляющей. Подмыв шпунтин применялся с глубины 3 м.

В течение 5 дней было собрано и погружено 25 шпунтин. Общая глубина погружения составляла 139 м с затратой чистого времени на погружение 52,2 мин. При этом механическая скорость составила 160 м/час; техническая — 91 м/сутки; коммерческая — 25,8 м/сутки. Полезное время работы составило только 30,7%, а остальное время заняли простои и перерывы по разным причинам.

Достигнутые при этом механические, технические и коммерческие скорости, показатели которых приведены в табл. 7, в 10; 2 и 1,2 раза больше соответствующих скоростей погружения шпунтин замкнутым контуром на шахте № 1 «Центральная».

Таблица 7

№ шпунтин (см. рис. 35)	Глубина погружения, м	Чистое время погружения, мин	Отклонения			
			по окружности контура		по радиусу ствола	
			см	%	см	%
1	—	—	—	—	—	—
2	2	0,7	0,3	0,04	0,03	0,04
3	4,2	1,9	0,7	0,09	0,7	0,09
4	6,4	0,9	1,2	1,15	1,12	0,14
5	5,5	1	1,7	0,2	1,17	0,15
6	6,2	1,2	4,3	0,5	2,2	0,3
7	5,5	1,3	7	0,9	2,6	0,3
8	5,9	1	12	1,5	3,1	0,4
9	6,7	0,8	18	2,3	3,7	0,46
10	5,7	1,2	25	3	4,1	0,5
11	6,1	3	32	4	4,6	0,6
12	6	2	40	5	5,2	0,7
13	6,9	7	40	5	5,8	0,7
14	5	4,7	40	5	6,3	0,8
15	6	3,6	50	6,2	7	0,9
43	5,9	3,7	0,3	0,04	0,4	0,05
42	5,5	2	0,6	0,08	1,3	0,16
41	6,2	3,6	1,2	0,15	3,2	0,4
40	6,2	2,8	1,8	0,2	3,5	0,4
39	6,3	2,7	4,9	0,6	3,7	0,5
38	5,3	1,2	8	1	4,5	0,6
37	6	1,2	11	1,5	5,1	0,65
36	6,2	1,3	17	2,1	6	0,8
35	6,8	1,2	24	3	6,8	0,85
34	4,5	1,2	31	4	7,5	0,9
33	2	1	38	4,7	8	1

Однако, наряду с преимуществом последовательного способа погружения, обнаружился и его недостаток — значительная веерность концов шпунтин в двух плоскостях. Отклонению

шпунтин от вертикали способствовали: зазоры в замковых соединениях (на 2—3 мм), применение одностороннего подмыва и неодинаковые условия погружения замков каждой шпунтины, отсутствие специальных направляющих. Приваренные к шаблону (в двух местах по его высоте) короткие шпунтины эталонного кольца высотой 1 м не ликвидировали отклонения.

Дальнейшее погружение шпунтин последовательным способом было прекращено, так как на глубине 15 м отклонения концов шпунтин могли достигнуть порядка 1% (по радиусу) и 6,2% (в створе) или соответственно 16—100 см, что привело бы к недопустимому сужению или искривлению ствола.

После маркшейдерской проверки 20 шпунтин, из 26 погруженных, были извлечены в течение двух смен. Для этого вибропогружатель включался на забивку шпунтины на 10—15 см, производился подмыв, а затем краном-экскаватором поднимали шпунтину. Усилие на лебедке экскаватора во время срыва шпунтины с места при вылете стрелы 6 м достигало 10 т. Среднее время извлечения одной шпунтины с глубины 5—6 м составило 3 мин (без подготовительно-заключительных операций).

Дальнейшее погружение шпунтин было решено производить небольшими заходками (по 0,5—1 м) в замкнутом контуре, для чего вместо ранее монтируемых (на шахтах «Селидовская» и «Центральная») внутренних и внешних шаблонов были установлены в устье ствола 4 направляющие шпунтины по диаметрально противоположным местам ограждения (см. рис. 33). Первый внутренний шаблон высотой 1 м (эталонное кольцо) оставался во всех случаях погружения шпунтин. Дальнейшее погружение шпунтин I и II ярусов на общую глубину 15—16 м подтвердило целесообразность использования направляющих шпунтин. Эти шпунтины крепились жестко по вертикали при помощи упоров из крепи, по аналогии с первой шпунтиной.

В секторах производились набор и погружение шпунтин I яруса высотой 7,5—8 м; для уменьшения веерности в каждом секторе шпунтины погружали в двух встречных направлениях от направляющих к середине сектора.

После погружения всех шпунтин в секторах на глубину 1,5—2 м погружались на такую же глубину и направляющие шпунтины.

До глубины 3—4 м шпунтины погружали без подмыва, а затем с подмывом. На глубине 4,5 м виброзондированием был обнаружен пласт каолиновой белой глины мощностью 0,5 м, где подмыв пород был особо необходим. Шаг погружения шпунтин равнялся 0,5—1 м.

Первый ярус из 43 шпунтин высотой 7,5—8 м был погружен на 6 м за 6,5 дней (рис. 36) с оставленным гребнем между соседними шпунтинами на высоту 0,5—1,0 м (для наращивания

шпунтны второго яруса). Шпунтины погружали до шаблона (высотой 1 м), который не демонтировался до окончания погружения всех шпунтин на глубину 14—15 м.

Погружение шпунтин до глубины 6 м производилось вибропогружателем ВПП-2а с электродвигателем марки МТК-58-8 мощностью 28 квт. В этот период в наличии было 2 вибратора и 3 двигателя. Во избежание перегрева двигателей время непрерывной работы вибропогружателей ограничивалось 2—3 мин. Несмотря на это, при окончании погружения шпунтин I яруса (на глубине 6 м), все 3 электродвигателя вышли из строя из-за перегрузки.

После погружения I яруса были выполнены следующие работы: подготовка 43 шпунтин к погружению во II ярусе ограждения, монтаж в устье четырех повторных направляющих шпунтин, спуск в ствол и сборка шпунтин II яруса ограждения высотой 7,5—8 м, замена трансформатора 180 квт на 320 квт и окончание монтажа постоянной шахтной подстанции, переоборудование двух вибропогружателей ВПП-2 для работы с двигателями 61 и 75 квт.

Фактические затраты времени в часах на вибропогружение шпунтин в клетевом стволе при замкнутом контуре ограждения приведены в табл. 8.

Подключение новой подстанции с трансформатором 320 квт позволило применить вибропогружатели с двигателями до 75 квт, которые потребляли пусковой ток до 900 а.

Вибропогружатель с двигателем МА-146-2/6 мощностью 61 квт прошел длительное испытание при работе с передаточным числом зацепления 1:1 (одинаковыми звездочками на двигателе и корпусе вибратора с числом зубьев 17, вместо 23 и 17). Разводка дебалансов (положение эксцентриков)

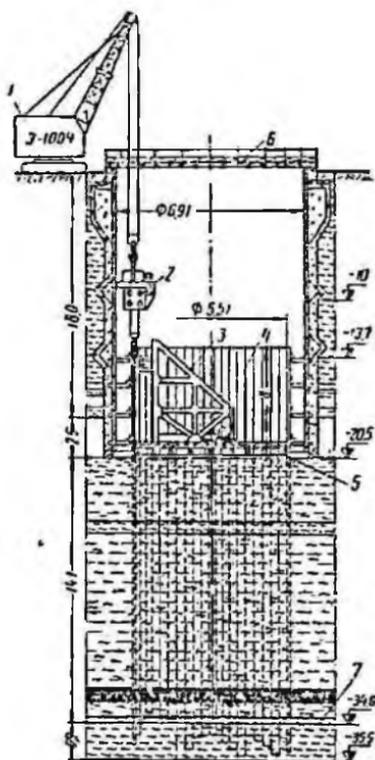


Рис. 36. Вибропогружение шпунтин в клетевом стволе:

1 — кран-экскаватор, 2 — вибропогружатель ВПП-2, 3 — подъемник Т-37, 4 — шпунтины ШК-1, 5 — внутренний шаблон с эталонным кольцом из коротких шпунтин, 6 — ограждение устья ствола, 7 — профиль водоупора

Таблица 8

Наименование работ	Сентябрь		Октябрь 1958 г.						Ноябрь 1958 г.				Итого	Про- центы	
	27	4-8	9-13	14-18	19-23	24-28	29-31	1-5	6-13	14-18	19-23	24-27			Итого
Полезная работа:															
Подготовительные работы	4,2	25,6	6,5	—	7	17,3	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Погружение шпунтин . . .	0,1	2,9	1,5	—	1,6	3,2	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—
Гидроподъём	1,2	3,8	2,2	—	2,3	5,1	3,1	—	—	—	—	—	—	—	—
Передвижка подъемника .	0,8	7	4,4	5	1,8	8,7	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—
Виброзондирование	—	—	8	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нарращивание II-го яруса шпунтин	—	—	13,7	43	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого	6,3	39,3	36,3	48	60,7	34,3	18,1	58,1	45,6	26,6	16,4	26,6	416,3	32,6	8,6
Устраненные потери:															
Перегрев двигателя вибратора	—	3,5	1,3	—	1	1,5	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Ремонт насосов	6,6	1,9	—	—	1	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Ремонт вибраторов	—	6,5	14,7	—	4	17,2	13	—	—	—	—	—	—	—	—
Обрезка и наращивание шпунтин	—	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого	6,6	11,9	16	—	6	22,7	36	42,4	36	70,8	52,8	44,1	345,3	27,3	8,6
Простои:															
Из-за отсутствия энергии	—	9,0	20	—	4	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
вibrатора	—	—	42	47	—	8,2	4	2	18	—	—	—	—	—	—
крановщиков	11,1	59,4	5,6	25	46	31,6	—	—	2,5	—	—	—	—	—	—
Разные простои	—	0,4	0,1	—	3,3	12,2	13,9	15,3	17,9	22,6	2,6	22,3	110,6	11,7	5,3
Итого	11,1	68,8	67,7	72	53,3	63	17,9	19,5	38,4	22,6	50,8	25,3	510,4	40,1	8,6
Общее время , ч	24	120	120	120	120	120	72	120	120	120	120	96	1272	100	100

вибропогружателя была произведена на 100%. Однако мощность вибропогружателя при передаточном числе 1:1 уменьшилась примерно на 35%.

В течение 5 дней в устье ствола производились электросварочные работы по наращиванию 43 шпунтин с накладками и приварке по высоте каждой шпунтины двух подмывных трубок диаметром $\frac{3}{4}$ ".

Глубина погружения шпунтин, м	Развертка шпунтового цилиндра													Дата	Погружено, м
	1	2	3	4	28	29	30	31	...	41	42	43		
От-20,5		27 IX				Погружение по числам						5X	27 IX	27 IX	19,5
2,5	7X					6X	5X	5X				7X	7X	4-10 X	22,2
5	8X	27 IX				7X	7X	7X				10 X	10 X		
7,5	25 X	24 IX	27 IX									9X	9X	22-31 X	15,4
10	5 XI	X	X			22 X		9X				24 X	24 X		
12,5	15 XI	5 XI	1 XI	24 X		28 X	31 X	31 X				3 X	2 X	1-6 XI	14,3
		27 XI										4 XI	5 XI		
		14 XI	1 XI			4 XI	4 XI	4 XI				10 XI	10 XI	10-17 XI	50,2
	26 XI	5 XI				15 XI	11 XI	26 XI	12 XI			24 XI	21 XI		
15		26 XI	27 XI		Водоупор	26 XI	18 XI	26 XI	26 XI			26 XI	26 XI	18-27 XI	16
														Всего	614,7

Рис. 37. Исполнительный график погружения шпунтин с заглублением их в водоупор

Сварка каждой шпунтины осуществлялась с двух сторон одновременно двумя квалифицированными сварщиками в течение одного часа, причем сварка не приводила к искривлению шпунтин, как это наблюдалось при односторонней сварке.

Устье ствола во время проведения всех работ и особенно электросварочных проветривалось вентиляторами «Проходка-500».

После окончания сварочных работ и осмотра качества сварки продолжали погружение шпунтин II яруса общей длиной 15—16 м одним вибропогружателем с двигателем 61 квт, при помощи которого после уменьшения числа оборотов эксцентрик

(двигатель работал без перегрева до 15 мин) закончили без ремонта погружение всех шпунтин.

Для добивки шпунтин в водоупор применили второй тяжелый вибропогружатель ВПП-2 с электродвигателем АО-94/6 мощностью 76 квт.

