

**М.Г. Зерцалов Ю.Е. Хечинов**

**Е.И. Жохов Д.С. Конюхов**

**Е.А. Корчагин А.В. Косолапов А.В. Манько**

# **ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ**

**Производство подземных работ  
и специальные способы  
строительства**

**(учебник для вузов)**

**Том 2**



**Библиотека  
гидроэнергетика**

*Авторы искренне благодарят некоммерческое  
партнерство «Гидроэнергетика России»,  
при финансовой поддержке которого  
был напечатан учебник.*

*Особую благодарность авторы выражают  
Расиму Магсумовичу Хазиахметову  
за постоянную помощь,  
оказанную в процессе  
издания книги.*



М.Г. Зерцалов, Ю.Е. Хечинов, Е.И. Жохов, Д.С. Конюхов,  
Е.А. Корчагин, А.В. Косолапов, А.В. Манько

# **ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ**

## **Часть 2**

### **Производство подземных работ и специальные способы строительства**

*Под редакцией д.т.н., проф. М.Г. Зерцалова*

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию в области строительства в качестве учебника  
для студентов, обучающихся по специальности 270104 –  
«Гидротехническое строительство»  
направления 270100 – «Строительство»*



Издательство АСВ  
Москва  
2012

### Рецензенты:

президент Ассоциации «Гидропроект», доктор технических наук, профессор *В.Я. Шайтанов*; доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный академик РААСН заведующий кафедрой «Гидротехнические сооружения» ФГОУ ВПО Московского государственного университета природообустройства *И.С. Румянцев*.

**Зерцалов М.Г., Хечинов Ю.Е., Жохов Е.И., Конюхов Д.С.,  
Корчагин Е.А., Косолапов А.В., Манько А.В.**

Производство гидротехнических работ: Учебное издание. Часть 2. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 328 с.

**ISBN 978-5-93093-895-1**

Учебник «Производство гидротехнических работ» отражает специфику основных видов гидротехнических работ, встречающихся при строительстве речных гидротехнических и гидроэнергетических сооружений различного назначения (плотины, дамбы, гидроэлектростанции, каналы, гидротехнические тоннели и др.). В первой части учебника рассмотрены вопросы производства земляных и бетонных работ, а также общие вопросы строительства, связанные с производством работ.

Вторая часть учебника посвящена производству работ при подземном строительстве, буровзрывным работам, а также специальным способам строительства. Материал учебника изложен с использованием передового отечественного и мирового опыта и отражает современные тенденции развития технологий и строительной техники. Учебник предназначен для студентов, обучающихся по специальности «Гидротехническое строительство» и другим специальностям и специализациям гидротехнической направленности, а также для молодых специалистов проектных и строительных организаций.

**ISBN 978-5-93093-895-1**

© Издательство АСВ, 2012

© Зерцалов М.Г. и др., 2012

Михаил Григорьевич Зерцалов, Юрий Евгеньевич Хечинов,  
Евгений Иванович Жохов, Дмитрий Сергеевич Конюхов,  
Евгений Александрович Корчагин, Андрей Владимирович Косолапов,  
Артур Владимирович Манько

Редактор *В.Ш. Мерзлякова*  
Компьютерная верстка *О.В. Лютова*  
Компьютерный дизайн обложки *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60×90/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 20,5 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511  
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко 2 части учебника .....	8
Введение .....	10

### ЧАСТЬ 2. ПРОИЗВОДСТВО ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

#### РАЗДЕЛ IV. ПРОИЗВОДСТВО БУРОВЗРЫВНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ

<b>ГЛАВА 28. Производство открытых буровых работ .....</b>	<b>12</b>
28.1. Буровые работы и методы бурения .....	12
28.2. Буровое оборудование и компрессорные установки .....	15
28.3. Бурение шпуров и скважин при разработке котлованов и профильных выемок .....	19
<b>ГЛАВА 29. Производство взрывных работ .....</b>	<b>21</b>
29.1. Действие взрыва на окружающую среду, ВВ и средства взрывания .....	21
29.2. Методы взрывания и расчет зарядов .....	27
29.3. Контурное взрывание .....	34
29.4. Управление действием взрыва .....	38
29.5. Особенности производства буровзрывных работ при разработке котлованов ответственных гидротехнических сооружений .....	40
<b>ГЛАВА 30. Взаимодействие подземных сооружений с вмещающим породным массивом .....</b>	<b>42</b>
30.1. Механические процессы, протекающие в породном массиве при строительстве подземных гидротехнических сооружений .....	42
30.2. Горное давление .....	43
30.3. Работа породного массива и крепи как единой системы .....	48
30.4. Выбор крепи породного массива .....	50
<b>ГЛАВА 31. Производство подземных работ .....</b>	<b>55</b>
31.1. Буровзрывной способ проходки подземных выработок .....	55
31.2. Крепление подземных выработок .....	67
31.3. Механизированный способ проходки с использованием проходческих комплексов .....	74
31.4. Проходка подземных выработок в слабых грунтах .....	80
31.5. Крепление выработок, пройденных в слабых грунтах .....	84

