



И.С. АФАНАСЬЕВ
А.И. ДУШИН

БУРЕНИЕ
СКВАЖИН
ПРИ РАЗВЕДКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

И. С. АФАНАСЬЕВ
А. И. ДУШИН

БУРЕНИЕ
СКВАЖИН
ПРИ РАЗВЕДКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ



ЛЕНИНГРАД «НЕДРА» ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1980

Афанасьев И. С., Душин А. И. Бурение скважин при разведке месторождений строительных материалов. — Л.: Недра, 1980. — 132 с.

В книге рассматриваются вопросы техники и технологии бурения скважин ударным, вращательным (в том числе колонковым с призабойной циркуляцией и с промывкой, шнековым, медленновращательным), вибрационным и комбинированным способами. Показаны области применения различных способов бурения, которые определены в зависимости от критериев качества, обеспечения необходимой геологической информативности и представительности опробования.

Рассмотрены также техника и технология бурения скважин большого диаметра и некоторые способы бурения, не получившие еще широкого распространения, но являющиеся перспективными: бурение с одновременным замораживанием горных пород и бурение с транспортировкой керна восходящим потоком промывочной жидкости.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занятых на разведке месторождений строительных материалов, она может быть полезной для студентов геологоразведочных техникумов и учащихся профессионально-технических училищ.

Табл. 44, ил. 46, список лит. 68 назв.

Рецензент — кандидат технических наук Ю. Т. Морозов

Непрерывно возрастающие объемы промышленного и гражданского строительства требуют создания надежной минерально-сырьевой базы для производства строительных материалов. Это обстоятельство определяет рост темпов геологоразведочных работ, направленных на обеспечение запасами сырья как действующих горнодобывающих предприятий, так и вновь строящихся и проектируемых.

Из года в год усложняются условия поисков и разведки месторождений строительных материалов, возрастают глубины разведочных скважин, геологоразведочные работы распространяются в труднодоступные и малоизученные районы. Поэтому обеспечение прироста запасов нерудных полезных ископаемых немислимо без увеличения эффективности геологоразведочного производства, применения новой техники и передовой технологии.

В связи с этим весьма актуальным является максимальное использование возможностей внедрения высокопроизводительных и эффективных способов бурения скважин: колонкового, вибрационного, ударно-забивного, медленновращательного, пневмоударного и др.

В практике геологоразведочных работ для достижения наивысшей производительности труда приходится в первую очередь решать вопросы полноты и точности геологического изучения и представительности опробования полезного ископаемого. С этой точки зрения выбор оптимального способа бурения при решении конкретной задачи имеет первостепенное значение. Такой выбор может быть сделан только на основе четкого представления о геологических задачах, которые должны быть решены в результате выполнения буровых работ, и знания возможностей, присущих каждому из способов бурения скважин.

Авторы настоящей книги считают, что изучение и обобщение отечественного и зарубежного опыта по бурению скважин при разведке месторождений строительных материалов различными прогрессивными способами будет способствовать общему повышению эффективности и качества буровых работ.

Авторы выражают глубокую благодарность горному инженеру Г. А. Блинову и кандидату технических наук Ю. Т. Морозову за ряд ценных критических замечаний, высказанных ими в процессе рецензирования настоящей книги.

ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 1. ПЕСОК И ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫЙ МАТЕРИАЛ

Песок и гравий представляют собой рыхлые несцементированные осадочные породы, состоящие из окатанных обломков горных пород и минералов различного состава, размеров и формы. Физические и технические свойства песка и гравия определяются крупностью, минеральным составом, формой и характером поверхности слагающих их зерен.

По минеральному составу различают пески кварцевые, кварцево-полевошпатовые, кварцево-глауконитовые и др. Наиболее широко распространены пески смешанного состава с примесью глины, слюды, карбонатных и других минералов.

Гравий чаще всего состоит из обломков наиболее крепких минералов и горных пород: кремня, кварца, гранита, гнейса, диабазы, кварцита и др. Среди крупных фракций гравия нередко в большом количестве присутствуют сланцы, известняки, доломиты и др. По степени окатанности частицы разделяются на окатанные, полуокатанные и угловатые.

Гравийно-песчаным материалом называют рыхлую обломочную горную породу, представляющую собой естественную механическую смесь песка, гравия и более крупных обломков горных пород. В различных отраслях промышленности, использующих песок и гравий, деление их по гранулометрическому составу имеет свои особенности. Наиболее часто к песку относят частицы от 0,05 до 3 мм; к гравию — от 3 до 70 мм, а обломки крупнее 70 мм называют валунами. Исходя из такого деления порода, в которой содержится гравия меньше 10%, считается песком, при содержании в ней гравия больше 10% — песчано-гравийным материалом, а при содержании в песчано-гравийном материале более 5% валунов — валуново-гравийно-песчаным.

Гравийно-песчаные месторождения встречаются почти исключительно в четвертичных отложениях. Ниже перечислены генетические типы отложений, к которым приурочены наиболее распространенные промышленные месторождения (в соответствии с генетической классификацией ВСЕГЕИ).