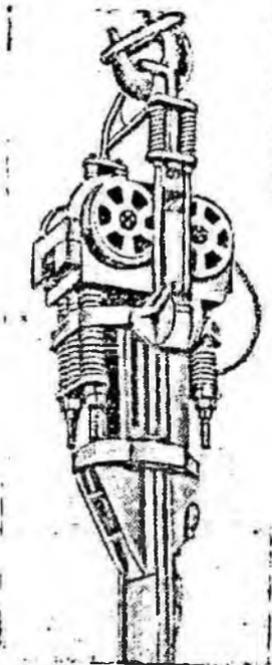


Рис. 38. Вибромолот ВМЦ-3а

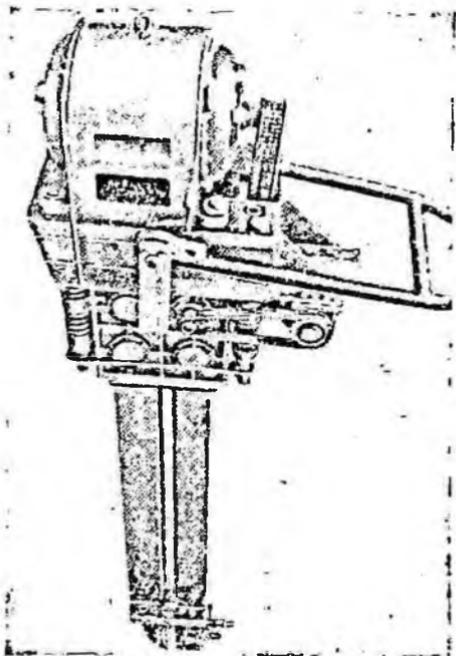


Рис. 39. Модернизированный вибропогружатель ВПП-2

На погружение шпунтин II яруса и остатка от I яруса (7+2=9 м) с заглублением в водоупор потребовалось 24 календарных дня с учетом простоев в работе по разным причинам (рис. 37).

Вибромолоты ВМЦ-3а с двигателем 2×14 квт (рис. 38) применяли на добивке шпунтин в водоупор, однако шпунтины погружались при их помощи на меньшую величину, чем при тяжелом вибропогружателе ВПП-2 с двигателем 75 квт (рис. 39).

Шаг (глубина) погружения шпунтин II яруса составлял 1—0,5 м. Подмыв пород применялся до глубины 11—12 м; при большой глубине погружения и при забитых трубках рези-

поткансовые рукава (внутренний диаметр 25 мм) не выдерживали давления свыше 15 атм.

С глубины 12—15,5 м шпунтины погружались с большим трудом из-за заклинивания в замках. Применение подмыва отдельными трубками, поднимаемыми и опускаемыми вручную, не дало положительных результатов. Двигатель вибропогружателя ВПП-2 мощностью 75 квт перегревался через каждые 2 мин работы и на охлаждение его требовалось 30—40 мин. Хронометраж показал, что в течение 9 дней вибропогружатель ВПП-2 работал в сутки только 1 ч, а 23 ч его двигатель охлаждался от перегрева.

Шпунтины ШК-1 в это время испытывали значительные напряжения, и отверстия (в верхней части шпунтин) под клин наголовника часто разрывались, после чего верхняя часть шпунтины каждый раз обрезалась на 0,23 м. С целью уточнения глубины погружения шпунтин через каждые 4—5 дней производились контрольные замеры остатка длины шпунтин.

За месяц работы было зафиксировано 89 случаев разрыва шпунтин в местах крепления их к наголовнику вибропогружателя и соответственно 89 среза верхних концов у 39 шпунтин из 43 в ограждении. После нескольких обреза шпунтину наращивали до первоначальной длины.

Однако достигнуть полного заглубления всех шпунтин не удалось: 8 шпунтин не дошли до водоупора на 0,4—1,1 м. Для ликвидации образовавшихся «окон» в шпунтовом ограждении в этих местах с внешней стороны цилиндра были погружены в течение 6 дней 9 дополнительных шпунтин последовательным способом при частично разомкнутом контуре сектора ограждения, но с двусторонним перекрытием «окон».

Для устойчивости дополнительных шпунтин и во избежание их веерности были установлены одна направляющая шпунтина (в центре сектора) и две коротких (по краям сектора); последние приваривались при помощи электросварки к шпунтинам основного ограждения.

Дополнительные шпунтины погружали с применением внутреннего подмыва во избежание отклонения их во внешнюю сторону ограждения, однако их удалось погрузить только на 8 м. После извлечения всех 9 шпунтин обнаружили, что нижние торцы их смялись от ударов о металлические накладки, приваренные в местах наращивания I и II ярусов шпунтин. Сближению шпунтин на глубине способствовал внутренний подмыв. Таким образом, способ перекрытия шпунтин путем погружения дополнительных шпунтин с внешней стороны ограждения не удался.

Во время погружения шпунтин проводились замеры скорости v погружения и расходуемой мощности w электродвига-

телями вибропогружателей. Изменение этих показателей показано на рис. 40. Сравнительные данные основных результатов и показателей погружения шпунтин приведены в табл. 9.

Таблица 9

Показатели	Шахта № 1—2 «Селидовская», шурф № 2, 1955 г.	Шахта № 1 «Центральная», ствол № 2, 1957 г.	Шахта «Марьинская»	
			калевой ствол, 1958 г.	скиповой стола, 1958— 1959 гг.
Количество погруженного шпунта, <i>т</i>	23,4	18,5	30,7	25
Глубина погружения, <i>м</i> : максимальная	11,5	5,4—6,8	13—15,37	13—15
средняя	11,4	5,8	14,3	13,87
Диаметр ограждения, <i>м</i>	3,93	6,9	5,51	4,51
Количество шпунтин в ограждении, шт.	32	55	43	35
Способ погружения шпунтин	Заходками по 0,5—1 м при замкнутом контуре ограждения			
Средняя продолжительность погружения шпунтин (чистое время) <i>мин</i> ,	58	21	68	45
Средняя глубина погружения, <i>м</i>	11,4	5,8	14,3	13,87
Средняя продолжительность подготовительно-заключительных операций на одну шпунтину, <i>мин</i>	121	83	200	189
Средняя глубина погружения, <i>м</i>	11,4	5,8	14,3	13,87
Средние скорости погружения при глубине, <i>м</i> : механическая, <i>м/час</i>	10,4	5,8	14,3	13,87
техническая, <i>м/сутки</i>	11,8	16,2	12,7	13,5
коммерческая, <i>м/сутки</i>	36	41,5	35,7	27,7
Время полезной работы, %	15,2	20	11,6	11,8
Мощность, потребляемая вибропогружателями ВПГ-2, <i>квт</i>	44	48,4	32,6	42,6
Мощность электродвигателя, <i>квт</i>	100—55	100—60	100—74	60—33,8
Мощность электродвигателя, <i>квт</i>	28	28	28—61	61—75

Из табл. 9 и рис. 40 видно, что средние механические скорости погружения (до глубины 6—7 м) в 3—4 раза больше, чем на шахте «Центральная», и в 1,5 раза больше, чем на шурфе № 2 шахты «Селидовская». Средние технические и коммерческие скорости также увеличились. Однако полученные скорости погружения в несколько раз меньше соответствующих скоростей и гидротехническом строительстве. Это объясняется большим опытом работы при значительном объеме их на Сталинградгидрострое, применением последовательного опособа, а также более

легкими условиями погружения шлунтин в прямых стенках перемычек и ячеек большого диаметра.

Основными причинами задержки работ по погружению шпунтин были: недостаточное количество вибропогружателей и ча-

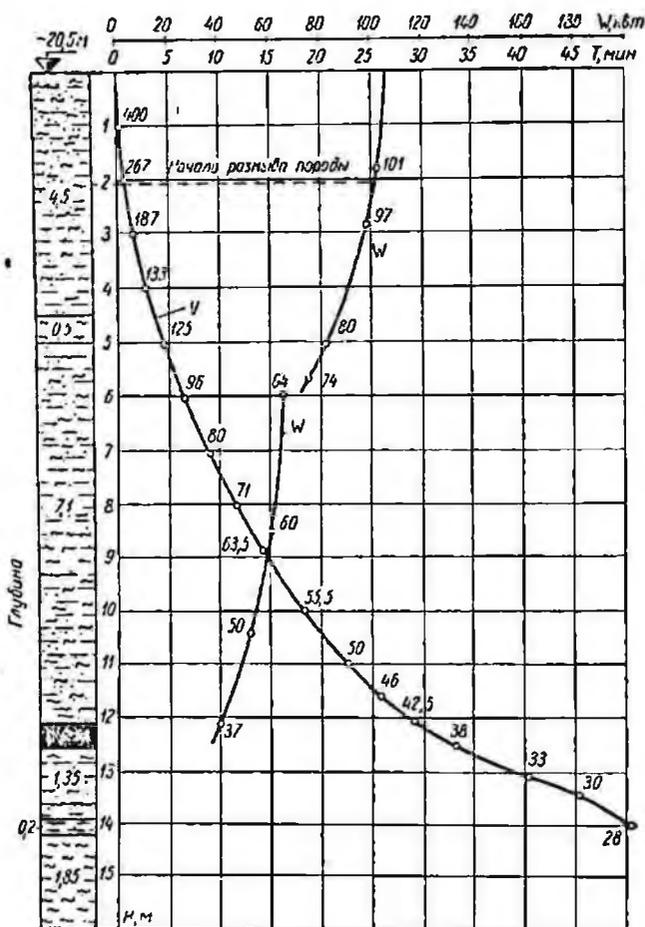


Рис. 40. Изменение скорости погружения шпунтин ШК-1 и потребляемой вибропогружателями мощности в клетевом стволе

стый их ремонт, выход из строя двигателей и цепей, перегрев двигателей, испытание новых вибропогружателей и вибромолотов, а также необходимость обучения новых проходчиков и слесарей, отсутствие достаточного количества крановщиков и

электросварщиков, заклинивание шпунтин с глубины погружения 12—13 м.

Вначале сменная бригада состояла из 7 человек, включая крановщика. С переходом на подмыв с подачей воды по приваренным к шпунтинам трубкам и с перенесением кнопочного управления вибропогружателя в забой устья ствола состав бригад сократился до 4 рабочих в смену; из них двое рабочих находились в забое устья, третий — около устья ствола обслуживал перецепку вибропогружателя, подъем или спуск в ствол электрического кабеля к нему, резиновых рукавов для подмыва, а четвертый работал крановщиком.

Погружение шпунтин в скиповом стволе. Все 36 шпунтин замкнутого контура ограждения вначале были погружены на 2,5 м вибропогружателем ВПП-2 с двигателем 61 квт при использовании тельфера для подъема. Однако ввиду поломки и ремонта поворотной платформы, а также отсутствия ручного тормоза отказались от использования тельфера и применили кран-экскаватор Э-1004.

С глубины 2,5 м производили подмыв шпунтин. Шаг погружения ограничивался 1 м за счет вставок между вибропогружателем и наголовником длиной по 1 м. В остальном организация работ по погружению, наращиванию и подмыву шпунтин была аналогична применяемой на клетевом стволе.

Первый ярус из 36 шпунтин высотой 8 м был погружен на глубину 5—6 м в течение 6 дней (рис. 41).

Наращивание шпунтин второго яруса высотой 7,5 м и приварка в стволе подмывных трубок были выполнены за 6 дней при одновременной работе двух электросварщиков в смену.

На окончание погружения шпунтин с глубины 5—6 м до 13—14—15 м было затрачено 30 дней, в том числе на погружение шпунтин с глубины 12 м до 14—15 м, как и в клетевом

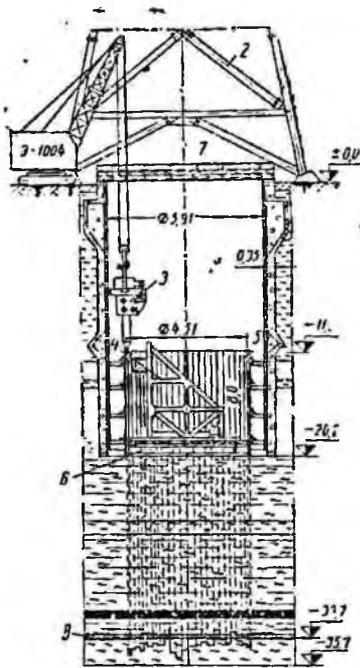


Рис. 41. Вибропогружение шпунтин в скиповом стволе:

1 — кран-экскаватор, 2 — проходческий копер, 3 — вибропогружатель ВПП-2, 4 — подвешик Т-37, 5 — шпунтины ШК-1, 6 — внутренний шплон с сталонным кольцом из коротких шпунтин, 7 — ограждение устья ствола, 8 — профиль водоупора

стволе, потребовалось 40% общего времени. Всего погружено на скиповом стволе 500 м шпунта.

Отсюда видно, что погружение шпунтин замкнутым контуром диаметром 4,5—5,5 м целесообразно осуществлять одним посадом только до глубины 12 м ввиду дальнейшего заклинивания их между собой в замках. При большей глубине следует испытать погружение второго посада замкнутым контуром (внутри первого, после проходки ствола на 75% длины погруженных шпунтин) или испытать погружение шпунтин последовательным способом при разомкнутом контуре и замыкании ограждения внахлестку по 5—6 шпунтин с каждой стороны.

Экспериментальными и производственными исследованиями, проведенными на 5 стволах шахт, были определены расход и напор воды для подмыва на одну шпунтину, диаметры подмывных труб и насадок к ним (табл. 10).

Таблица 10

Порода	Глубина погружения шпунта, м	Напор нагнетаемой воды (по манометру на насосе), атм	Расход воды для подмыва, л/мин	Количество подмывных труб, шт.	Диаметр труб, мм	Диаметр насадок, мм
Водоносные пески (плывуны)	До 5	3—5	60—100	2	25	6
	5—10	8—12	90—120	4	25	6—8
	10—15	12—20	120—140	4	37	8—12
Гравелистые и глинистые пески	До 8	10—12	90—120	2—4	25—37	8—12

Для двухтрубных шпунтин необходимы цельнотянутые трубы диаметром 26 мм или лучше 34 мм с толщиной стенок 6—8 мм. Диаметры насадок остаются аналогичными приведенным в табл. 10.