<b>ГЛАВА 32. Возведение обделок подземных сооружений.....</b>	<b>89</b>
32.1. Конструкции обделок, материалы для их изготовления и бетоноукладочное оборудование.....	89
32.2. Механизированные опалубки.....	92
32.3. Заполнительная цементация и металлические облицовки.....	95
<b>ГЛАВА 33. Строительство шахт, подземных водоводов .....</b>	<b>98</b>
33.1. Способы проходки вертикальных и крутонаклонных выработок .....	98
33.2. Строительство подземных машзалов, помещений силовых трансформаторов и затворов.....	103
<b>РАЗДЕЛ V. СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАБОТЫ</b>	
<b>ГЛАВА 34. Свайные и шпунтовые работы .....</b>	<b>109</b>
34.1. Типы свай и состав свайных работ .....	109
34.2. Погружение свай забивкой .....	121
34.3. Погружение свай вибрированием .....	133
34.4. Прочие способы погружения свай .....	143
34.5. Организация свайных работ .....	163
<b>ГЛАВА 35. Буровые сваи и «стенки в грунте».....</b>	<b>188</b>
35.1. Устройство буронабивных свай .....	188
35.2. Оборудование для буронабивных свай.....	204
35.3. Контроль качества изготовления буронабивных свай .....	206
35.4. Приемка работ по устройству буронабивных свай.....	209
35.5. Возведение сооружений способом «стена в грунте».....	210
<b>ГЛАВА 36. Искусственное упрочнение и укрепление грунтов .....</b>	<b>217</b>
36.1. Способы уплотнения и укрепления грунтов. Общие положения .....	217
36.2. Основные параметры цементации .....	220
36.3. Производство цементационных работ .....	227
36.4. Растворы и оборудование для цементации .....	232
36.5. Контроль качества цементации .....	239
36.6. Цементация строительных швов бетонных гидротехнических сооружений.....	240
<b>ГЛАВА 37. Гидроизоляционные работы.....</b>	<b>243</b>
37.1. Назначение гидроизоляции.....	243
37.2. Гидроизоляционные материалы .....	243
37.3. Металлоизоляция.....	246
37.4. Гидроизоляция из рулонных органических материалов .....	248
37.5. Окрасочная гидроизоляция.....	250
37.6. Штукатурная гидроизоляция.....	251

37.7. Инъекционная гидроизоляция .....	253
37.8. Гидроизоляционные мембраны на основе бентонитовых глин .....	253
37.9. Гидроизоляция стыков, швов и трещин .....	255
37.10. Гидроизоляция тоннелей .....	257
<b>ГЛАВА 38. Производство ремонтных работ .....</b>	<b>260</b>
38.1. Причины разрушения сооружений, текущий и капитальный ремонт .....	260
38.2. Ремонт земляных и бетонных сооружений .....	261
38.3. Контроль качества ремонтных работ .....	265
<b>ГЛАВА 39. Безвзрывные способы разработки грунтового массива и бетона .....</b>	<b>267</b>
39.1. Технология алмазной резки и сверления бетона и железобетона в гидротехническом строительстве .....	267
39.1.1. Алмазное сверление .....	268
39.1.2. Алмазная дисковая резка .....	270
39.1.3. Алмазная канатная резка .....	271
39.1.4. Примеры использования алмазных технологий в гидротехническом строительстве .....	272
39.1.5. Расчет времени производства работ по алмазному сверлению .....	281
39.1.6. Расчет времени производства работ по алмазной резке .....	286
39.1.7. Особенности использования алмазного сверления и резки в подводных условиях .....	295
39.2. Технология обработки бетона водой высокого давления .....	297
39.3. Фрезерование, разломка скальных глыб и бетона .....	302
<b>ГЛАВА 40. Производство монтажных работ .....</b>	<b>310</b>
40.1. Общие сведения .....	310
40.2. Монтаж закладных деталей затворов и ворот шлюзов .....	310
40.3. Монтаж затворов, решеток и ворот шлюзов .....	315
40.4. Монтаж механизмов .....	318
40.5. Монтаж металлических конструкций гидротехнических сооружений .....	319
40.6. Монтаж гидросилового оборудования .....	322
40.7. Монтаж электротехнического оборудования .....	326
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>327</b>