Флювногляцциальные

1. Зандровые.
2. Озовые.
3. Камовые.
4. Межморенные

Аллювиальные

1. Террасовые. 2. Пойменные. 3. Русловые

Проллювиальные

1. Отложения селевых потоков. 2. Отложения конусов выноса

Морские и озерные

1. Террасовые. 2. Отложения береговых валов. 3. Прибрежные

По запасам месторождения подразделяются на мелкие (< 1 млн. m^3), средние (1—10 млн. m^3) и крупные (> 10 млн. m^3).

Песок и гравийно-песчаный материал относятся к широко распространенному минеральному сырью, имеют много областей применения и используются в количествах, измеряемых ежегодно сотнями миллионов тонн. С точки зрения количества и в какой-то мере качества пески и гравийно-песчаный материал, используемые в народном хозяйстве, могут быть разделены на две группы:

- а) массового использования, б) узкоцелевого назначения.

Песок и гравийно-песчаный материал первой группы используются в промышленном и дорожном строительстве (железобетонных конструкциях, в качестве наполнителя в бетоне, производстве строительного кирпича, кровельных рулонных материалов и т. д.), второй — в литейном производстве (формовочные пески), в производстве стекла, фарфора, фаянса и в ряде других отраслей народного хозяйства.

Качественные требования к песку и к гравийно-песчаному материалу определяются соответствующими ГОСТ и отраслевыми техническими условиями и включают в себя крупность зерен, химический состав, минерально-петрографическую характеристику и наличие в изучаемой массе глинистых, илистых или пылеватых частиц и органических примесей. Другими словами, основным требованием, предъявляемым к песку и гравийно-песчаному материалу в каждом конкретном случае его использования, является гранулометрический и минерально-петрографический состав, а также чистота, т. е. содержание в них пылеватых, глинистых частиц и органических примесей.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРОБОВАНИЯ ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При разведке гравийно-песчаных месторождений опробование является главной и наиболее ответственной частью работ. Принципы опробования основаны на качественных требованиях к гравийно-песчаному материалу как сырью, используемому той или иной отраслью промышленности или строительства. Опробование заключается в отборе проб из исходной горной породы, обработке и доведении их до массы, необходимой для проведения исследований и испытаний.

При опробовании должны быть выполнены следующие условия:

1. Изучение качества гравийно-песчаного материала необходимо осуществлять с учетом возможности его комплексного использования для всех видов строительных работ (группа А). Это условие относится ко всем крупным и средним месторождениям. Для мелких месторождений комплексная оценка качества необязательна. Во всех случаях главное внимание должно быть уделено оценке качества материала по его основному назначению.

2. Опробование должно гарантировать возможность изучения всех полезных компонентов, слагающих исследуемую толщу (песок, гравий, валуны), а также пород вскрыши, если использование их промышленностью возможно и целесообразно.

3. Исследуемая толща должна быть опробована на всю мощность. Если разведка производится до определенного горизонта (например, до уровня подземных вод), то по редкой сетке должны быть пройдены и опробованы выработки, полностью вскрывающие всю гравийно-песчаную толщу.

4. Перерывы в опробовании полезной толщи не допускаются (по выработкам не должно быть неопробованных интервалов, даже если эти интервалы представлены некондиционными породами). Исключением могут быть лишь мощные прослои некондиционных пород, необходимость удаления которых при разработке не вызывает сомнений.

5. Опробование должно производиться в соответствии с задачами, характерными для данной стадии разведки;

6. Все пробы, отобранные при проведении как поисковых, так и разведочных работ, изучаются в полевых и в лабораторных условиях с целью определения состава гравийно-песчаной толщи и оценки качества слагающих ее компонентов. Перечень исследований, необходимых для оценки качества материала в зависимости от его назначения, определяется соответствующими ГОСТ и ведомственными техническими условиями. Ниже приводится перечень анализов и испытаний, обычно выполняемых при геологоразведочных работах.

В полевых условиях:

- а) определение гранулометрического состава продуктивной толщи;
- б) определение петрографического состава гравия и валунов;
- в) определение содержания органических примесей по специальным точечным пробам, отбираемым от нерассеянного гравийно-песчаного материала;
- г) определение объемного веса в целике и коэффициента разрыхления.

В лабораторных условиях:

- а) определение гранулометрического состава песка (ситовой анализ) и содержания в нем вредных примесей (органических, пылеватых и глинистых);
- б) определение содержания органических и пылевато-глинистых примесей в гравии;
- в) минералогический анализ песка;
- г) химический анализ песка;
- д) комплексные физико-механические испытания песка, гравия, валунов (для определения исходных свойств породы) и щебня, полученного дроблением валунов.

В ряде случаев бывает необходимо выполнить прямые технологические испытания в соответствии с назначением песков или гравийно-песчаного материала.

В зависимости от интервалов отбора проб различают секционное, послонное, послонно-секционное и погоризонтное опробование.