В скиповом стволе так же, как и в клетевом не удалось достигнуть полного перекрытия 13,5 м пловуна с заглублением всех шпунтин в водоупор: из 36 шпунтин 28 погружены в водоупор на 0,2—1,5 м, а 8 шпунтин не дошли до водоупора на 0,2—0,5—0,9 м (см. рис. 41); нагрузка последних гидравлическими 200-тонными домкратами не дала положительных результатов.

Как мы видим (см. табл. 9 и рис. 40 и 42) зависимость изменения скорости v погружения шпунтин с глубиной остается закономерно постоянной и ее можно выразить формулой

$$v = a + \frac{b}{t + c}$$

где a и b — переменные гиперболической функции;
 t — время погружения;
 c — свободный член.

Проведенные испытания и наблюдения позволили сделать ряд выводов:

1. Погружение шпунтин ШК-1 одним посадом и в замкнутом контуре целесообразно производить до глубины 12 м. Шпунтины длиной 12—15 м следует применять без сварки их в стык.

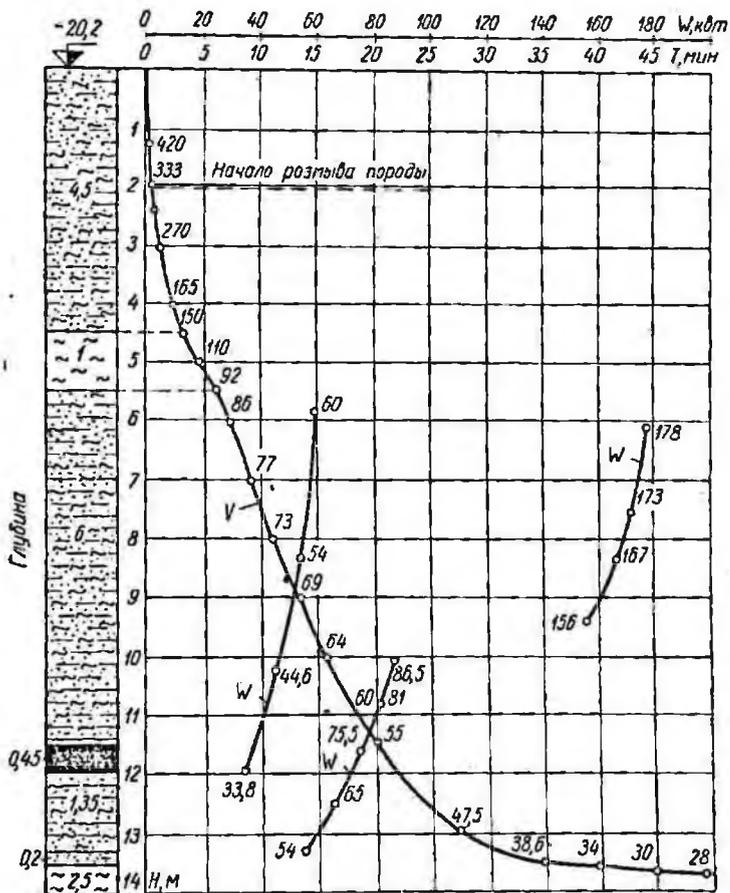


Рис. 42. Изменение скорости погружения шпунтин ШК-1 и потребляемой вибропогружателями мощности в скиповом стволе

2. Тельферную установку испытанной конструкции можно рекомендовать к внедрению для погружения шпунтин вибропогружателем ВПП-2 с учетом усиления катучих опор или замены их на скользящие ползуны, усиления конструкций в местах крепления тельфера, увеличения жесткости монорейса,

устройства ножного или ручного тормоза на тельфере вместо электромагнитных дисковых.

Обслуживание тельферной установки проще и дешевле, чем эксплуатация крана-экскаватора Э-1004. Управлять тельфером при помощи кнопочного устройства может слесарь или машинист подъема, а для обслуживания экскаватора требуются машинист и смазчик. Стоимость экскаватора Э-1004 примерно в 6 раз превышает стоимость тельфера ТМ-1001.

3. Вибромолот ВМЦ-3а можно рекомендовать для погружения труб и шпунтин при условии некоторых конструктивных доработок.

Для извлечения шпунтин и труб при помощи вибромолота необходимо применять амортизационные подвески или переоборудовать вибромолот ВМЦ-3а таким образом, чтобы его боек мог работать вверх.

4. Погружение шпунтин заходками по 0,5—1 м при замкнутом контуре ограждения обеспечивает герметичность ограждения и повышает продольную устойчивость шпунтин, что позволяет заглубить все шпунтины до проектной отметки в водоупор.

Однако скорость погружения при этом мала, ввиду небольшого шага (заходки) погружения, частых перестановок вибратора и наличия значительных напряжений в замках шпунтин при окончании погружения ограждения. Эти напряжения возникают при заклинивании шпунтин в результате изгиба шпунтин в ту или в другую сторону (чаще всего внутрь ствола), а также сужения всего ограждения в конце погружения вследствие превышения внешнего давления пород над внутренним и небольшого диаметра (4—6 м) замкнутого ограждения.

При этом нижние концы шпунтин стремятся раздаться по окружности ограждения, а его замкнутая и постепенно суживающаяся форма оказывает этому перемещению значительное препятствие. Величина трения в замках превышает примерно в 10 раз внешнее трение шпунтин о породы.

5. Для уменьшения трения в замках и устранения заклинивания шпунтин необходимо обеспечить вертикальность погружения шпунтин при помощи следующих мер, проверенных на шахтах «Центральная» и «Марьинская»:

а) вертикальной установки шаблонов;

б) применения гибких направляющих при работе вибропогружателя на шпунтине, что уменьшает количество поломок верхней части шпунта при погружении (в местах закрепления наголовника вибропогружателя на шпунтине), изгибе и отклонении шпунта, увеличивая скорость погружения и обеспечивая удобство работ;

в) центрального размыва пород и равномерного подмыва шпунтин с двух сторон;

г) применения шага (заходки) погружения в пределах

0,5—1 м с чередованием забивки шпунтин по часовой и против часовой стрелки, или по диаметрально противоположным местам ограждения;

д) удаления попавшей породы в замковые соединения путем вымыва их водой через боковые отверстия трубчатых замков двухтрубных шпунтин;

е) применения более жесткой конструкции профилей шпунтин.

6. Все работы по монтажу шаблонов, подъемников, вибропогружателей (или вибромолотов), сборке и погружению шпунтин должны проводиться под руководством опытного лица — сменного инженера или мастера. При спуске шаблонов (в сборе) в ствол нахождение рабочих в нем не допускается.

7. При разрыве верха шпунтины в месте закрепления вибропогружателя немедленно должен выключаться вибропогружатель, а крановщику должен подаваться сигнал «Стоп».

8. Во избежание разрыва резиноканевых рукавов при забивании подмывных трубок породой на насосе ЗИФ-200/40 должна быть устроена разгрузка для нагнетаемой воды.

Проходка и крепление участков стволов в плывунах под защитой шпунтовых ограждений. После окончания погружения шпунтин в клетевом стволе приступили к выемке плывуна в шпунтовом ограждении, приняв меры по предотвращению прорыва плывуна на контакте шпунтин с водоупором. В связи с тем, что 8 шпунтин не дошли до водоупора на 0,4—1,1 м, решено было после проходки 8—10 м ствола в плывунах погрузить из забоя (с внутренней стороны ограждения) дополнительные короткие шпунтины в местах незаглубления основных шпунтин в водоупор.

Уборка породы производилась вручную в бадьи емкостью 0,75 м³, бадьи подымались краном-экскаватором Э-1004. Рабочие в ствол опускались по металлической лестнице с ограждением.

При выемке породы на высоту первого яруса шпунтин (7,5 м) устанавливали раскрепляющие кольца из швеллера № 24а на подвесках через 1 м с тщательной расклинкой их о каждую шпунтину. В целях большей устойчивости ограждения и раскрепляющих колец их приваривали в 8—10 местах контура по высоте шпунтин. Однако шпунтины, которые не были заглублены в водоупор, к этим кольцам не приваривались; в местах, где не дошли шпунтины предусматривалось погружать в водоупор с внутренней стороны ограждения дополнительные короткие шпунтины, которые должны были заводиться между основными шпунтинами и раскрепляющими кольцами и погружаться домкратами или вибратором с длинной вставкой.

При выемке породы в нижнем ярусе погруженных шпунтин устанавливали раскрепляющие кольца через 0,7 м, причем каждое последующее кольцо собирали заранее на забое (ниже

подвешенного на 10—15 см) и опускали по мере выемки породы на свою отметку с передвижкой клиньев, что препятствовало в известной степени сужению шпунтового цилиндра и отклонению шпунтин во время проходки.

С целью определения напора пльвуна, наличия «окоп» и рельефа водоупора проходка велась с опережающим колодезем и разведкой из забоя.

Во время проходки было обнаружено, что одна из шпунтин (№ 17) с глубины погружения 4,5 м вышла из замкового соединения с соседней шпунтиной (№ 18) и на глубине погружения 9 м (отметка —29,5 м) имела разрыв в замке до 10 см.

Причины выхода из замкового соединения этих шпунтин сводятся к следующим:

1) кривизна замков больше допустимой по ГОСТ 4781—55, что наблюдалось у большинства шпунтин ШК-1;

2) перенапряжение металла замков шпунтин при длительном погружении их до глубины 15 м при помощи тяжелых вибропогружателей ВПП-2;

3) меньшая прочность замковых соединений шпунта ШК-1 по сравнению с ШП-1 при работе на растяжение;

4) подмыв шпунтин с внешней стороны ограждения стремится отклонить шпунтины в сторону подмыва;

5) отклонение от вертикали смежных шпунтин (№ 16 и 18) I яруса, из-за чего замки шпунтины № 17, как замыкающей, работали на растяжение при стягивании соседних шпунтин ограждения (клин вниз). Влияние сварки шпунтин I и II ярусов в данном случае исключается, так как разрыв в замке произошел еще при погружении I яруса (с глубины 4,5 м погружения); эта неполадка обусловлена качеством изготовления шпунтин ШК-1 и слабой конструкцией замков и, понятно, не характеризует всего способа шпунтовых ограждений, погружаемых виброметодом.

Наблюдениями было установлено, что пльвун уплотнился на расстоянии 1 м от всех шпунтин внутрь ствола (по окружности) и весовая влажность его уменьшилась на 4,8%. Виброуплотнение пльвуна происходило, очевидно, при окончании погружения шпунтин в водоупор и их заклинивания между собой в замках, когда при погружении одной шпунтины начинаются вертикальные и поперечные колебания сектора из 5—8 шпунтин с величиной амплитуды 1—3 мм (по данным виброграмм). Это уплотнение позволило осуществить проходку 8 м ствола в пльвунах и крепление железобетоном в шпунтовом ограждении (с отметки —20,5 м и до отметки —28,5 м), несмотря на разрыв замка.

Шпунтовой цилиндр был вертикален и отклонений шпунтин внутрь ствола в пройденной части не обнаружено.

Течи воды и выноса песка через замки шпунтин, а также через разрыв замков у шпунтин № 17 и 18 не наблюдалось. Однако наблюдалось просачивание воды через щель в 1—2 мм в количестве 0,1 м³ в час. Сварные швы шпунтин оказались в хорошем состоянии, кроме шпунтины № 1, сварной шов которой лопнул еще во время погружения.

При дальнейшей углубке ствола на 1,5 м появились вода с притоком 2 м³ в час и вынос напорного плывуна со стороны забоя у шпунтины № 17. Дальнейшую проходку было затруд-

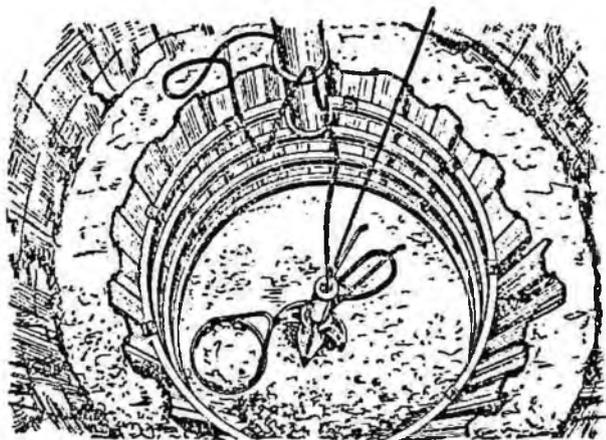


Рис. 43. Проходка скипового ствола в пlyingуне под защитой шпунтового ограждения

нительно вести даже с погружением дополнительных коротких шпунтин, поэтому было решено после заделки шва у шпунтин № 17 и 18, бетонирования забоя и 8,1 м ствола пройти оставшиеся 6 м пlyingуна способом замораживания породы из забоя ствола. В течение 9 дней из забоя устья при помощи вибропогружателя ВПП-2 были погружены в пlyingун 24 замораживающие колонки и заглублены в водоупор на 1,5—1,7 м.