## Предисловие ко второй части учебника «Производство гидротехнических работ»

За прошедшие со времени издания последнего учебника по дисциплине «Производство гидротехнических работ» (под ред. профессора А.И. Чуракова, 1985) десятилетия произошли существенные изменения в уровне строительной техники, появились новые высокопроизводительные машины, новые конструктивные решения в проектировании и строительстве гидротехнических сооружений. Это, в свою очередь, безусловно, повлияло как на организацию и производство гидротехнических работ, так и на появление новых технологий.

Указанные перемены потребовали внесения соответствующих корректив в учебно-методическую литературу по учебной дисциплине «Производство гидротехнических работ».

Принимая это во внимание, преподавательским коллективом двух вузов, выпускающих специалистов по гидротехническим специальностям: Московского государственного строительного университета (Институт гидротехнического и энергетического строительства, кафедра «Подземное строительство и гидротехнические работы») и Санкт-Петербургского политехнического университета (инженерно-строительный факультет, кафедра «Технология, организация и экономика строительства»), был написан новый учебник. При его написании авторы постарались отразить все новое и прогрессивное, что появилось в технологии гидротехнического строительства за последние десятилетия. По сравнению с предыдущим учебником в данном издании гораздо шире представлены разделы, касающиеся бетонных и земляных работ, раздел, рассматривающий производство подземных работ. Кроме того, дается материал, отсутствующий в предыдущем учебнике. Например, включены главы, посвященные безвзрывным методам разработки скальных грунтов и бетонов, особенностям возведения перемычек в суровых зимних условиях. Написана глава, в которой рассматриваются ремонтные работы на гидротехнических сооружениях, актуальные в настоящее время.

Достоинством учебника является также то, что в его написании приняли участие известные специалисты в области проектирования, строительства и научных исследований крупнейших гидротехнических объектов нашей страны. Доктора технических наук, профессора А.Н. Марчук, В.И. Телешев, Ю.Е. Хечинов были участниками и внесли огромный вклад в строительство Братского, Ингурского и Зейского и других гидроузлов.

Для учебника характерно также то, что порядок изложенного в нем материала отличается от изложения, принятого в учебнике 1985 г. В предлагаемом издании учебник состоит из двух частей. В части 1 рассматриваются общие вопросы гидротехнического строительства, земляные и бетонные работы. Редакция первой части выполнялась д.т.н., проф. В.И. Телешевым. Производство буровзрывных, подземных работ, специ-

альные способы строительства, ремонтные работы рассмотрены в отдельных разделах и объединены в части 2. Редактирование этой части было выполнено д.т.н., проф. М.Г. Зерцаловым.

Каждая часть состоит из разделов, глав и параграфов, нумерация которых принята общей и переходит последовательно из первой части во вторую. В методическом плане основным структурным элементом учебника являются главы, которые соответствуют темам лекций (или практических занятий); параграфы определяют конкретные вопросы, рассматриваемые в данной теме. Группы глав, наиболее связанных между собой направлением излагаемого материала, объединены в разделы, что удобно для планирования учебного процесса. В целом содержание учебника соответствует программе дисциплины «Производство гидротехнических работ», что делает его полезным как для студентов, обучающихся по специальности «Гидротехническое строительство», так и для молодых специалистов, работающих как в проектных организациях, так и непосредственно на строительстве гидротехнических сооружений.

Общее редактирование учебника осуществлялось проф., д.т.н. М.Г. Зерцаловым.

## Введение

Во второй части «Производство подземных работ и специальные способы строительства» учебника «Производство гидротехнических работ», написанная коллективом кафедры «Подземное строительство и гидротехнические работы» Московского государственного строительного университета, рассматривает следующие разделы:

Раздел IV Производство буровзрывных и подземных работ

Раздел V Специальные работы

Раздел IV посвящен производству буровзрывных работ. Поскольку проведение буровзрывных работ имеет свою специфику и предъявляет особые требования к технике безопасности, этот вид работ был выделен в отдельный раздел. В разделе рассматриваются методы бурения, бурильное оборудование, показаны схемы бурения шпуров и скважин при разработке котлованов гидротехнических сооружений. Уделяется внимание влиянию взрывов на окружающую среду. Отмечаются особенности буровзрывных работ при возведении гидротехнических сооружений.