Секционным называется опробование, при котором полезная толща или выделяемый в ней горизонт делится на несколько частей (секций), в каждой из которых берется отдельная проба. Секции имеют примерно равную длину (интервал отбора пробы), которая бывает различной на разных стадиях разведки. Сечение выработки в пределах одной секции должно быть неизменным.

Пслонное опробование представляет собой частный случай секционного, при котором длины секций не равны между собой, а соответствуют мощностям литологически разных слоев, слагающих полезную толщу. Секционные пробы могут отбираться и в пределах мощных литологически однородных слоев. В этом случае опробование называется послонно-секционным.

Погоризонтным называется опробование, при котором интервал отбора проб равен высоте уступа будущего карьера, т. е. соответствует горизонту отработки. Погоризонтные пробы отбираются либо непосредственно в процессе проходки выработки, либо составляются путем объединения первоначально отобранных секционных или послонных проб.

В зависимости от назначения различают следующие виды проб:

а) пробы для определения гранулометрического состава гравийно-песчаного материала;

б) пробы для изучения петрографического состава гравия;

в) лабораторные пробы гравия для определения содержания вредных примесей;

г) лабораторные пробы песка для определения гранулометрического состава и содержания вредных примесей;

д) точечные пробы гравийно-песчаного материала для определения содержания органических примесей;

е) технические пробы песка, гравия и валунов для комплексных физико-механических испытаний;

ж) технологические пробы песка, гравия и валунов (щебня из валунов) для комплексных физико-механических и прямых технологических испытаний в строительных растворах, бетоне, битуме и т. д.;

з) пробы песка на минералогический и химический анализы.

Опробование с требуемой степенью детальности должно освещать всю территорию месторождения. Пункты отбора проб для определения гранулометрического и петрографического состава и содержания вредных примесей должны располагаться на площади разведваемого месторождения равномерно, но с учетом изменчивости вещественного состава залежи и детальности разведки. В зависимости от характера изменчивости опробуемые выработки

располагаются либо по правильной сетке, либо на разведочных линиях со сгущением в направлении большей изменчивости.

Пробы для комплексных физико-механических и технологических испытаний должны отбираться от всех характерных разновидностей (сортов) материала, отдельно по каждому самостоятельно характеризуемому горизонту и блоку (участку) месторождения.

Представительная конечная масса секционных (послойных) проб устанавливается по формуле

$$Q = 0,2 d^3,$$

где d — максимальный диаметр кусков (зерен) в пробе, см.

Легко рассчитать, что при крупности гравия до 70 мм представительная масса пробы составит около 70 кг. В практике разведки месторождений гравийно-песчаного материала с целью получения достаточного количества материала для лабораторного изучения отдельных фракций при содержании гравия меньше 50% рекомендуется доводить конечную массу пробы до 100 кг.

По выработкам, из которых отбираются погоризонтные технические и технологические пробы, устанавливается конечная масса их с таким расчетом, чтобы получить после рассева достаточно гравия для составления технической пробы. Наименьшая общая конечная масса всех гравийно-песчаных проб, отбираемых для этой цели из выработки или выделенного горизонта, в зависимости от среднего содержания гравия в опробуемой выработке приведена в табл. 1.

Таблица 1
КОНЕЧНАЯ МАССА ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ ПРОБ

Назначение пробы (комплекс испытаний)	Масса пробы, кг, при содержании гравия, %				
	15	20	30	40	50
Полный комплекс без испытаний в бетоне	2000	1500	1000	750	500
То же, с испытанием в бетоне или битуме	3000	2300	1700	1200	900
То же, с одновременным испытанием в бетоне и в битуме	4000	3000	2200	1500	1100

Конечная масса пробы в этом случае определяется по формуле

$$P = Ql/M,$$

где P — конечная масса секционной или послойной пробы, кг; Q — общая конечная масса всех объединяемых проб (по табл. 1), кг; l — интервал отбора секционной (послойной) пробы, м; M — мощность полезной толщи (или выделенного горизонта) в данной выработке, м.

Материал для петрографической разборки гравия отбирается после отсева секционных (послойных) проб. Разборка производится отдельно по всем фракциям или по одной объединенной фракции гравия в зависимости от характера и стадии разведки месторождения. Материал для петрографической разборки (100—120 зерен) отбирается точечным методом от каждой фракции или от их смеси. Разборка отобранной навески производится простым подсчетом зерен каждой породы с последующим объединением пород в пять технологических групп.

I. Крепкие породы (гранит, сиенит, диорит, кварцит и др.).

II. Породы средней крепости (гнейсы, известняки, песчаники и др.).

III. Слабые породы (сланцы, мел, гипс, слабые песчаники, выветрелые породы и др.).

IV. Вредные для бетонов породы (рудные минералы, содержащие серу или железо, кислые эффузивные породы, известняки, кремни и аморфные модификации кремнезема и др.).