В скиповом стволе было пройдено 9,7 м по пlyingунам с временной крепью в виде распорных колец из швеллера № 20а, устанавливаемых через 1 м и раскрепляемых таким же образом, как в клетевом стволе. Породу (пlyingун) убрали пневматическим грузчиком БЧ-1 и грузили в бадей емкостью 0,75 м³ (рис. 43); подъем бадей производился машиной 2БМ³⁰⁰⁰/₁₅₀₀-2.

В смену в забое работали 3—4 опытных проходчика, которые обеспечивали проходку ствола со скоростью 4,8 м/сутки и возведение железобетонной крепи 3 м/сутки.

Фактически геологический разрез пород стволов в пройденной части полностью соответствовал результатам зондирования при помощи вибропогружателей ВПП-2а и ВПП-2, произведенного до начала и в процессе погружения шпунтин.

Дальнейшие работы на шахте «Марьинская» временно прекращены.

Технико-экономические показатели и их анализ. Сводный исполнительный график работ (рис. 44) и баланс фактических затрат времени на погружение шпунтин (см. табл. 8 и 9) показывают, что на полезную работу затрачивалось 32,6—42,6%, всего времени работы, а остальное время приходилось на простой и перерывы в работе из-за технических неполадок, которые в значительной мере устранимы и не характеризуют способа проходки. При нормальной организации работ и устранении простоев можно добиться следующих показателей, приведенных в табл. 11.

Таблица 11

Наименование работ	Скиповой ствол		Клетевой ствол	
	фактически затрачено, суток	при нормальной организации работ (без простоев), суток	фактически затрачено, суток	при нормальной организации работ (без простоев), суток
Проходка устья глубиной 20 м	60	20	50	27
Подготовка к вибропогружению шпунтин . .	23	12	23	12
	Дополнительно после проходки устья	Одновременно с проходкой устья	Дополнительно после проходки устья	Одновременно с проходкой устья
Вибропогружение шпунтин на глубину 12,4 м . . .	32	13,9	34	12,5
Проходка и крепление в шпунтовом ограждении	5	5	13	8,5
Общая продолжительность всех работ при погружении шпунтин:				
на глубину 12,4 м . . .	120	40,9	120	48
на глубину 13—15 м . .	131	45	139	52,8

Таким образом, фактически затраченное время на полезные работы соответствует продолжительности работ по проектам.

Для сравнения продолжительности и стоимости работ по проходке участков стволов в пловуах при помощи шпунтового ограждения и кессонным способом в табл. 12 приведены соответствующие проектные и фактические показатели. Продолжительность работ кессонным способом определена по укрупнен-

ным фактическим показателям по времени полезной работы. Продолжительность проходки устьев обычным способом на глубину 20 м (22 и 27 суток) в обоих случаях принята согласно проектам.

На основе дачных табл. 12 можно установить, что участок клетевого ствола в плывунах пройден на глубину 8,1 м за 25,8 суток, вместо 83, требующихся при кессонном способе; участок скипового ствола в плывунах пройден на глубину 9,7 м за 23 суток, вместо 78, необходимых при кессонном способе. Таким образом, проходка стволов в плывунах мощностью до 10 м осуществляется при помощи шпунтовых ограждений в 2—3 раза быстрее, чем кессонным способом.

Общая сметная стоимость проходки устьев двух участков стволов в плывунах на общую глубину по 35 м составила по проекту УкрНИИОМШС 946,9 тыс. руб., в том числе по скиповому стволу — 412 тыс. руб. Фактическая себестоимость выразилась в сумме 757,21 тыс. руб.

Фактическая стоимость 1 м ствола, пройденного в плывунах при помощи шпунтового ограждения, почти не отличается от сметной и примерно на 5 тыс. руб. меньше, чем стоимость при кессонном способе проходки.

Сметная стоимость 1 м ствола, пройденного под защитой шпунтового ограждения, состоит из затрат на погружение шпунтин (с учетом стоимости металлического шпунта) равных 11,1—13,7 тыс. руб. и расходов на проходку и крепление ствола обычным способом в шпунтовом цилиндре, равных 4—7 тыс. руб.

Организация работ по выемке плывуна при помощи пневмопогрузчика БЧ-1 и креплению ствола железобетоном в шпунтовом ограждении характеризуется такой же простотой, как при обычном способе проходки и может обеспечить ее скорость до 58,5 м/мес.

Стоимость проходческих работ не превышает 4 тыс. руб. на 1 м ствола (при 12,4 м погружения шпунтин). Главной статьей расходов является стоимость вибропогружения шпунтин малыми заходками (0,5—1 м) при замкнутом контуре ограждения с оставлением шпунта за крепью ствола. Таким образом, снижение стоимости этого способа проходки стволов в плывунах необходимо обеспечить за счет усовершенствования работ по вибропогружению шпунтин.

На основании результатов проведенных испытаний и внедрения технологии погружения шпунтин и организации работ, можно ожидать удешевления работ по погружению шпунтового ограждения на 50% за счет:

а) центрального размыва пород и подмыва шпунтин (вдоль оси замковых соединений) или подмыва при помощи трубок, приваренных вдоль шпунтин с внешней стороны ограждения, примерно — на 5%;

Таблица 12

Технико-экономические показатели	Скиповой ствол		Клетевой ствол	
	по проекту	фактически (по времени полезной работы)	по проекту	фактически (по времени полезной работы)
А. Проходка с применением шпунтового ограждения				
Проходка устья обычным способом с креплением железобетоном на глубину 20 м при диаметрах в свету скипового ствола 5,91 м и клетевого 6,91 м:				
продолжительность, суток	22	45	27	37,5
скорость, м/месяц	28	13,3	22,6	16
стоимость 1 м, тыс. руб.	9,03	6,6	10,87	7,92
Вибропогружение шпунтин:				
средняя глубина погружения, м	12,4	13,87	12,4	14,3
диаметр шпунтового ограждения, м . . .	4,51	4,51	5,51	5,51
расход металлического шпунта, т	34	25,9	41	31,9
Время погружения всех шпунтин при замкнутом контуре:				
на глубину 12,4 м, суток	13,7	13,9	15	12,5
на среднюю глубину 13,87 м и 14,3 м, суток	—	18	—	17,3
время погружения всех шпунтин при незамкнутом контуре ограждения, суток .	3,65	—	4,2	—
Стоимость металлического ограждения на 1 м ствола, тыс. руб.				
без учета погружения	1,6	1,6	1,91	1,91
с учетом погружения	11,1	11,1	13,7	13,7
Проходка и крепление ствола в плавуне под защитой шпунтового ограждения с отметки — 20 м при диаметрах в свету 3,5 м (скиповой) и 4,5 м (клетевой)				
глубина проходки и крепления, м	12,4	9,7	12,4	8,1
продолжительность, суток	10,2	5	12,35	8,5
скорость проходки, м/месяц	16,9	58,5	15,2	28,6
стоимость 1 м проходки (с учетом стоимости погружения шпунта в плавун на 12,4 м и оставления шпунта за крепью ствола), тыс. руб.	15,1	15,4	20,7	21
Общая продолжительность проходки устья и участка ствола в плавуне, суток				
Средняя скорость проходки, м/месяц	46,5	40,9	55	48
Средняя стоимость проходки и крепления 1 м устья и ствола, тыс. руб.	22,6	22	19,1	17,8
Средняя стоимость проходки и крепления 1 м устья и ствола, тыс. руб.	11,6	11,2	15	14,8
Б. Проходка под сжатым воздухом				
Проходка устья обычным способом с креплением железобетоном на глубину 20 м				
диаметр устья в свету, м	3,5	3,5	4,5	4,5
продолжительность, суток	22	45	27	37,5
сметная стоимость 1 м, тыс. руб.	13,2	—	16,9	1

Продолжение таблицы 12

Технико-экономические показатели	Скиповой ствола		Клетевой ствола	
	по проск-ту	фактически (по времени полевой работы)	по проск-ту	фактически (по времени полевой работы)
Сооружение компрессорной, лечебного шлюза, медпункта, двойной линии сжатого воздуха и электроэнергии, суток			Одновременно с проходкой устья	
Сооружение в стволе неподвижного потолка из железобетона, суток	10	10	10	10
Выдерживание железобетонной крепи, суток	15	15	15	15
Монтаж шлюзового аппарата, суток	15	15	15	15
Проходка и крепление ствола в плывуне под сжатым воздухом				
глубина проходки и крепления, м	15	9,7	15	8,1
продолжительность крепления, суток	25	16,1	30	16
сметная стоимость 1 м крепления, тыс. руб.	20,42	—	26,3	—
Демонтаж шлюзового аппарата и разборка железобетонного неподвижного потолка в стволе, линии сжатого воздуха, суток	7	7	7	7
Тампонаж закрепного пространства на глубину проходки (с монтажом и демонтажом оборудования), суток	6	6	6	6
Общая продолжительность проходки устья и участка ствола, суток	100	114,1	110	106,5
Средняя скорость проходки, м/месяц	15	7,85	9,55	8,1
Средняя сметная стоимость 1 м устья и участка ствола, тыс. руб.	16,3	—	20,9	—

б) кнопочного управления по пуску и остановке работы вибропогружателя на шпунтине из забоя ствола, подачи сигналов крановщику экскаватора из ствола по отдельному электрическому кабелю — на 8%;

в) быстроразъемного клинового зажима шпунтины в наголовнике вибропогружателя — на 8%;

г) применения подъемника Т-37 и гибких направляющих на вибропогружателе порядка 15%;

д) виброизвлечения шпунта после проходки и крепления ствола — на 3%;

е) сокращения числа рабочих до 4 человек вместо 6 человек — на 11%.

Кроме того, эти мероприятия сокращают подготовительно-заключительные операции при погружении шпунтин и увеличивают производительность труда рабочих.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенных работ на 5 стволах шахт позволяют сделать ряд выводов и рекомендаций.

1. Способ вибропогружения шпунтовых ограждений замкну-

тым контуром рационально применять для проходки устьев и участков стволов шахт в неустойчивых породах (плывунах) мощностью до 12 м и залегающих от поверхности земли на глубине до 30 м.

Этот способ обеспечивает повышение скорости проходки в 2—3 раза и снижение стоимости работ на 25—77% по сравнению с кессонным способом.

2. Проходка пльвуна под защитой шпунтового ограждения, погружаемого вибрированием, характеризуется простотой организации работ и несложным оборудованием, а поэтому может быть применена всеми шахтостроительными организациями.

Целесообразно дальнейшее усовершенствование указанного способа в целях достижения более высоких технико-экономических показателей проходки пластов пльвуна мощностью до 15 м.

3. Во избежание смещения ограждения и оси ствола во время погружения шпунта необходимо устанавливать в устье 4 направляющие шпунтины (жестко закрепленные на упорах из крепи устья) по диаметрально противоположным местам ограждения или внутренние и внешние шаблоны на всю высоту ограждения. Конструкция направляющих должна обеспечивать достаточную жесткость, максимально возможную простоту устройства, легкость монтажа, демонтажа и перестановки направляющих при погружении шпунта. Переносные шаблоны для уменьшения их веса следует делать в 2—3 яруса по высоте.

Сварка и сболчивание отдельных элементов направляющих должны производиться особо тщательно, ввиду воздействия вибрации на элементы шаблонов в процессе погружения шпунта.

4. Ограждения из шпунтин типа ШК-1 более жестки и устойчивы и погружаются на большую глубину, чем из шпунтин ШП-1. Целесообразно применять на шпунтинах ШК-1 замок шпунтин ШП-1, одинаковый по форме, но более прочный при работе на растяжение. Для ограждения высотой до 15 м, как правило, надо принимать шпунтины полной длины, т. е. без их наращивания. В тех случаях, когда по условиям работы требуется шпунтины наращивать, необходимо соблюдение следующих требований (СНиП):

а) стыкование осуществлять на высоте 1—1,5 м от забоя устья;

б) располагать стыки смежных наращенных шпунтин на расстоянии не менее 1 м по высоте, т. е. стыковать шпунтины в замкнутом контуре гребнем высотой 1 м;

в) для электросварки применять качественные электроды, а для усиления шва — вертикальные накладки из прутков диаметром 16—20 мм по 3 с каждой стороны шпунтины и длиной прутка 0,5 м. Сварка в стык должна производиться двумя

сварщиками, одновременно работающими с обеих сторон ограждения (шпунтины).

В процессе погружения связь шпунтины с вибропогружателем должна быть жесткой и неизменной. Закрепление шпунтины в наголовнике следует выполнять особо тщательно, так как устранение в процессе погружения недостатков крепления при работе на значительной высоте очень затруднительно и снижает производительность труда.

Порядок погружения шпунтин при замкнутом контуре принимается по диаметрально противоположным местам ограждения или в двух встречных направлениях в секторах (при 4 жестко закрепленных направляющих) с глубиной погружения заходки 0,5—1 м. В процессе погружения шпунтин необходимо следить за состоянием троса и крюка крана, к которому подвешен вибропогружатель. Скорость спуска крюка должна быть такой, чтобы кран не задерживал погружение шпунтины, однако не должно быть и излишне свободного троса и слабого натяжения гибких направляющих, чтобы не имели место прогиб и значительная деформация шпунтины от веса закрепленного на ней вибропогружателя. Для уменьшения вредного влияния вибрации на кран трос ослабляется полностью и подвеска вибропогружателя должна быть свободна от натяжения троса. Если в начальный момент заводки даже при включении вибропогружателя шпунтина плохо скользит по замку смежной шпунтины, ее следует поднять и проверить состояние всех замков и зазоров между шпунтинами при замыкании сектора или ограждения.