В разделе V изложены вопросы производства подземных работ при подземном строительстве. Принимая во внимание сложность подземных работ, их рассмотрению уделено больше внимания, чем в предыдущем учебнике. Так, для лучшего понимания процессов, происходящих при проходке подземных выработок и установке крепей, включена глава, в которой рассмотрены принципы их взаимодействия с вмещающим породным массивом. Кроме того, учитывая важность буровзрывных работ при проходке тоннелей и разработке подземных камер, в дополнение к материалу предыдущей главы подробно рассматривается производство буровзрывных работ при строительстве подземных сооружений.

Специальные работы занимают важное место в гидротехническом строительстве, поэтому, поскольку необходимость в них возникает при возведении каждого гидротехнического объекта, раздел IV и V полностью посвящен специальным способам строительства. Разделы состоят из глав, в каждой из которых рассматривается отдельный вид работ. В частности, в этих главах рассмотрено устройство свай, стен в грунте, шпунтовых ограждений; искусственное упрочнение и уплотнение грунтов. Особое внимание уделено в этой главе цементации как оснований гидротехнических сооружений, так и их межсекционных швов. С учетом появления новейших гидроизоляционных материалов рассмотрены гидроизоляционные работы. Новой является глава, посвященная производству работ при ремонте гидротехнических сооружений. Логически с ней связана также новая глава, рассматривающая безвзрывные способы разработки скальных массивов и бетонов, к которым относятся: фрезерование, разламывание скальных и бетонных блоков, а также получившие в последнее время распространение в строительстве алмазная резка и сверление. Особенно эти методы целесообразно использовать при ремонте гидротехнических объектов, поскольку

они не оказывают разрушающего воздействия на сооружение. Отдельная глава посвящена производству монтажных работ.

Как указывалось выше, вторая часть учебника написана авторским коллективом кафедры «Подземное строительство и гидротехнические работы» МГСУ. В частности, автором глав 28, 29, 31–33, 38 является д.т.н., профессор Ю.Е. Хечинов. Глава 30 написана д.т.н., профессором М.Г. Зерцаловым. Главы 34 и 35 написаны профессором Е.А. Корчагиным, главы 36, 37 написаны соответственно профессором Е.И. Жоховым и профессором Д.С. Конюховым, глава 39 – к.т.н., доцентом А.В. Косолаповым, глава 40 – к.т.н., доцентом А.В. Манько.

Авторский коллектив выражает особую благодарность старшему преподавателю кафедры «Подземное строительство и гидротехнические работы» М.В. Никишкину за ту помощь, которую он оказал при оформлении учебника и подготовке его к изданию.

***P.S.***

*В период издания учебника ушел из жизни один из инициаторов его написания, известный ученый-гидротехник, доктор технических наук, профессор Виктор Иванович Телешев. Его коллеги-соавторы посвящают свой труд светлой памяти этого прекрасного человека.*

# Раздел IV. ПРОИЗВОДСТВО БУРОВЗРЫВНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ

## Глава 28. ПРОИЗВОДСТВО ОТКРЫТЫХ БУРОВЫХ РАБОТ

### 28.1. Буровые работы и методы бурения

Разработка скального массива и мерзлых грунтов непосредственно экскаваторами различной мощности или сильно затруднена из-за низкой производительности, или вовсе невозможна без предварительного их разрыхления.

Одним из наиболее продуктивных способов предварительного разрыхления скального или мерзлого массива является взрывной способ.

Для размещения заряда взрывчатых веществ (ВВ) во взрывааемых грунтах необходимо создать специальные выработки. К таким выработкам относят цилиндрические полости различных диаметров и глубины, а также различного сечения зарядной камеры, предназначенной для размещения в ней большого количества ВВ.

В гидротехническом строительстве на открытых работах для размещения зарядов ВВ используют чаще всего шпурсы и скважины, создаваемые механическим путем с помощью буровой техники.

*Шпуром называют цилиндрическую полость в грунте диаметром до 75 мм и глубиной 5...6 м. К скважинам относят цилиндрические полости диаметром более 75 мм. Их длина зависит от назначения скважины. При производстве изыскательных работ и создании противодиффузионных завес длина скважины может достигать до нескольких сот метров. В строительной практике длина скважины не превышает 20...30 м.*

Шпуровой метод используют при доработке скального массива под основание гидротехнических сооружений, разработке грунта и дальнейшем извлечении его для создания неглубоких фундаментов, при выполнении вскрышных работ в мерзлых грунтах, малых траншей, а также в подземном строительстве.