V. Породы, плохо сцепляющиеся с битумом (кварциты, кварцито-песчаники, кремни и др.).

Для определения гранулометрического состава гравийно-песчаного материала в процессе проходки выработки отбираются валуны и с помощью шаблона сортируются вручную на две фракции: 70—450 мм и крупнее 450 мм. Гравийно-песчаная масса подвергается севу на грохоте через сита с круглыми отверстиями. Обычный набор сит имеет диаметр отверстий 70, 40, 20, 10, 5 и 3 мм. Полученные в результате грохочения фракции взвешиваются и вычисляется их содержание в горной массе в целых процентах.

При разведке гравийно-песчаных месторождений буровыми скважинами, так же как и горными выработками, необходимо выполнять условия, вытекающие из перечисленных выше принципов и ограничений опробования. Очевидно, что принципы опробования будут соблюдены, если в процессе бурения будет обеспечено следующее.

1. Выход керна при бурении по продуктивной толще будет составлять не менее 80%.

2. Масса гравийно-песчаного материала, полученного в виде керна, будет не меньше минимальной конечной массы представительной пробы.

3. В процессе бурения не должно быть искусственного разубоживания или обогащения гравийно-песчаного материала.

4. При опробовании по керну должна быть обеспечена надежная фиксация границ литологических разностей толщи, а также границ горизонтов, отличающихся по гранулометрическому или петрографическому составу.

5. Система разведки месторождения должна обеспечивать возможность изучения не только гравийно-песчаной смеси, но и определения содержания валунов, их размеров и петрографической характеристики.

При бурении разведочных скважин вся извлекаемая из скважины порода, объединенная в пределах принятого для опробования интервала, составляет исходную секционную (послойную) пробу. Материал с отдельных рейсов можно объединять в одну пробу только при бурении одним диаметром; при смене диаметра бурения необходимо отбирать новую пробу. Выход керна при бурении определяется сравнением массы фактически поднятого на поверхность материала с рассчитанной по формуле

$$Q = \pi d^2 l \rho / 4,$$

где: d — диаметр бурения (внутренний диаметр обсадных труб при бурении желонкой), м; l — мощность интервала опробования (длина рейса), м; ρ — плотность породы, кг/м³ (для гравийно-песчаного материала, не содержащего валунов, принимается $\rho = 1600 \div 1800$ кг/м³).

Практикой геологоразведочных работ определено, что наиболее целесообразными диаметрами бурения по продуктивной толще являются 6—8", если содержание валунов в ней превышает 3%. При отсутствии валунов или незначительном количестве их диаметр бурения может быть уменьшен до 4 1/2" (132 мм). При большом количестве валунов, в том числе крупных, для определения их содержания необходимо наряду с бурением скважин проходить шурфы, а также использовать косвенные методы, но в обязательном сочетании с проходкой шурфов и в тех случаях, когда косвенные методы коррелируются с прямыми.

§ 2. ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ

Мировая добыча глинистых пород по приблизительному подсчету превышает 0,5 млрд. т в год. Глинистые породы чрезвычайно широко и разносторонне используются в народном хозяйстве как доступный материал, обладающий рядом ценных технических свойств. Широкой областью использования глин является производство керамических изделий, включающее в себя огнеупоры, кислотоупоры, электротехническую, санитарно-техническую, строительную керамику, фарфор и фаянс. Применительно к требованиям этих отраслей промышленности глинистые породы классифицируются по ГОСТ 9169—75, которым предусмотрены следующие признаки: огнеупорность; содержание $Al_2O_3 + TiO_2$; спекаемость; содержание красящих окислов (Fe_2O_3 и TiO_2); пластичность; дисперсность; содержание крупнозернистых включений ($>0,5$ мм).

На глины для производства строительной и грубой керамики (глиняный кирпич и кровельная черепица, лицевой кирпич и архитектурная отделочная керамика, печные изразцы, керамические плитки для полов, канализационные и дренажные трубы, кирпич дорожный и клинкерный и др.) не имеется стандартов и технических условий, поэтому их пригодность определяется по качеству получаемых из них изделий. К числу основных физико-механиче-

ских свойств керамических строительных изделий относятся: прочность на сжатие и излом; морозостойкость; пористость; отсутствие известковых включений; плотность для пустотелых и пористых изделий.

Применение глинистых пород в других отраслях промышленности (алюминиевой, цементной, в производстве сорбентов, красителей, керамических заполнителей в бетонах и др.) регламентируется соответствующими ГОСТ или отраслевыми техническими условиями.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

При поисках и на стадии предварительной разведки необходимо с возможно большей степенью детальности изучить строение толщи полезного ископаемого. Поэтому на этих этапах необходимо опробовать все глинистые породы во всех обнажениях и выработках. Рядовые (массовые) пробы должны отбираться по секционному путем отделения и включения в пробу половины керна по длине. Проба должна включать весь материал опробуемого интервала (секции). Секции в сумме должны охватывать всю мощность опробуемой толщи без пропусков. Длина секции должна соответствовать мощности литологически однородного (визуально) слоя. При большой мощности внешне однородных слоев, когда необходимо исследовать особенности, внешне выражающиеся неясно (например, содержание примесей, оцениваемое долями процента), целесообразно ограничивать длину секций. Для большинства случаев в практике разведки месторождений глинистых пород оказываются достаточными секции длиной 0,5—1 м. Секции меньшей длины целесообразно применять только при очевидной возможности выделения таких слоев при эксплуатации. Такими же соображениями следует руководствоваться и при решении вопроса о включении в секции прослоев пустых пород в тех случаях, если невозможно их выделение при добыче.