Через каждые 2—3 м погружения шпунтин необходимо производить контрольные замеры глубины погружения и отклонений шпунтин от вертикали как в плоскости створа («веерность» по окружности ограждения), так и перпендикулярно к створу (уход).

Средняя скорость погружения шпунтин до глубины 14 м может быть принята: механическая 15 м/час, техническая 35 м/сутки, коммерческая 11 м/сутки.

Шпунтины заглубляют обязательно в водоупор на 1—1,5 м в зависимости от мощности пластов плавуча, горного и гидростатического давления, от характера водоупора; при этом заглубление на последнем месте производится без подмыва.

В случаях заклинивания и незаглубления отдельных шпунтин в водоупор («окна») в этих местах контура погружают дополнительные шпунтины (с внешней стороны ограждения) или закрывают «окна» при помощи взаимно перекрывающихся бетонных свай.

Недопогружение шпунта до проектной отметки устраняется путем одного или двукратного подъема шпунтины на 0,5—0,8 м и последующим ее погружением с применением гидropодмыва. Если недопогружение до проектной отметки наблюдается на

ряде шпунтин, то проект шпунтового ограждения необходимо пересмотреть.

5. Для уменьшения уплотнения плывуна, сил трения и лобового сопротивления в породах при погружении шпунтин необходимо предотвратить их подмыв (начиная с 2—2,5 м) во всех случаях погружения и размыв пород. Следует учитывать, что односторонний подмыв отклоняет шпунтины в сторону подмыва. Внутренний подмыв ограждения вызывает сужение замкнутого контура и соответственно сечения ствола, а также приводит к заклиниванию шпунтин в замках. При внешнем подмыве не происходит сужения замкнутого контура и отклонения шпунтин внутрь ствола, но шпунтины и их замки испытывают растягивающие напряжения во внешнюю сторону ограждения, что может привести к разрыву непрочных и кривых замков (например, у шпунтин ШК-1).

Подмыв по трубкам, приваренным вдоль шпунтин с внешней стороны ограждения, более эффективен и менее трудоемок, чем подмыв при помощи трубок, поднимаемых и опускаемых вдоль шпунтин вручную.

Наиболее рациональным является центральный размыв пород и подмыв шпунтин по вертикальной оси замков.

Поскольку замковые соединения шпунтин ШК-1 и ШП-1 не позволяют применять центральный размыв пород, следует использовать двухтрубные шпунтины типа ШПД-2 и ШКД-1 в наборе со шпунтинами системы Беренд (см. рис. 4, а). Трубочатые замки двухтрубных шпунтин приспособлены для подачи воды по ним к башмаку шпунтины и позволяют применять центральный размыв породы и подмыв шпунтин.

6. Для погружения шпунтин до глубины 6 м следует применять вибропогружатель ВПП-2а с двигателем МТК-58-8 мощностью 28 кВт, а на большую глубину — вибропогружатель ВПП-2 с двигателями 61—75 кВт типа АО-94/6 и вибромолот ВМЦ-3а с двигателями А-63/4 мощностью 2×14 кВт.

7. Электрические вибропогружатели типа ВПП-2а, ВПП-2 и вибромолоты ВМЦ-3а имеют большие поперечные размеры, что требует при проходке увеличения диаметра устья ствола на 1—1,3 м. Кроме того, электрические двигатели вибропогружателей (мощностью 28, 46, 61, 75 кВт) могут работать без перегрузки только 2—3 мин (при установке эксцентриков на 100% мощности работы вибратора).

В связи с этим для шахтных условий необходимо сконструировать вибропогружатель меньших поперечных размеров с гидравлическим двигателем.

8. Кран-экскаватор Э-1004 грузоподъемностью до 15 т мобилен в работе и его целесообразно применять в качестве подъемного механизма с вибропогружателями мощностью 61—

75 квт для погружения шпунтин на глубину до 15 м, а также для извлечения их с глубины 8 м.

Краны должны удовлетворять следующим требованиям:

а) высота стрелы крана должна допускать подъем и спуск шпунтины в устье ствола, а также установку ее в замок смежной шпунтины ограждения;

б) вынос стрелы крана должен быть достаточен для подачи вибропогружателя к шпунтине и допускать установку поднятой шпунтины на место погружения при нахождении передней части крана от крепи устья ствола на расстоянии 1,5—2 м. При диаметре устья 5—9 м погружение шпунта по окружности производится с 3—4 мест стоянок крана, для чего он соответственно перемещается вокруг устья;

в) грузоподъемность крана должна быть достаточна для подъема шпунтины (или набора шпунта) и вибропогружателя.

9. Средние техническая и механическая скорости погружения шпунтин последовательным способом при разомкнутом контуре ограждения в 3—10 раз больше, чем при погружении небольшими заходками (0,5—1 м) в замкнутом контуре. При последовательном способе заклинивания шпунтин в замках не происходит. Однако этот способ погружения необходимо доработать в части уменьшения отклонений шпунтин от вертикального направления. Лишь после положительных результатов испытаний указанный способ можно будет рекомендовать к применению в шахтном строительстве.

10. Строительный подъемник Т-37 целесообразно применять в стволе для подъема рабочих к любому месту установки и закреплению вибропогружателя на шпунтине.

11. Проходку в огражденной зоне следует вести с опережающим колодезом (для удобства водоотлива) и разведкой пород из забоя для определения напора пlyingуна, наличия «окон» и уточнения рельефа водоупора. Крепление в шпунтовом ограждении осуществляется бетоном с оставленным шпунтин, распорных колец и подвесок в крепи ствола и железобетоном при возможном извлечении шпунта.

12. Извлечение шпунтин целесообразно производить с применением вибрации, подмыва и после добивки шпунтин вниз (на 10—15 см). Испытанный способ виброизвлечения шпунтин и виброзвода рекомендуется применять также для извлечения из скважин замораживающих и других труб.

Шпунтины следует извлекать только после полного окончания проходки и крепления участков ствола в огражденной зоне, применяя те же вибропогружатели и краны, что и для их погружения. При извлечении шпунта вибромолотами удары должны быть направлены вверх. В целях уменьшения передачи динамического усилия на кран необходимо подвеску вибратора к крану осуществлять через амортизатор.

Для уменьшения усилия, передающегося на стрелу крана при извлечении, целесообразно применять вертикальные упорные мачты, шарнирно присоединяемые к стреле крана и опирающиеся через плиту на землю.

Извлечение шпунта с применением вибрирования следует выполнять в такой последовательности:

а) подготовка отверстий для крепления наголовника вибропогружателя;

б) закрепление вибропогружателя на извлекаемой шпунтине;

в) предварительное вибрирование с применением подмыва и добивки шпунтины на 10—15 см вниз;

г) извлечение шпунтины на $\frac{1}{3}$ высоты при работающем вибропогружателе с наименьшей скоростью, допускаемой краном;

д) извлечение шпунтины без вибрации;

е) открепление вибропогружателя, подъем его из ствола, а затем и шпунтины.

Глава III

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАИ, ТРУБ, ОБОЛОЧЕК И ШАХТНЫХ КРЕПЕЙ

Разведка пород методом виброндирования

В 1950 г. проф. Д. Д. Баркан предложил использовать явления вибрации для проходки геологоразведочных скважин, успешные опыты которых привели к созданию метода виброндирования (вибробурения) пород.

Виброндирование заключается в следующем: при помощи вибропогружателя или вибромолота погружают в мягкие породы вибронд — трубу (толщина стенки — 8—10 мм) с несколькими продольными прорезями овальной формы и вырезают колонку (кери) пород, которая извлекается вместе с зондом.

Вибробурение применяется при инженерно-геологических исследованиях в промышленном, транспортном и гидротехническом строительстве, а с 1951 г. в горном деле вибробурением уточняют геологические разрезы пород непосредственно в месте проходки ствола, для чего бурят 3 скважины, определяющие положение водоупора.

Во время испытания и внедрения автором метода виброндирования пород на строительстве шахт: «Поплевинская» (Подмосковный бассейн, 1951 г.), № 1—2 «Селидовская», № 1 «Центральная» и «Марьинская» были выявлены специфические условия, для которых разработаны соответствующие технология и организация работ.

Для виброндирования пород до глубины 15—16 м при помощи вибропогружателя ВПП-2 с электродвигателем 61—75 квт необходимо иметь два прямолинейных зонда диаметром 146/8 мм, длиной: один 8—9 м, другой 15,5—16,5 м с вырезкой свальных отверстий с одной стороны трубы размером 900×80 мм (рис. 45). В голове каждого зонда монтируется вставка из отрезка шпунтины ШП-1 длиной 1 м.

Перед каждым опусканием зонды очищаются от породы и смазываются внутри солидолом для уменьшения трения и за-

прессовки керна в трубе. Перед спуском зонда в устье ствола в одном из секторов на крепи устья монтируют металлическую раму из рельсов или труб с проемом для завода зондов и на ней крепят ограждение и настилают полук. При помощи крана-экскаватора зонд опускают в устье, а затем заводят в проем рамы (с дверцей в ограждении) и ставят верхнюю часть зонда вставкой шпунтины ШП-1 и двух крючков на два рельса (трубы) рамы. После перецепки строп, на зонд ставят вибропогружатель и закрепляют его на вставке из шпунтины; затем виброзонд в сборе с вибропогружателем выводят из проема рамы, опускают в устье по гибким направляющим и устанавливают на забое в вертикальном положении над одной из трех точек, где должны быть пробурены скважины. Если забой устья забетонирован, то необходимо заранее в трех местах забоя пробурить лунки в бетоне.

Вначале зонд с вибропогружателем опускается в грунт под собственным весом, а после остановки погружения включают вибропогружатель и погружение продолжается. Перед зондированием и извлечением зонда крановщик выставляет стрелу с вылетом 6—7 м, т. е. для работы крана с наибольшей грузоподъемностью (10—15 т для крана Э-1004). На кране-экскаваторе должны быть контргрузы весом 3,6—4 т.

Управление пуском и остановкой вибропогружателя с зондом кнопочное из ствола. После окончания погружения на трубе зонда делают отметку на уровне забоя (верхняя отметка погружения).

Извлечь зонд одним усилием лебедки экскаватора затруднительно, особенно если он погружен до глубины 15—16 м и заглоблен в водоупор из вязкой глины. Поэтому перед извлечением необходимо включить вибратор на 1—3 сек для работы вниз, а затем на 1 сек вверх, после чего, убедившись, что зонд поднимается кверху, выключают вибропогружатель и извлекают зонд при помощи лебедки-экскаватора. Продолжительное (более 2—3 сек) извлечение зонда с вибрацией не рекомендуется, так как от вибрации выпадает керн. Если зонд не погружается на всю длину из-за наличия прослоек глин до 1—1,5 м или

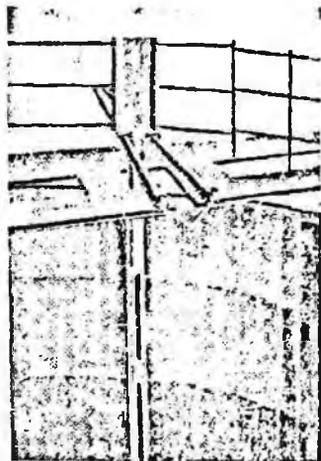


Рис. 45. Подвеска виброзонда в устье ствола:

1 — зонд, 2 — приспособления из шпунтины и труб для заделки и опоры виброзонда

твердых включений, то зондирование ведут короткими заходками.

После зарисовки керна зонд очищают в забое для повторного зондирования или выдают на поверхность для замены на более длинный зонд (15—16 м). Производить зондирование зондами (8—15 м) без гибких направляющих не следует во избежание поломки длинных зондов от раскачивания вибропогружателя при встрече плотных и вязких прослоек глины в пlyingу.

Перед выдачей зонда на поверхность снимают вибропогружатель, для чего виброзонд ставят на два рельса рамы, уложенной на устье.

После зондирования пород коротким зондом (7—8 м) производят дальнейшее зондирование пород в этой скважине более длинным зондом (15—16 м), который вначале опускается с выключенным вибропогружателем до возможной глубины за счет статического веса (около 4,5 т). В устойчивых породах скважина сохраняется, в пlyingунах заплывает. Верхнее строение скважины фиксируется при первом зондировании, и керн верхней части длинного зонда при повторном зондировании не принимается во внимание. Операции по спуску и извлечению длинного зонда с вибропогружателем аналогичны описанным при коротком зонде. Для заводки зонда длиной 15—16 м в устье ствола при помощи стрелы крана-экскаватора длиной 13 м, необходимо застропить зонд на $\frac{1}{3}$ длины от верхнего его конца.

В случае отклонения вибропогружателя и зонда от вертикали более 0,5 м вибропогружатель останавливают, после чего его медленно поднимают из ствола до восстановления вертикального положения, а затем зонд снова погружают.