Для разработки крупных скальных карьеров и котлованов, глубоких каналов и траншей, различных профильных выемок и подъездных дорог, в том числе на косогорных участках, используется шпуровой и скважинный метод.

В строительстве наибольшее распространение получили механические способы создания шпуров и скважин с целью дальнейшего разрыхления мерзлых и скальных грунтов, а именно: вращательный, ударный, ударно-поворотный и чаще всего применяемый ударно-вращательный.

При вращательном бурении разрушение грунта происходит за счет истирания или скалывания его специальными резами при непрерывном удалении из создаваемой полости продуктов разрушения.

Различают колонковое, роторное и шнековое вращательное бурение.

**Колонковое бурение** используется в основном при изыскательских работах, когда необходимо извлечь из глубины грунтового массива образцы скального грунта (керна) для последующего исследования его свойств: трещиноватости, прочностных и деформационных характеристик, сцепления и др.

Рабочим органом при этом является буровая коронка в виде отрезка стальной трубы, оснащенной по периметру технической алмазной крошкой (в прочных скальных грунтах) или зубчатыми резами из твердого сплава (рис. 28.1).

Диаметр скважин при использовании колонкового бурения достигает 200 мм и максимальной глубины 500 м. Нарастивание бурового става в процессе бурения осуществляется звеньями штанг длиной 1...1,5 м. Подача промывочной воды и удаление шлама в процессе бурения производится через сквозное отверстие коронки. Извлечение керна осуществляется с помощью специального керноотборника.

В настоящее время фирмой Atalas Corco создана система самодиагностики с использованием встроенного в буровой станок компьютера. Все параметры бурения регистрируются, давая прекрасный аналитический материал для геологов.

**Роторное бурение** представляет собой разрушение скального грунта по всему сечению скважины. Разрушение грунта происходит путем внедрения под действием осевого давления резов шарошки, перекатывающейся по забою скважины при механическом вращении бурильного инструмента (рис. 28.2).

Удаление породной мелочи (шлама) происходит с помощью сжатого воздуха, который одновременно охлаждает и саму шарошку, нагреваемую в процессе трения металлической резцовой части шарошки со скальным грунтом до температуры 300–500<sup>0</sup>. Использование роторного бурения ограничено в грунтах до VI категории (при  $\sigma_{сж}$  до 80 МПа).

Пылеудаление достигается с помощью специальных мешков или емкостей, в которые отсасывается пыль, и при заполнении емкости периодически опорожняются.

**Шнековое вращательное бурение** предназначено для создания неглубоких скважин в мягких или мерзлых грунтах глубиной до 20 м. Чаще этот



**Рис. 28.1. Буровая коронка, оснащенная по периметру алмазной крошкой или зубчатыми резами**

вид бурения используется для изыскательных работ в промышленно-гражданском строительстве. Шнековое бурение выполняют без промывки скважин. Выдача грунтовой массы из забоя осуществляется спиральным шнеком, конец штанги которого оснащен внедряющим в грунт наконечником (рис. 28.3).

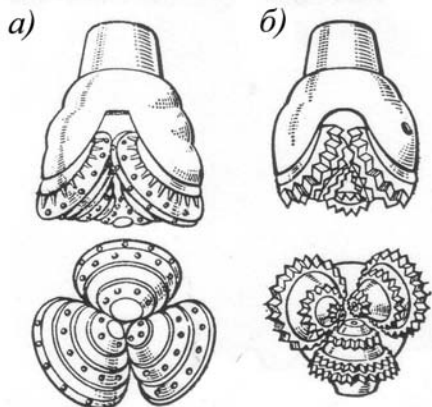


Рис. 28.2. Шарошечные резцы (долота) при роторном бурении. Трехшарошечные: а – штыревые и б – зубчатые резцы (долота)

с буровой штангой от внешнего двигателя. В этом случае отсутствует четкая кинематическая связь – удар – вращение.

**Ударно-поворотное бурение**, при котором бурильный инструмент под воздействием часто повторяющейся ударной нагрузки, направленной по оси буровой штанги на забой и за счет поворота коронки скалывает разрушенный ударом скальный грунт, а подаваемая вода извлекает шлам, а заодно и смачивает, одновременно охлаждая, коронку.