На стадии детальной разведки, когда внутреннее строение толщи полезного ископаемого изучено достаточно полно, возможно применение послонного опробования с большой длиной секций. Схемы опробования толщ большой мощности или особо сложного строения согласовываются с проектными организациями, осуществляющими подготовку месторождения к эксплуатации.

Рядовые пробы предназначаются для выполнения массовых лабораторных испытаний, программы которых обычно довольно ограничены. Конечная масса этих проб может составлять 1,5—2 кг.

Для лабораторного исследования технологических свойств глинистых пород отбираются специальные пробы массой 50—200 кг. Конкретная масса пробы согласовывается с лабораторией, производящей исследования. Для отбора этих проб пробуривают специальные скважины большого диаметра или куст скважин (вари-

ант выбирают в каждом конкретном случае с учетом технико-экономических критериев), места заложения которых намечают исходя из условия получения материала, представительного для месторождения. Для месторождений глинистых пород, в которых полезное ископаемое представлено разновидностями технологического назначения, выбор мест заложения выработок для отбора технологических проб производится с ориентацией на наиболее ценные и преобладающие разновидности.

Масса проб для производства испытаний в промышленных условиях колеблется от нескольких тонн до 2000 т. Этим, по существу, определяется тип выработок, из которых должны быть отобраны такие пробы: если пробу весом до нескольких тонн можно получить из скважины большого диаметра или из куста скважин, то сотни тонн материала могут быть получены только из горных выработок.

Основными требованиями, предъявляемыми к разведочным выработкам, являются требования к выходу керна. При разведке месторождений глинистых пород выход керна 80% даст надежную основу для геологического изучения и опробования продуктивной толщи. В случае, если полезная толща представлена несколькими слоями различного качественного состава, требование к выходу керна относится не только к толще, но и к каждому слою в отдельности.

Состояние керна должно обеспечивать возможность выделения и полного описания всех литологических разновидностей глинистых пород, встречающихся в разрезе; кроме того, должны быть выделены прослои других пород в полезной толще, а также различные включения с указанием их количества и размеров.

Диапазон глубин залегания полезного ископаемого, физико-механических свойств пород и требований к геологическому изучению и опробованию при поисках и разведке месторождений глинистых пород обуславливает применение следующих способов бурения разведочных скважин:

- колонковое бурение с промывкой водой или глинистыми растворами (разведка месторождений огнеупорных глин);
- колонковое бурение с призабойной циркуляцией (разведка месторождений неглубоко залегающих глинистых пород);
- шнековое бурение и вибробурение (разведка неглубоко залегающих месторождений при наличии комплекса пород, слагающих продуктивную толщу и вскрывшу, благоприятного для эффективного использования данных способов бурения);
- бурение скважин большого диаметра (для отбора проб на полузаводские и заводские испытания).

§ 3. ПРИРОДНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве природных облицовочных материалов используются монолитные горные породы, приобретающие после обработки необходимые декоративные качества и отвечающие заданным тре-

бованиям долговечности. Они используются как для наружной, так и для внутренней облицовки зданий и сооружений различного назначения. Горные породы, используемые в качестве облицовочного материала, классифицируются по генетическому признаку.

Изверженные

Глубинные

Граниты
Сyenиты
Диориты
Габбро

Излившиеся

Базальты, диабазы
Андезиты
Пористые вулканические породы
Туфовые лавы

Осадочные

Песчаники (кремнистые, известковые)
Известняки и известковые туфы,
доломиты
Гипсовый камень

Метаморфические

Кварциты
Мрамор (цветной и белый)

Требования, предъявляемые к природным облицовочным материалам, разделяются на две группы.

1. Геологические, горнотехнические и экономические (характер залегания полезного ископаемого, гидрогеологические условия, запасы, расположение месторождения, возможные транспортные коммуникации и др.).

2. Качественные, зависящие от области и условий применения (монолитность полезной толщи месторождения и возможность получения блоков заданных размеров, декоративность, долговечность, прочность, степень истираемости и др.).

Монолитность породы, предназначенной для облицовочного материала, является обязательным требованием, поскольку она обеспечивает получение блоков заданного размера. Густота и направление трещин отдельности в толще пород во многом определяют выбор системы разработки. Для правильной оценки качества облицовочного камня необходимо выяснить максимальные размеры блоков, которые могут быть добыты, а также общий процент выхода блоков, отвечающих требованиям ГОСТ.

Декоративные качества облицовочных материалов являются важным фактором при строительных работах. Наиболее полно они определяются в лаборатории, но имеются методы, позволяющие сделать приблизительную оценку декоративности и в полевых условиях.

Разведка месторождений природных облицовочных материалов производится в основном скважинами и поверхностными горными выработками, которые проходятся с целью отбора технологических проб.