Способ разведки породы до глубины 16 м виброзондом конструкции УкрНИИОМШС с применением гибких направляющих оправдал себя и его следует применять в дальнейшем.

Вибропогружение замораживающих колонок в пlyingун

Для замораживания 6 м пlyingуна в клетевом стволе шахты «Марьянская» требовалось погрузить в пlyingун 24 замораживающих колонки (рис. 46) при помощи вибропогружателя ВПП-2. Конструкции колонок на муфтах и сварке двух труб в стык приведены на рис. 47.

Вибропогружение колонок длиной каждая по 16 м производилось из ствола с горизонта —20,5 м и до отметки —35 м. Колонки опускали за шпунтовым ограждением через уплотненный ранее пlyingун. Поэтому перед задавливанием каждой колонки извлекали керн из уплотненного пlyingуна и других пород при помощи зонда длиной 9 м, а затем длиной 16 м. Таким

образом, объем работ составил $(24 \times 9 + 24 \times 16)$ 600 м скважин и $(24 \times 15,5)$ 372 м погружения в них колонок.

После каждого поднятия зонда с керном пород скважина полностью заполнялась водой и разжиженным плывуном. Колонка опускалась в скважину на глубину 8—9 м под собствен-

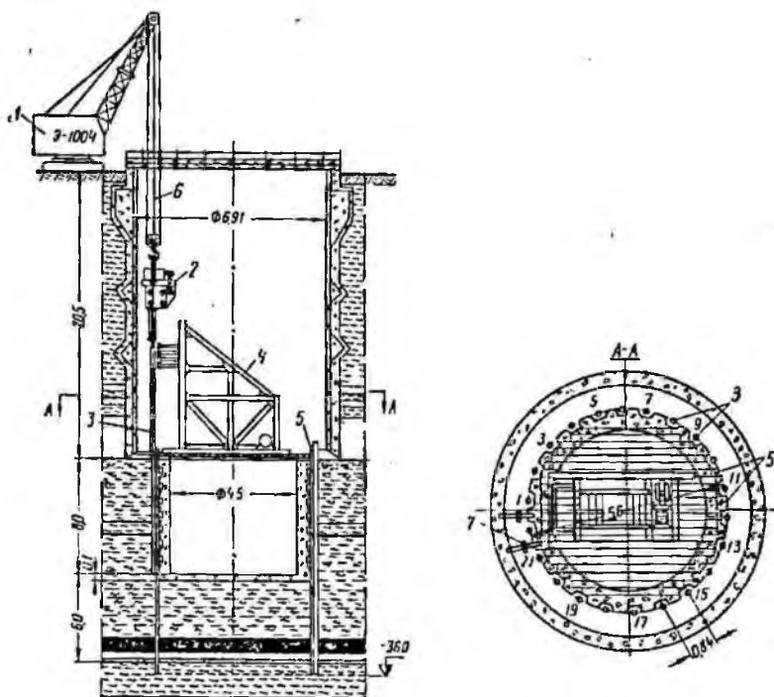


Рис. 46. Принципиальная схема вибропогружения замораживающих колонок в плывун из забоя устья ствола:

1 — кран-экскаватор, 2 — вибропогружатель ВПП-2, 3 — замораживающие колонки, 4 — подъемник Г-37, 5 — шпунгицы ШК-1, 6 — гибкие направляющие из каната, 7 — крепление гибких направляющих на забое устья

ным весом и весом вибропогружателя (5 т), дальнейшее погружение осуществлялось с вибрацией. Подмыв колонок не применялся. В каждой скважине зонд погружался с расчетом поднятия керна из пород водоупора (алевролитовой глины) высотой 1,5—1,7 м; на эту величину были заглублены в водоупор все замораживающие колонки.

С целью обеспечения вертикальности скважин, ускорения работ по зондированию пород и погружению колонок, а также

4) стрелу крана-экскаватора незначительно поднимали вверх только для натяжения гибких направляющих и оставляли в таком положении до окончания погружения колонки в плавун;

5) вибропогружатель с зондом (или колонкой) свободно и вертикально опускался крановщиком. При помощи вибрации за 1,5—2 мин (чистое время) зонд или колонку погружали на 15,5—15,85 м в плавун (в том числе на 1,5—1,7 м в водоупор). Бригада из трех проходчиков и одного крановщика в смену за 6 ч задавливала вначале одну, а затем две и один раз три замораживающие колонки.

Отклонения колонок от вертикали, приведенные в табл. 13 и на рис. 49, условиям замораживания пород удовлетворяют.

Таким образом, за 6 дней было погружено в плавун на глубину 15,5—15,85 м 24 замораживающих колонки.

Во время погружения

не было поломок и изгибов зондов и колонок. После опрессовки колонок водой до 20 атм было установлено, что разрывы труб и сварных швов не произошло.

В результате применения гибких направляющих скорость работ увеличилась в 3 и 6 раз (при погружении 1—2 колонок в смену).

Результаты проведенных работ дают основание считать вибропогружение замораживающих колонок 146/6-8 мм в плавун на глубину до 16 м более эффективным, чем бурение скважин и опускание в них колонок при помощи станка КАМ-500, а также рекомендовать гибкие направляющие при виброзондировании пород, вибропогружении шпунтин и замораживающих колонок в плавун.

Возможность вибропогружения колонок на большую глубину может быть выяснена дополнительными экспериментами в производственных условиях.

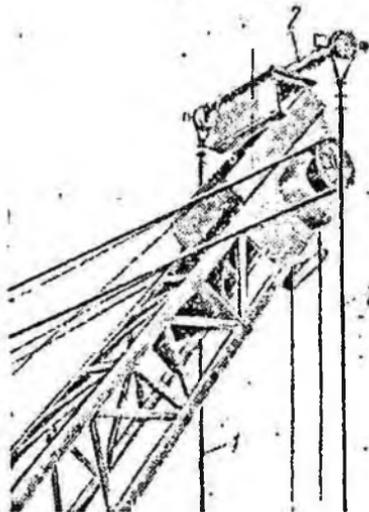


Рис. 48. Крепление гибких направляющих:

1 — канаты, 2 — поворотная планка

Таблица 13

№ колонки	Глубина колонки от отметки -20,5 м, м	Глубина замера кривизны, м	Угол отклонения колонки от вертикали, град, мин	Величина отклонения в конце погружения, м	Расстояние между соседними колонками, м
1	15,35	10,9	1° 50'	0,55	0,83
2	15,50	14,0	0° 54'	0,25	0,75
3	15,50	13,5	1° 27'	0,44	0,75
4	15,15	1,3	5° 30'	1,49	0,80
5	15,45	13,5	1° 34'	0,46	0,80
6	15,55	13,5	0° 55'	0,25	1,05
7	15,05	10,2	1° 00'	0,29	0,80
8	15,00	10,6	1° 11'	0,34	1,12
9	15,10	14,0	1° 49'	0,50	0,90
10	15,00	14,0	2° 29'	0,67	0,85
11	15,57	14,0	2° 29'	0,70	0,77
12	15,72	8,3	0° 55'	0,28	0,80
13	15,85	14,0	0° 34'	0,16	0,75
14	15,15	14,0	1° 19'	0,37	0,95
15	15,25	12,0	2° 40'	0,60	0,91
16	15,35	14,8	1° 40'	0,48	0,70
17	15,25	12,5	1° 43'	0,51	0,95
18	15,10	12,5	2° 35'	0,74	0,88
19	15,28	12,5	2° 53'	0,84	0,60
20	15,10	14,0	0° 34'	0,16	0,82
21	15,50	8,5	2° 51'	0,87	0,64
22	15,35	9,5	1° 32'	0,47	0,75
4-бис	15,20	10,0	0° 44'	0,20	0,32
9-бис	15,50	14,0	1° 26'	0,42	0,43

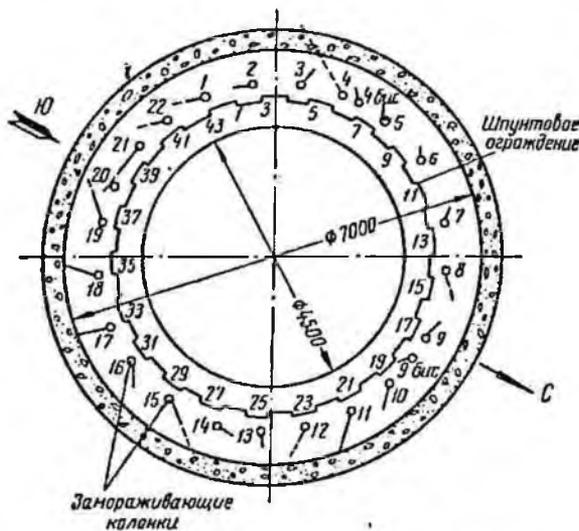


Рис. 49. План расположения и фактических отклонений колонок

Погружение виброметодом свай, оболочек и шахтных крепей

За последние годы в КНР успешно проводятся опыты проходки вентиляционных стволов диаметром 3—5 м на глубину до 40 м путем опускания крепи из железобетонных оболочек методом вибрирования и подмыва.

На скорость и глубину вибропогружения свай и оболочек в основном влияют не частота, а амплитуда колебаний, или, точнее, величина упругого внедрения в породу при каждом колебании сваи или оболочки. Поэтому вибраторы для этой цели должны обладать малой частотой вибрации (300—400 в 1 мин) и большим моментом эксцентриков (30 000—50 000 кгсм), обеспечивающим колебания с достаточно большой амплитудой (10—20 мм).

По заданным амплитудам A и весу сваи и вибропогружателя Q можно приближенно определить величину момента эксцентриков $Q_0 e$ по формуле

$$Q_0 \cdot e = A Q.$$

где e — эксцентриситет от центра эксцентриков до оси вращения.

Если вес железобетонной сваи и вибратора 7—10 т, то для обеспечения амплитуды колебаний 10—15 мм необходим момент эксцентриков порядка 10 000—15 000 кгсм.

В табл. 14 приводятся технические характеристики низкочастотных вибропогружателей ВП (конструкции Б. П. Татарникова) и сравнительные данные по погружению ими железобетонных свай в песчаные грунты.

Таблица 14

Параметры вибропогружателя и результаты погружения	Вибропогружатель		
	ВП 1	ВП-2	ВП-3
Момент эксцентриков, кгсм:			
при одночастотном режиме	9300	4000	26 300
двухчастотном	—	2 500	16 440
Число оборотов в минуту	420	455/910	408/816
Вес, т	4,5	2	8
Мощность электродвигателя, квт	60	22	100
Сечение сваи, см	35x35	30x30	40x40
Глубина погружения, м	7,5	4,5	9,5
Время погружения, мин	13	17	12
Критическая нагрузка на сваю, т	100	50	200

При вибропогружении свай, особенно в породы с малой влажностью, рекомендуется применять подмыв. При отсутствии подмыва сваю не удастся погрузить больше чем на 10 м даже в водонасыщенные пески.

При сооружении мостовых опор в СССР за последние 10—15 лет забивали в мягкие породы металлические или железобетонные трубчатые оболочки диаметром от 250 до 1000 мм.

Оболочки погружали на глубину до 35 м при помощи тяжелых паровоздушных молотов одиночного или двойного действия и мощного подмыва водой. В 1953 г. для погружения свай и оболочек появились эффективные и экономичные агрегаты — вибрологжатели. Недостатком применения металлических свай

является большой расход металла. Железобетонные оболочки, обладая почти одинаковой несущей способностью с металлическими (по данным практики), требуют в 3—4 раза меньше металла. До последнего времени глубокое погружение свай и оболочек считалось возможным при залегании в основании опор песчаных и глинистых пород, а при встрече мощных слоев гравия и гальки или скальных пород

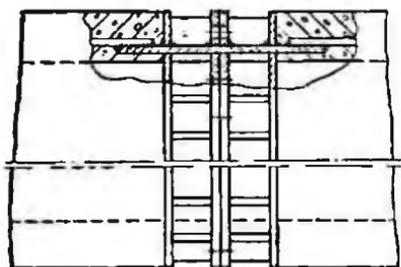


Рис. 50. Фланцево-болтовой стык сборной железобетонной оболочки

применение кессона рассматривалось как единственно надежный способ.

В 1958—59 гг. опыт сооружения опор моста через реку Янцзы (КНР) доказал возможность сооружения свайных фундаментов на скальных основаниях рек без применения кессона. Фундамент каждой опоры состоял из 24—35 железобетонных трубчатых оболочек с наружным диаметром 1550 мм и толщиной стенки 100 мм. Эти оболочки опускали до поверхности коренных пород, очищали внутри от песка, а затем прикрепляли к скальному основанию, для чего в скале (через полость оболочки) разбуривали неглубокие скважины (3—7 м), устанавливали в них арматурные каркасы и бетонировали.

Направляющими для установки и погружения оболочек служили опущенные в воду металлические каркасы диаметром 16,75 м с ячейками для оболочек.