**Ударно-вращательное бурение** наиболее распространенный вид бурения, состоит в разрушении скального грунта в забое скважины бурильной коронкой, которая соединена с погруженным пневмоударником, вращающимся совместно

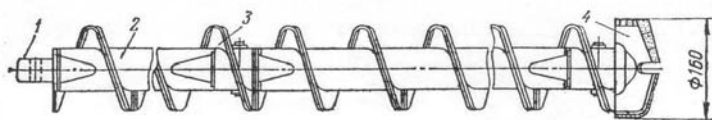
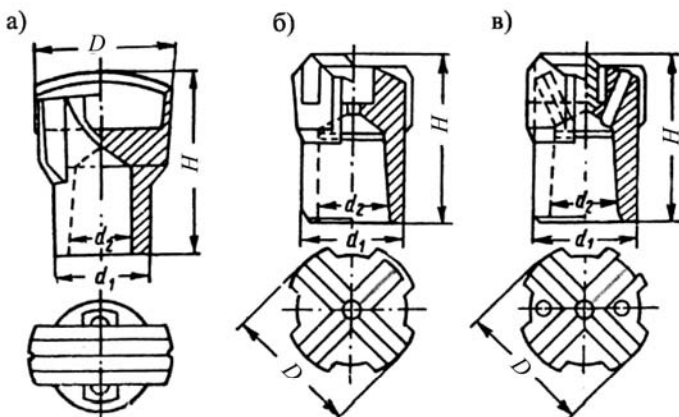


Рис. 28.3. Шнековая буровая штанга для мягких и мерзлых грунтов: 1 – хвостовик, прикрепляемый к вращателю; 2 – цельнотянутая труба; 3 – навиваемая на трубу спиральная полоса; 4 – прикрепленная к штанге коронка в виде лезвия

При ударно-вращательном бурении толщина удаляемого слоя в весьма крепких скальных грунтах значительно больше, чем при ударно-поворотном бурении, что обуславливается значительным моментом вращения и осевым усилием на штангу, которая через пневмоударник передается коронке, а через нее и на забой скважины.

Коронки, обранные твердым сплавом, могут быть: долотчатыми, крестовыми и штыревыми (рис. 28.4).



**Рис. 28.4. Съемные буровые коронки, армированные твердым сплавом:**  
*а* – долотчатая; *б* и *в* – крестовые

Долотчатые и крестовые коронки обрамлены пластинами из твердого сплава, а штыревые коронки имеют запрессованные в них твердосплавные шарики.

Так, в подземных условиях диаметр коронки, насаживаемой на штангу, составляет: для долотчатых – 40 мм при наружном диаметре 52 мм, а для крестовых коронок – 35 мм при наружном диаметре 42 мм.

Для открытых работ и бурения на уступах высокопроизводительные штыревые коронки из 16 шариков, насаженных на цилиндрические штанги диаметром 60 мм, позволяют разбуривать скважины в диапазоне 102–152 мм.

Современные коронки имеют два и даже три отверстия для подачи охлаждающей воды и удаления шлама, что облегчает промывку и бурение скважин на глубину до 30 м и более.

## 28.2. Буровое оборудование и компрессорные установки

В отечественной практике строительства типичным представителем станков для вращательного бурения является буровой станок БТС-150, смонтированный на тракторе, а также БТС-75 и БТС-М, предназначенные для бурения скважин, в том числе и малого диаметра в скальных грунтах. Технические характеристики представлены в *табл. 28.1*.

Бурильный инструмент при шарошечном бурении состоит из долота и звеньев стальных труб-штанг. Наиболее распространенные типы долот: трехшарошечные (для прочных скальных грунтов), штыревые, зубчатые и двухперые. Долота обозначают марками: 76-С, 93-С, 93-Т, 112-Т, 112-К и т.д. Цифры марки указывают размер стандартного диаметра в мм, а буквы – характеристику грунтов по крепости, для которых пригодны долота (С –



слабые, Т – твердые, К – крепкие...). Штангой служат составные цельнотянутые трубы. Существуют концевые штанги (забурник), основные штанги и хвостовые штанги, снабженные выточками для ключа и втулки с внутренней конической резьбой под долото или наращиваемую штангу. Штанги шнекового типа, предназначенные для бурения слабых или мерзлых грунтов, изготавливают путем наварки на стальную трубу спиральной полосы.