§ 4. ИЗВЕСТНЯКИ И ДОЛОМИТЫ

По ориентировочным подсчетам мировая добыча известняков составляет 1,5 млрд. т в год.

По физическим, химическим и технологическим свойствам известняков применение их в промышленности делится на четыре группы:

1) производство вяжущих веществ, химическая и сахарная отрасли промышленности (решающее значение имеет химический состав, а физико-механические свойства изучают менее детально);

2) металлургия (важен химический состав и физико-механические свойства);

3) строительство, где известняк используется как бутовый камень, щебень для бетонных и дорожностроительных работ, а также для балластирования железнодорожных путей (главное значение имеют физико-механические свойства, а химический состав практически не учитывается);

4) отрасли строительства, где известняк используется в качестве стенового, облицовочного и строительного камня (кроме физико-механических свойств важно получение штучного камня правильной формы и определенных размеров наряду со способностью к распиловке и полировке).

Известняки используются очень широко во многих отраслях народного хозяйства. В черной металлургии употребляется в качестве основного флюса при доменной плавке кислых железных руд, а при мартеновском или томасовском процессах флюсовый известняк и известь служат для удаления в шлак фосфора и серы. Флюсовый известняк должен обладать соответствующим химическим составом, необходимой механической прочностью и кусковатостью. Он должен содержать максимальное количество углекислого кальция и как можно меньше балластных (кремнезем, глинозем) и вредных (сера, фосфор) примесей. Dolomitization известняков в доменном производстве желательна, но в сталелитейном производстве содержание магнезии во флюсах ограничивается.

В цветной металлургии известняк и известь применяются в качестве флюса и подсобного технологического сырья, а также в процессах флотации и цианирования руд.

В производстве алюминия известняк используется в качестве одного из компонентов шихты при получении глинозема путем спекания, а также для обработки щелочных растворов глинозема. При этом в первую очередь имеют значение показатели содержания CaCO_3 (полезный компонент), MgO и SiO_2 (вредные компоненты), кусковатость и влажность.

Известняк применяется в качестве флюса в производстве никеля, выплавке меди, при плавке окисленных и сульфидных руд: свинцовых, сурьмяных, оловянных, серебряных и т. д. Он служит также исходной рудой для получения металлического кальция,

строительной извести и портланд-цементов, при производстве соды, карбида кальция, минеральных удобрений.

Широкое применение известняк нашел в строительстве в качестве штучного камня и щебня. Незаменим он и при производстве стекла, в сахарной промышленности, в бумажной и полиграфической промышленности, в сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства.

Доломиты используются во многих отраслях народного хозяйства в сыром и обожженном виде, а также в качестве технологического сырья и магнезиевой руды. Главным потребителем доломитов являются производство огнеупоров, черная металлургия, производство магнезита, вяжущих и термоизоляционных материалов, промышленное, жилищное и дорожное строительство, стекольная промышленность, производство абразивных материалов, химическая, фармацевтическая и другие отрасли промышленности.

ОПРОВОДАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКОВ И ДОЛОМИТОВ

Для химических анализов отбор проб производят из керна, раскалывая его пополам. Дальнейшая обработка: дробление, истирание, смешение и квартование производится по общепринятой методике. Конечная масса проб 100—200 г.

Для физико-механических испытаний отбирают куски керна или выпиливают штUFFы определенного размера. Масса пробы известняка, предназначенного для производства извести, составляет 20—50 кг, для технологических испытаний в бетоне — 50 кг.

Пробы облицовочного известняка отбираются в виде образцов, позволяющих определять декоративные качества после обработки. Для полузаводских и заводских испытаний пробы отбираются валовым способом, их масса (десятки, а иногда и сотни тонн) согласовывается с организацией, которая будет производить испытания.

Количество отбираемых проб зависит от стадии разведочных работ и назначения известняков. При разведке известняков для нужд металлургической промышленности, вяжущих материалов, химического, сахарного и стекольного производства пробы для химических анализов отбираются послойно или посекционно во всех выработках, а для физико-механических испытаний — только от основных разновидностей в отдельных характерных выработках.

Для лабораторных технологических испытаний берутся 1—3 пробы от всех разновидностей известняков. Пробы для полузаводских и заводских испытаний берутся в 1—2 характерных для данного месторождения пунктах.

На месторождениях штучного строительного камня и щебня для физико-механических испытаний отбираются послойные и секционные пробы во всех выработках (для химических анализов только единичные).

При разведке известняков для облицовочного камня отбирается по несколько проб от каждой промышленной разновидности известняков для всесторонних технологических испытаний. На всех стадиях геологоразведочных работ, от поисков и до детальной разведки включительно, производится изучение качества известняков. Это изучение заключается в следующем: геолого-литологическое изучение карбонатной толщи; опробование полезной толщи; анализы и испытания проб.

Задача поисковых и разведочных скважин, если разведка ведется буровыми скважинами, заключается в том, чтобы по поднятому на поверхность керну можно было изучить геолого-литологические характеристики толщи и выполнить представительное опробование, результаты которого отражали бы качество известняка, слагающего месторождение.