Секции оболочек соединялись одна с другой металлическими фланцево-болтовыми стыками (рис. 50), что давало возможность применять оболочки любой длины (в КНР применялись оболочки длиной до 60 м). Фланцево-болтовой стык изготовлялся заподлицо с оболочкой с внешней и с внутренней стороны. Этот стык состоял из двух половин, а каждая половина из двух металлических фланцев; последние крепили при помощи электросварки к металлическому цилиндру высотой 1 м. Выходящие с каждой стороны оболочки концы арматуры приваривали к цилиндру, а в целях большей прочности между каждой

парой фланцев по окружности цилиндра приваривали ребра жесткости. Соединяли обе половины стыка на болтах.

Железобетонные столбы под водой объединялись в пределах опоры круглой железобетонной массивной плитой, сооружаемой под защитой шпунтового ограждения.

Погружение свай в слой углистых сланцев на глубину 15 м достигалось применением подмыва высоконапорной струей воды.

Трубчатые оболочки изготовляли на строительной площадке в разъемной деревянной опалубке. Длина звена трубы 9 м; на обоих его концах устраивали металлические фланцы для соединения отдельных звеньев в оболочки длиной 27—36 м. На первой (нижней) секции оболочки (трубы) укреплялся металлический нож. Стыкование секций оболочек выполнялось на верхней площадке каркаса с подвеской труб на специальных хомутах, закрепляемых за верхние фланцы труб. Наиболее производительным оказалось погружение оболочки низкочастотными вибропогружателями типа ВП-3, ВП-4 и ВП-5 с одно-временным подмывом оболочки с двух сторон.

Низкочастотные вибропогружатели получили в мостостроении значительное применение; они работают на одночастотном режиме (например, у ВП-1—420 *об/мин*) и на двухчастотном (когда половина валов вращается с вдвое большей скоростью).

Техническая характеристика мощных низкочастотных вибропогружателей с двухчастотным режимом вибрации приведена в табл. 15.

Тяжелые вибропогружатели прикрепляют к оболочке при помощи конического фланцевого стыка.

На рис. 51 показан общий вид окончания погружения оболочки диаметром 5 м вибропогружателями ВПУ-А и крепления его к оболочке при помощи конического фланцевого стыка. Крепление фланцев на болтах должно быть надежным к восприятию вибрационных усилий.

При подмыве с внешней стороны оболочки специальными хомутами крепили 4 подмывные трубы, которые препятствовали отклонению труб в сторону от оболочки, но позволяли их поднимать и опускать по вертикали при демонтаже.

Результаты вибропогружения оболочек показали:

1) погружение оболочки в песок на глубину 8 м происходит сравнительно легко без применения подмыва, а на большую глубину — только с применением подмыва с двух сторон оболочек;

2) выемка песка при помощи эрлифта из оболочки в процессе погружения — нерациональна;

3) погружение одной оболочки до скалы с применением подмыва и легкого вибропогружателя ВП-1 продолжалось 3 рабочие смены, а три мощных вибропогружателя

При сооружении мостовых опор в СССР за последние 10—15 лет забивали в мягкие породы металлические или железобетонные трубчатые оболочки диаметром от 250 до 1000 мм.

Оболочки погружали на глубину до 35 м при помощи тяжелых паровоздушных молотов одиночного или двойного действия и мощного подмыва водой. В 1953 г. для погружения свай и оболочек появились эффективные и экономичные агрегаты — вибропогружатели. Недостатком применения металлических свай

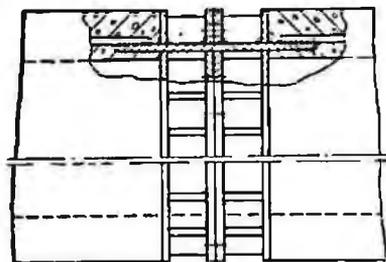


Рис. 50. Фланцево-болтовой стык сборной железобетонной оболочки

является большой расход металла. Железобетонные оболочки, обладая почти одинаковой несущей способностью с металлическими (по данным практики), требуют в 3—4 раза меньше металла. До последнего времени глубокое погружение свай и оболочек считалось возможным при залегании в основании опор песчаных и глинистых пород, а при встрече мощных слоев гравия и гальки или скальных пород применение кессона рассмат

ривалось как единственно надежный способ.

В 1958—59 гг. опыт сооружения опор моста через реку Янцзы (КНР) доказал возможность сооружения свайных фундаментов на скальных основаниях рек без применения кессона. Фундамент каждой опоры состоял из 24—35 железобетонных трубчатых оболочек с наружным диаметром 1550 мм и толщиной стенки 100 мм. Эти оболочки опускали до поверхности коренных пород, очищали внутри от песка, а затем прикрепляли к скальному основанию, для чего в скале (через полость оболочки) разбуривали неглубокие скважины (3—7 м), устанавливали в них арматурные каркасы и бетонировали.

Направляющими для установки и погружения оболочек служили опущенные в воду металлические каркасы диаметром 16,75 м с ячейками для оболочек.

Секции оболочек соединялись одна с другой металлическими фланцево-болтовыми стыками (рис. 50), что давало возможность применять оболочки любой длины (в КНР применялись оболочки длиной до 60 м). Фланцево-болтовой стык изготовлялся заподлицо с оболочкой с внешней и с внутренней стороны. Этот стык состоял из двух половин, а каждая половина из двух металлических фланцев; последние крепили при помощи электросварки к металлическому цилиндру высотой 1 м. Выходящие с каждой стороны оболочки концы арматуры приваривали к цилиндру, а в целях большей прочности между каждой

парой фланцев по окружности цилиндра приваривали ребра жесткости. Соединяли обе половины стыка на болтах.

Железобетонные столбы под водой объединялись в пределах опоры круглой железобетонной массивной плитой, сооружаемой под защитой шпунтового ограждения.

Погружение свай в слой углистых сланцев на глубину 15 м достигалось применением подмыва высоконапорной струей воды.

Трубчатые оболочки изготовляли на строительной площадке в разъемной деревянной опалубке. Длина звена трубы 9 м; на обоих его концах устраивали металлические фланцы для соединения отдельных звеньев в оболочки длиной 27—36 м. На первой (нижней) секции оболочки (трубы) укреплялся металлический нож. Стыкование секций оболочек выполнялось на верхней площадке каркаса с подвеской труб на специальных хомутах, закрепляемых за верхние фланцы труб. Наиболее производительным оказалось погружение оболочек низкочастотными вибропогружателями типа ВП-3, ВП-4 и ВП-5 с одновременным подмывом оболочки с двух сторон.

Низкочастотные вибропогружатели получили в мостостроении значительное применение; они работают на одночастотном режиме (например, у ВП-1 — 420 об/мин) и на двухчастотном (когда половина валов вращается с вдвое большей скоростью).

Техническая характеристика мощных низкочастотных вибропогружателей с двухчастотным режимом вибрации приведена в табл. 15.

Тяжелые вибропогружатели прикрепляют к оболочке при помощи конического фланцевого стыка.

На рис. 51 показан общий вид окончания погружения оболочки диаметром 5 м вибропогружателями ВПУ-А и крепления его к оболочке при помощи конического фланцевого стыка. Крепление фланцев на болтах должно быть надежным к восприятию вибрационных усилий.

При подмыве с внешней стороны оболочки специальными хомутами крепили 4 подмывные трубы, которые препятствовали отклонению труб в сторону от оболочки, но позволяли их поднимать и опускать по вертикали при демонтаже.

Результаты вибропогружения оболочек показали:

1) погружение оболочки в песок на глубину 8 м происходит сравнительно легко без применения подмыва, а на большую глубину — только с применением подмыва с двух сторон оболочек;

2) выемка песка при помощи эрлифта из оболочки в процессе погружения — неэкономична;

3) погружение одной оболочки до скалы с применением подмыва и легкого вибропогружателя ВП-1 продолжалось 3 рабочие смены, а три мощных вибропогружателя

Показатели	Вибропогружатели					
	ВП-3	ВП-4	ВП-5	ВПУ-А	ВПУ-6	ВПУ-56
Число оборотов валов в минуту	408/816	480, 960	500/1000	800/400 1100/505	500/600; 700/800	300
Возмущающая сила, л	22, 1/44, 2	45/90	60/120	100—160	200—500	48,5 MT-71-10 (2×80)
Электродвигатель	Крановый MT-72-10, 100 кет	Обычный с фазовым ротором, 155 кет, 735 об/мин	Обычный с фазовым ротором, 260 кет, 1180 об/мин	155 кет	2×180 кет	
Количество грузовых валов	4 (2 пары)	6 (3 пары)	8 (4 пары)	8	2	2
Максимальный момент эксцентровых грузов, кгс·м	23 600	28 000	38 000	35 200	30000—54000	50 000
Амплитуда колебаний холостого хода вибратора, мм	32	30	30	—	—	45
Вес вибратора с двигателем, л	8,0	11,5	12,3	10,5	10,5	11
Основные размеры в плане, см	154×156	165×180	155×201	150×118	153×210	250×222
Высота с двигателем и стаканом для крепления, см	250	384	362	310	160	208

ВП-3 и ВП-4 погружали 2—3 оболочки в течение одной смены;

4) лучшим вибропогружателем является ВПУ-А с переменными параметрами величины возмущающей силы (за счет изменения числа оборотов грузовых валов). Этот вибропогружатель предназначен как для одиночной работы, так и для синхронной нескольких агрегатов, что позволяет при необходимости доводить возмущающую силу установки до 640 т;

5) тонкостенные железобетонные оболочки диаметром 5 м и толщиной 14 см были погружены на глубину до 31 м;

6) по сравнению с массивными опускными крепями тех же размеров срок возведения фундаментов опор на крепи с вибрационным погружением сократился в 2—3 раза. Погружение оболочек вибропогружателями ВПУ-А при помощи тяжелых грейферов производится сравнительно просто, требует на освоение 10—15 дней.

Погружение оболочек виброметодом более экономично, чем применение опускных крепей (в шахтном строительстве опускающие крепи со статической нагрузкой), что можно проследить по данным, приведенным в табл. 16.

Однако технология погружения оболочек еще нуждается в усовершенствовании, чтобы можно было применять их в различных гидрогеологических условиях.

На строительстве моста бурение скважин диаметром 1300 мм через оболочки осуществлялось ударно-канатными станками типа УКС-30 и крестовыми долотами. Место контакта оболочки со скалой перед бурением бетонировали на высоту 1—1,5 м подводным способом, что препятствовало подтеканию мелкого песка в оболочку. Оболочки бетонировали подводным способом на всю высоту воды в ней в такой последовательности: в разбуренную скважину опускали полый арматурный каркас длиной 6 м цилиндрической формы со спиральной наружной обмоткой; затем подавали бетон по металлической трубе диаметром 300 мм, с наружной стороны которой на хомутах закрепляли 4 подмывные трубы диаметром 65 мм (рис. 52). Над оболочкой устанавливали бункер с большим количеством

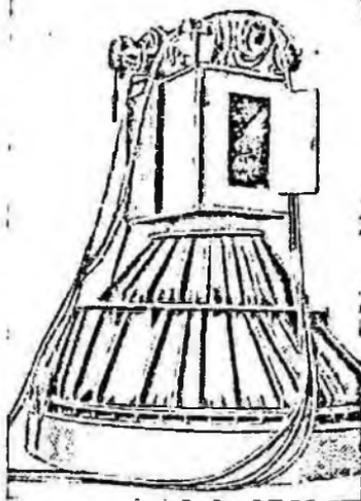


Рис. 51. Конечная стадия погружения сборной железобетонной оболочки двумя синхронно-работающими вибропогружателями ВПУ-А

Таблица 16

Показатели	Фундаменты				
	железобетонном кессоне	железобетонном опускном колоде	сборных железобетонных сваях	четырехсторонных железобетонных колодах диаметром 1,25 м	сборных железобетонных колодах (оболочке) диаметром 6,0 м
Объем бетона:					
м ³	678	710	274	382	589
%	100	105	41	57	87
Извлечение породы (при спускании и погружении):					
м ³	880	1000	—	143	430
%	100	114	—	17	49
Затраты труда:					
чел.-день	5500	3900	1700	1500	1500
%	100	71	31	28	28
Стоимость фундамента:					
тыс. руб.	520	350	220	200	210
%	100	68	43	39	41

пластичного бетона с осадкой до 20—22 см; бетон из бункера в трубу выпускали через отверстие, закрываемое деревянной пробкой с обмоткой мешковиной; от опускания в трубу пробка удерживалась специальными оттяжками.

Перед бетонированием трубу и подмывные трубки опускали в скважину и, когда трубки оказывались на высоте 0,5 м от забоя скважины, включали насосы. При этом струя воды с напором до 10—12 атм поднимала весь слой песка и шлама в течение 3—7 мин во взвешенное состояние и частично выносила наружу из оболочки, после чего прекращали подачу воды. Затем мгновенно отсекали веревочные тяги деревянной пробки и из отверстия бункера выходил сплошным потоком пластичный бетон, который, падая с высоты более 30 м, обеспечивал хорошее заполнение скважины и промытых возле нее трещин. Полученные керны при контрольном бурении по оси скважин подтвердили хорошее сцепление бетона со скалой и отсутствие в бетоне каких-либо прослоек. Фактическая марка бетона из скважин получилась от 350 до 860 кг/см² вместо 170 кг/см² по проекту.

Бетонирование скважины длилось несколько минут, после чего трубу с подмывными трубками извлекали из бетона. Песок и шлам, поднятые обратным потоком воды, оседали слоем поверх уложенного бетона.