Таблица 28.1

Наименование	Показатели бурильных машин		
	БТС-150	БТС-75	БТС-М
Диаметр скважин, мм	150	70...130	60...125
Глубина бурения, м	До 20	До 15	До 10
Ходовая часть	Гусеничный трактор		
Производительность бурения, м/мин	До 0,5	До 0,5	До 0,6
Габариты			
Длина, мм	6600	8035	5600
Ширина, мм	3080	3040	3200
Высота, мм	5750	3540	3600

Для ударно-вращательного бурения в отечественной практике гидростроительства до сих пор применяются малогабаритные станки на гусеничном ходу типа СБУ-100, 125. Они быстро переводятся из транспортного положения в рабочее. В табл. 28.2 приводятся основные технические данные подобных буровых установок.

Таблица 28.2

Наименование	Значение показателей станка		
	1СБУ-125	СБУ-100Г	СБУ-100Н
Диаметр скважин, мм	105; 125	105	105
Глубина бурения, м	22	25...30	25...30
Максимально преодолеваемый уклон	25	20	25
Скорость передвижения, км/ч	~ 1,0	0,85	0,85
Габариты			
Длина, мм	4,0	4,0	2,2
Ширина, мм	2,4	2,3	1,3
Макс. высота, м	2,2	2,35	2,5
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	8...10	5,5...6	5,5

Эксплуатационная производительность этих буровых станков составляет от 3 до 5 м/ч и во многом зависит от крепости и трещиноватости обурываемого скального массива, диаметра скважин, давления сжатого воздуха и степени заточки пластин коронки.

Буровой инструмент восстанавливают в бурозаправочных мастерских. Погнутые штанги, изношенные коронки выправляют и производят перезаточку пластин и штырей из твердого сплава. Там же производят смену режущего инструмента на новый. От качества перезаточки и придания коронкам необходимой формы зависит не только увеличение срока их службы, но и скорость бурения шпуров и скважин. В практике зарубежного строительства для производства открытых буровых работ повсеместно используются буровые станки на гусеничном ходу фирм «Тамрок», «Атлас Копко», «Роббинс», «Фурукава», «Ингерсолл-Рэнд» и др. Один из лидеров по производству буровой техники «Атлас Копко» (Швеция) выпускает буровые станки, которые широко применяются в горнорудной промышленности и на разливных гидротехнических стройках мира.

Так, в 1948 г. для бурения с поверхности «Атлас Копко» предложил механизированные каретки на пневмошинах, а в 1963 г. был просторен первый гусеничный станок BVV61. С тех пор конструкция станка и перфоратора продолжают совершенствоваться. В 1973 г. наступила эпоха использования гидроперфораторов. Совершенными гидростанками на гусеничном ходу для машинного бурения на поверхности являются ROC D7, ROC F9, ROC L7 и др.

Комплектование станков осуществляется современными пневмопогружателями (ПП). При разработке крупных карьеров и в целях экономичности на буровых станках за рубежом внедряют системы компьютеризации, дистанционного управления и автоматизации процессов бурения.

Современные станки на гусеничном ходу снабжены встроенными компрессорами.

Компрессорные установки для выработки сжатого воздуха существуют стационарные и передвижные.

Стационарные установки изготавливают производительностью до 100 м<sup>3</sup>/мин. Их располагают в местах наибольшего потребления сжатого воздуха. Они снабжены поршневыми или турбокомпрессорными агрегатами.

Передвижные компрессорные установки на специальных пневмотележках производительностью 10...20...40 м<sup>3</sup>/мин располагают вблизи от потребителей. Выпускаемые в нашей стране передвижные компрессорные установки имеют производительность до 10 м<sup>3</sup>/мин. Технические характеристики основных отечественных компрессоров представлены в *табл. 28.3*.

*Таблица 28.3*

Тип компрессора	Рабочее давление, МПа	Производительность, м <sup>3</sup> /мин	Габариты			Масса, т
			длина, м	ширина, м	высота, м	
ПК-10	0,7	10				5,0
ПР-10М	0,7	10	3,9	1,7	2,2	3,0
ПВ-10	0,7	10,5	3,3	1,7	1,8	3,2

Технические данные зарубежных компрессоров «Атлас Копко» даны в табл. 28.4.

Таблица 28.4

Тип ком-прессора	Рабочее давление, МПа	Производительность, м <sup>3</sup> /мин	Габариты			Масса, т
			длина, м с дышлом	ширина, м	высота, м	
XAMS 376	0,86	23,2	12,5	2,15	2,45	5,1
XAMS 586	0,86	36	12,5	2,15	2,5	6

Максимальная производительность зарубежных передвижных компрессоров достигает 45 м<sup>3</sup>/мин.