Геологическая изученность месторождения должна давать правильное представление о его строении, условиях образования и степени фациальной изменчивости карбонатных пород, их закарстованности, трещиноватости, тектонической нарушенности.

Технология бурения скважин должна обеспечивать достаточно высокий выход керна по полезному ископаемому (не ниже 80%). Если полезная толща представлена несколькими слоями различного качественного состава, требования к выходу керна следует отнести отдельно к каждому слою, а не ко всей полезной толще в целом. Слоистые толщи карбонатных пород расчленяются на слои и пачки, которые должны быть изучены и опробованы индивидуально, а также прослежены и сопоставлены во всех пройденных на месторождении выработках. Слоистые толщи должны быть подразделены на фациально-литологические или текстурные разновидности. При разведке должны быть установлены: изменения полезной толщи в зоне контактов с изверженными массивами и жилами; наличие окремнения, вторичной кальцитизации и доломитизации, включений и каверн; зоны дезинтегрированных пород, тектонических нарушений и дробления, трещиноватость, форма и размеры отдельностей; характер и интенсивность выветривания, карстопроявления.

УДАРНО-КАНАТНОЕ БУРЕНИЕ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА И КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ

Ударно-канатное бурение эффективно применяется в районах, характеризующихся сложными геологическими условиями. В практике геологоразведочных работ в основном применяются две разновидности: бурение с опережающим забой креплением обсадными трубами и бурение забивными стаканами. В обоих случаях крепление скважин происходит в процессе бурения и тем самым исключается привнос частиц вышележащих пород в породы полезной толщи. Геологический разрез пробуренных пород, в том числе глубина вскрытия, мощность и уровень грунтовых вод отбиваются, как правило, достаточно точно, что позволяет отбирать пробы со всех прослоев полезной толщи и по результатам опробования судить с большой точностью о качестве. Данный способ бурения обеспечивает получение больших по объему проб. При разведке песчано-гравийных месторождений для отбора технологических проб проходятся шурфы. Однако шурфы с каркасно-металлическим креплением могут быть пройдены по необходненной части разреза до глубины 30 м. При больших глубинах отбор технологических проб можно производить только из скважины большого диаметра. Поэтому ударно-канатное бурение нашло широкое применение при замене проходки шурфов бурением скважин большого диаметра, а также на добурировании шурфоскважин в породах, залегающих ниже уровня грунтовых вод.

По сравнению с другими способами ударно-канатное бурение имеет ряд недостатков. Среди них бурение только вертикальных скважин, низкие скорости, трудоемкость вспомогательных операций. Но при бурении песчано-гравийных и особенно валунно-галечниковых отложений предпочтение отдается ударно-канатному способу.

Для ударно-канатного бурения все породы делят на 7 категорий по буримости (табл. 2).

§ 2. ИНСТРУМЕНТ

К рабочему инструменту относятся: долота, забивные стаканы, желонки, ударные штанги с переходниками, раздвижные штанги и канатные замки. Различные комбинации этого инструмента составляют буровой снаряд для разрушения и извлечения породы из скважины.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ
ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО УДАРНО-КАНАТНОГО БУРЕНИЯ *

Категория	Породы	Вурение, м	
		за 1 час чистого бурения	за 1 рейс
I	Торф, растительный слой без древесных корней. Рыхлый чернозем, рыхлые влажные пески. Иловатые породы. Болотные отложения. Рыхлый и влажный лёсс. Трепел	7,70	0,50
II	То же, с древесными корнями или с мелкой галькой и гравием (до 10%). Рыхлые песчано-глинистые породы с небольшой примесью мелкой гальки и гравия (до 10%). Глины ленточные, пластичные и песчаные. Диатомит. Увлажненный слабый мел. Сажи. Пески средней плотности	4,00	0,50
III	Песчано-глинистые породы и пески средней плотности с примесью мелкого щебня, гальки, гравия (10—20%). Рыхлые мергели. Мел. Плотные глины, пески и суглинки. Слежавшийся лёсс. Плывуны и водонасыщенные пески, дающие при бурении «пробки» до 2 м	1,90	0,50
IV	То же, со значительным содержанием щебня, гальки и гравия (20—35%). Очень плотные глины, суглинки, супеси. Плотный каолин. Сухие пески. Плывуны, дающие при бурении «пробку» более 2 м. Мягкие глинистые, углистые и галько-хлоритовые сланцы. Мергель. Глинистый песчанник. Известняк-ракушечник, гипс. Твердый мел. Ангидрит. Опока. Каменная соль. Слабые аргиллиты. Мягкий (бурый) каменный уголь. Бокситы, фосфориты. Мерзлые: глины, суглинки, супеси, песок, ил, торф. Лед. Строительный мусор с битым кирпичом, без железного лома	0,95	0,35
V	Мелкий галечник и щебень с валунами. Дресва и гравий. Песчано-глинистые породы с большим содержанием гальки, щебня (>35%). Плотные мергели. Песчано-глинистые сланцы. Слабо сцементированные песчаники и известняки. Аргиллиты. Крепкий каменный уголь. Слабые конгломераты осадочных пород на известковом цементе. Ноздреватые бурые железняки. Выветрелые изверженные породы: граниты, сиениты, диориты, габбро. Мерзлые гравийно-галечные породы с песчано-глинистым заполнителем. Плотно слежавшийся строительный мусор с битым кирпичом и железным ломом	0,40	0,30
VI	Крупные галечник и щебень с валунами. Разновидность окварцованных крепких сланцев, известняков и песчанников. Мрамор. Долониты. Конгломераты на кремнистом цементе. Крупнозернистые изверженные породы: граниты, сиениты, диориты, габбро, гнейсы, порфиры	0,20	0,25