Бетонирование плиты-ростверка, объединяющей все столбы в один фундамент, выполнялось под защитой металлического шлунта типа Ларсен III и IV длиной по 30 м, погружаемого

в слой песка на 8—15 м вибропогружателем ВП-1 с подмывом или свайным молотом. Шпунтины по длине сращивали в стык на сварке с накладками. Для уменьшения сцепления подводного бетона со шпунтом его внутреннюю поверхность смазывали битумом или солидолом. Кроме того, применялась деревянная

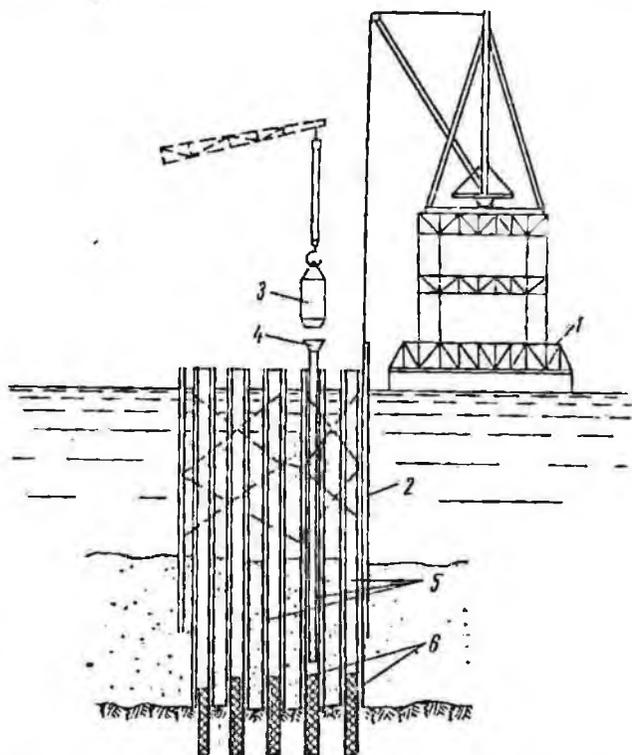


Рис. 52. Схема бетонирования оболочки подводным способом:

1 — понтон, 2 — металлический направляющий кариас, 3 — бадья, 4 — бункер с бетоном, 5 — бетонируемая оболочка, 6 — забетонированная часть

опалубка. Грунт из ограждения удаляли при помощи эрлифтов, снабженных подмывными трубками для взмучивания песка.

В целях уменьшения сцепления бетона со шпунтинами через каждые 2—3 м его укладки по высоте шпунтины поддегивали плавучим краном. В результате смазки шпунтины и поддегивания их извлечение (после схватывания бетона) при помощи плавучих кранов производилось без особых затруднений.

На одной из опор железобетонные трубчатые сваи диамет-

ром 550 мм забивались в углистые сланцы на глубину от 15 до 18 м. При этом была применена гидромеханизация: струя воды с напором 30—45 атм подавалась через оболочку и в углистом сланце образовывались отверстия. Забивка свай с подмывом осуществлялась паровыми молотами двойного действия типа 11/В-3, а контрольная добивка свай (без подмыва) — молотом одиночного действия с весом ударной части 6 т.

Высокий напор воды был получен от 2—3 многоступенчатых центробежных насосов производительностью по 150 м³/мин и напоре 15 атм каждый.

Производительность за смену бригады из 10—12 рабочих по забивке свай составила 15—20 м свай. Всего на опоре было погружено 116 свай.

На строительстве моста были успешно проведены опыты вибропогружения с подмывом в песчаные породы оболочек диаметром 3—5 м.

В настоящее время сборные железобетонные оболочки и сваи в большом количестве изготавливаются на заводах железобетонных изделий КНР и СССР.

Центрифугированные сваи изготовляют на двух- и трех-рольных станках в разъемных металлических формах. При таком изготовлении получается бетон повышенной прочности.

Для борьбы с коррозией фланцевые стыки перед погружением свай в грунт заливали горячим битумом. Однако битум как хрупкий материал при ударах и вибрации может отделяться от металла, а поэтому следует испытать быстротвердеющие цементные растворы и другие покрывающие материалы.

Успешное применение метода сооружения опор мостов путем вибропогружения или ударной забивки в любые породы железобетонных трубчатых оболочек позволяет считать, что в дальнейшем удастся избежать применения косвенного способа устройства фундаментов даже в скальных породах.

Вибропогружение шахтных крепей. Успешный опыт мостостроителей по вибропогружению в песчаные и даже скальные породы железобетонных оболочек диаметром 1,55; 3,0; 5,0 м дает возможность применить вибропогружение шахтных железобетонных крепей круглой формы диаметрами 1,55 м для вентиляционных скважин и 3—5 м для шурфов и стволов шахт.

Продолжительность и стоимость работ по проходке плывунов виброкрепью, как было сказано ранее, будет в два раза меньше, чем проходка опускной крепью или способом кессона.

Кроме железобетонных крепей, для проходки по плывунам или слабым несвязным породам можно применить металлические виброшпильки. Установку вибропогружателей можно произво-

дить как сверху оболочки или щита, так и внутри или внизу погружаемого цилиндра. Схема такого виброщита представлена на рис. 53.

Для скоростной проходки стволов в устойчивых породах в Донбассе применяют в качестве временной крепи металли-

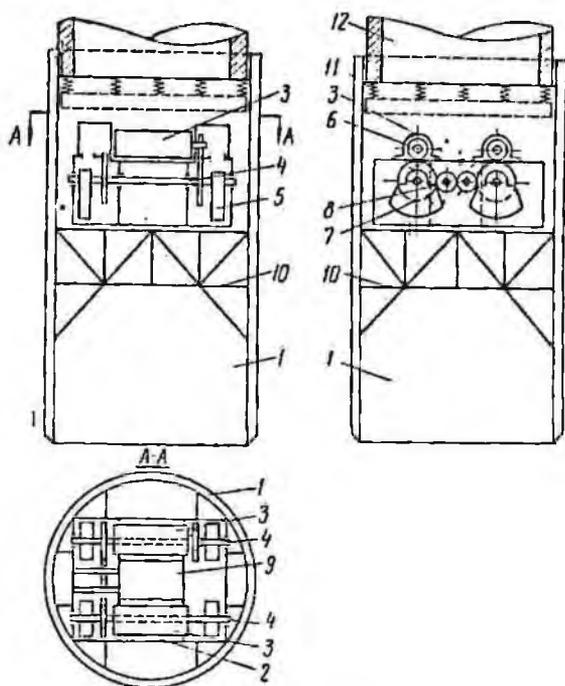


Рис. 53. Схема виброщита;

1 — оболочки щита, 2 — корпус вибратора, 3 — электродвигатели, 4 — валы вибратора, 5 — эксцентрики, 6 — ведущие шестерни, 7 — шестерни валов, 8 — паразитные шестерни, 9 — отверстие для выемки породы, 10 — решетчатая конструкция для опоры вибратора, 11 — упругие опоры в крепь ствола, 12 — крепь ствола (тубинговая или железобетонная)

ческие щиты-оболочки; они иногда подвергаются значительному сжатию боковых пород и опускаются с трудом. В целях более свободного опускания щитов целесообразно применить вибраторы, которые в известной степени будут уплотнять окружающие щит породы и тем препятствовать обрушению пород при возведении постоянной крепи ствола. Для погружения виброкрепей следует применять оправдавшие себя на практике мостостроения вибропогружатели ВП-4, ВП-5 и ВПУ-А. Заслуживают внимания низкочастотный (резонансный) вибропогру-

жатель НВП-56, являющийся новым типом низкочастотного электромеханического вибропогружателя типа ВП и предназначенный для погружения в слабые породы тонкостенных железобетонных цилиндров диаметром 1,5—3 м и весом до 200 т.

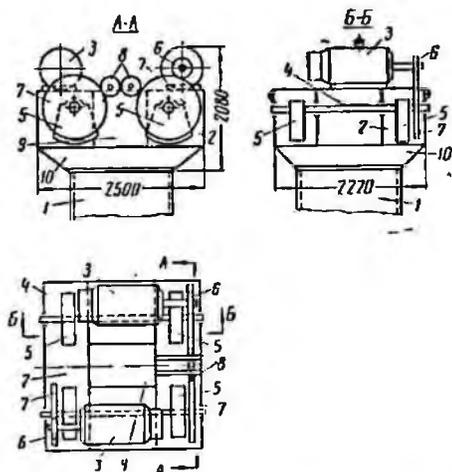


Рис. 54. Схема вибропогружателя НВП-56:

1 — погружаемый в породы тонкостенный цилиндр, 2 — корпус вибратора, 3 — электродвигатели, 4 — валы, 5 — эксцентрики, 6 — ведущие шестерни, 7 — шестерни валов, 8 — паразитные шестерни механической связи электродвигателей, 9 — отверстие для выемки породы, 10 — сварной ребристый переходник

Вибропогружатель НВП-56 состоит из двух неуравновешенных одновалных вибраторов, заключенных в корпус. В середине корпуса имеется отверстие для выемки пород из погружаемого цилиндра (рис. 54). Несвязные породы можно вынимать эрлифтом или земснарядом, а валуны и гравелистые породы — пневмогрузчиком.

ЛИТЕРАТУРА

Балбачан Я. И. Проходка шахт в плавунках при помощи вибрации. Углетехиздат, 1947.

Баркан Д. Д. Современные задачи в области вибропогружения свай и шпунта. «Динамика грунтов», сборник НИИ оснований и фундаментов № 27. Госстройиздат, 1955.

Баркан Д. Д. Виброметод в строительстве. Госстройиздат, 1959.

Богинский В. С. Организация работ по забивке шпунта на строительстве Сталинградской ГЭС. Производственный бюллетень Сталинградгидростроя № 2. г. Волжский, 1958.

Бреннеке Л. и Ломейер Э. Основания и фундаменты, т. 1. Госстройиздат, 1933.

Инструкция по погружению и извлечению стального шпунта вибропогружателями, СН 59-59. Госстройиздат, М., 1959.

Маньковский Г. И. Проходка вертикальных шахт. ОНТИ НКП СССР, М., 1935.

Савинов О. А., Лускин А. Я., Цейтлин М. Г. и Плеханова С. В. Свайные вибропогружатели с подрессоренной пригрузкой. ВНИИ гидротехнических и санитарно-технических работ (ВНИИГТС). Госстройиздат, 1954.

Силин К. С. и Колоколов Н. М. Свайные фундаменты большого моста. Трансжелдориздат, 1957.

Савинов О. А. и Лускин А. Я. Вибрационный метод погружения свай и его применение в строительстве, Госстройиздат, Л., 1960.

Трупаков Н. Г. Специальные способы проведения горных выработок. Углетехиздат, 1951.

Цимбаревич П. М. Горнотехнические сооружения. Гостоптехиздат, 1940.

Ширай Е. Н. Проходка шахтных стволов в плавунках способом металллического шпунтового ограждения, погружаемого вибрированием, «Уголь Украины», 1958, № 6.

Шоклич А. Основания и фундаменты. ОНТИ НКП СССР, 1933.

5512

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	2
Глава I. Способ шпунтовых ограждений	5
Сущность способа	—
Выбор конструкции ограждения	6
Классификация шпунтин	8
Конструкции основных вибраторов и вибромолотов	13
Методы погружения и извлечения шпунтин и труб	20
Условия применения шпунтовых ограждений	26
Определение диаметра устья ствола	27
Глава II. Проходка шурфов и стволов шахт в плавнуках с применением вибromетода	30
Проходка шурфа № 2 шахты № 1—2 «Селидовская»	—
Проходка участка ствола № 2 шахты № 1 «Центральная»	38
Проходка клетового и скипового стволов шахты «Марьинская» в неустойчивых породах	49
Глава III. Применение вибрирования для погружения свай, труб, оболочек и шахтных крепей	84
Разведка пород методом вибросондирования	—
Вибропогружение замораживающих колонок в плавун	86
Погружение вибromетодом свай, оболочек и шахтных крепей	91
Литература	101

Ширай Евгений Николаевич
ВИБРОМЕТОД ПРИ ПРОХОДКЕ СТВОЛОВ ШАХТ В ПЛЫВУНАХ

Отв. редактор *И. А. Бродский* Редактор издательства *Е. П. Петракса*
Техн. редактор *Л. Н. Ломилана, Л. И. Минскер*
Корректор *И. Я. Эппель, Ю. С. Шулькина*

Сдано в набор 12/IV 1961 г. Подписано в печать 23/V 1961 г. Формат бумаги 60×90^{1/16}
Печ. л. 6,5 Уч.-изд. л. 6,24. Тираж 2000 экз. Т-06237
Изд. № 76 Инд. 4/3 Цена 31 коп. Заказ № 165

Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу
ГОСГОРТЕХИЗДАТ
Москва, Грузинский вал, д. 35.

Московская типография Госгортехиздата, Москва, Ж-88, Южно-портовый 1-й пр., 17.

V-2

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
38	7 снизу	40	42
63	5 сверху	76 квт.	75 квт.
80	22 сверху	Ели	Если
98	15 снизу	косвенного	косошного

Е. Н. Ширай. Виброметод при проходке стволов шахт в плавунах

Цена 31 коп.