Передвижение компрессорной станции осуществляется трактором или автомобилем.

Подачу воздуха от стационарных компрессоров к местам потребления выполняют по стальным трубам, соединенным сваркой или с помощью муфт.

Магистральные воздухопроводы монтируют из труб диаметром 100...150 мм. Суммарная потребность в сжатом воздухе для буровых работ определяется по формуле

$$Q = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \sum q; \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (28.1)$$

где  $K_1$  – коэффициент одновременности работы потребителя (при 5 потребителях  $K_1 \approx 0,8$ , при 10 –  $K_1 \approx 0,7$ );  $K_2$  – коэффициент утечки сжатого воздуха из сети,  $K_2 \approx 1,2 \dots 1,4$  (во многом зависит от качества соединения труб или дальности подачи);  $K_3$  – коэффициент, учитывающий уменьшение объема воздуха при охлаждении, равный 1,25...1,3;  $K_4$  – коэффициент, учитывающий степень разреженности воздуха на различных отметках (от 1,05 до 1,15 при высоте расположения стационарного компрессора до 1200...1400 м);  $K_5$  – коэффициент, учитывающий износ механизмов, равный 1,15...1,2;  $q$  – расход воздуха единичным потребителем, м<sup>3</sup>/мин.

Магистральные воздухопроводы выполняют в основном из металлических труб диаметром 50...300 мм, соединенных на сварке.

Часто предусматривают резерв подачи компрессорными установками сжатого воздуха не менее 20% от расчетной.

Воздухосборник помимо необходимости обеспечения равномерной без толчков подачи сжатого воздуха, отрицательно действующих на механизмы и различные бурильные инструменты, предназначен также для очистки его от всевозможных примесей.

Объем воздухосборника определяют по формуле

$$Q_{\text{в}} = 1,6 \sqrt{Q_{\text{н}}}. \quad (28.2)$$

В суровых климатических условиях магистральные воздухопроводы, находящиеся на дневной поверхности, тщательно утепляют.

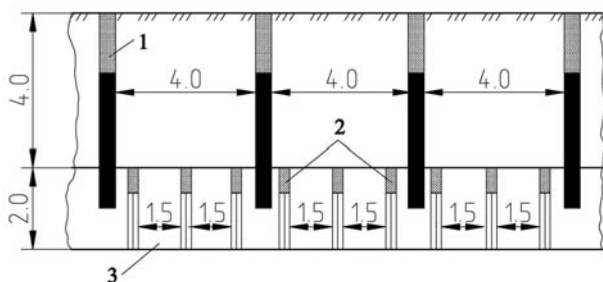
### 28.3. Бурение шпуров и скважин при разработке котлованов и профильных выемок

Бурение шпуров и скважин выполняется для разработки карьеров различной глубины, доработки мелкошпуровым методом защитного слоя оснований под фундаментные части сооружений, добычи ископаемых и камня, создания траншей и профильных выемок в скальных грунтах, а также для подъездных дорог на косогорах. Разработку скальных карьеров или котлованов глубиной до 5...6 м, а также доработку под основания гидротехнических сооружений выполняют шпуровым методом. Доработка защитного слоя под основание гидротехнических сооружений осуществляется исходя их требований к сохранности скальных оснований, т. е. с целью минимального воздействия на него. Кроме того, менее щадящее взрывное воздействие может стать причиной перебора скального грунта против проектной отметки, что неминуемо повлечет за собой нежелательный перерасход бетона в сооружение.

К таким сооружениям относят: котлованы под бетонные плотины, здания ГЭС, различные каналы и открытые водоводы и т.д.

Защитный слой, доработка которого осуществляется мелкошпуровым или скважинным способом уменьшенного диаметра, обычно не превышает 1,5...2 м.

Схема разрыхления скального грунта непосредственно у основания ответственных гидротехнических сооружений представлена на *рис. 28.5*.



**Рис. 28.5.** Схемы бурения грунта у нижнего контура котлована основания плотины Днестровской ГЭС: 1 – скважины диаметром 0,15 м; 2 – скважины диаметром 0,11 м; 3 – проектная отметка основания

При необходимости разрабатывать скальный грунт на склонах с крутизной до 30° предварительно устраивают тропы с металлическими пери-