Категория	Породы	Бурение, м	
		за 1 час чистого бурения	за 1 рейс
VII	Галечник и щебень с большим количеством крупных валунов кристаллических пород. Кремнистые сланцы, известняки, песчаники. Мелкозернистые, изверженные породы: граниты, сyenиты, диориты, габбро. Конгломераты кристаллических пород на кремнистом цементе	0,08	0,20

* Классификация утверждена Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства для применения с 1 января 1969 г.

ДОЛОТА

Долота предназначаются для непосредственного разрушения породы на забое скважины. По форме, которая соответствует их технологическому назначению, различают долота плоские, двутавровые, крестовые, округляющие и пирамидальные. Размеры их приведены в табл. 3, 4, 5, 6. Долото состоит из лопасти, шейки и резбового конуса. Продольные, углубленные в тело долота пазы способствуют продвижению воды и шлама при перемещении долота вниз и вверх. В зависимости от крепости буримых пород рабочая часть долота (лезвие) имеет различный угол приострения. Долота для мягких пород имеют угол 70—80°, для пород средней твердости — 90—115°, для твердых пород и валунно-галечниковых отложений лезвие долота заправляется под углом 110—130°. Долото плоское (рис. 1, а) предназначено для бурения мягких пород, двутавровое (рис. 1, в) — для вязких пород. Благодаря поперечным бортам на лезвии это долото хорошо обраба-

Таблица 3
ДОЛОТА ПЛОСКИЕ

Размеры резьбы, мм	Размеры, мм						Масса, кг	
	А	Б	В	Г	Д	Е		Ж
50×76	148	128	112	84	64	310	650	42
69×95	198	178	140	102	70	365	750	70
82×107	248	228	165	128	80	420	850	120
82×107	298	278	165	128	85	470	900	140
101×127	345	322	188	140	90	530	1000	180
101×127	395	370	188	140	92	580	1050	220
107×152	445	420	220	152	95	550	1100	280
107×152	495	468	220	152	115	600	1150	340
107×152	595	570	220	152	140	650	1200	450
107×152	695	665	220	152	150	750	1300	520

Таблица 4
ДОЛОТА ДВУТАВРОВЫЕ

Размеры резьбы, мм	Размеры, мм								Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	
50×76	148	84	112	84	88	25	310	650	42,5
69×95	198	102	140	102	126	30	365	750	70
82×107	248	128	165	128	165	35	420	850	93
82×107	298	128	165	128	220	35	470	900	120
101×127	345	140	188	140	250	40	530	1000	180
101×127	395	140	188	140	300	40	580	1060	200
107×152	445	152	220	152	325	50	550	1100	320
107×152	495	152	220	152	375	50	600	1150	400
107×152	595	152	220	152	475	60	650	1200	440
107×152	695	152	220	152	575	60	750	1300	520
107×152	795	152	220	152	675	60	850	1400	570
107×152	850	152	220	152	730	60	950	1500	630

Таблица 5
ДОЛОТА ОКРУГЛЯЮЩИЕ

Размеры резьбы, мм	Размеры, мм								Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	
50×76	148	90	112	84	125	50	810	1150	85
69×95	195	120	140	102	172	60	815	1200	120
69×95	245	160	165	128	220	65	870	1300	200
95×107	295	200	165	128	270	75	870	1300	310
101×127	345	230	188	140	320	85	880	1350	370
101×127	395	260	188	140	350	90	880	1350	398
107×152	445	300	220	152	400	95	950	1500	596
107×152	495	330	220	152	450	100	950	1500	700
107×152	595	400	220	152	550	140	950	1500	900
107×152	695	470	220	152	650	150	950	1500	1400

тывает стенки скважины. Долото крестовое (рис. 1, г) применяют в твердых трещиноватых породах и валунно-галечниковых отложениях. Оно имеет в сечении крестообразную форму. Долото округляющее (рис. 1, б) используют в твердых породах. В процессе бурения оно хорошо калибрует скважину и выравнивает стенки. Округляющие долота дают также хорошие результаты при бурении трещиноватых пород и валунно-галечниковых отложений. Лезвие при этом должно иметь угол приострения не менее 110°.

Во время бурения происходит постепенное затупление лезвия долота и снашивание (истирание) боковых периферийных поверхностей. Затупление допускается до определенных пределов, после чего долото вновь следует заправить. При этом износ боковых

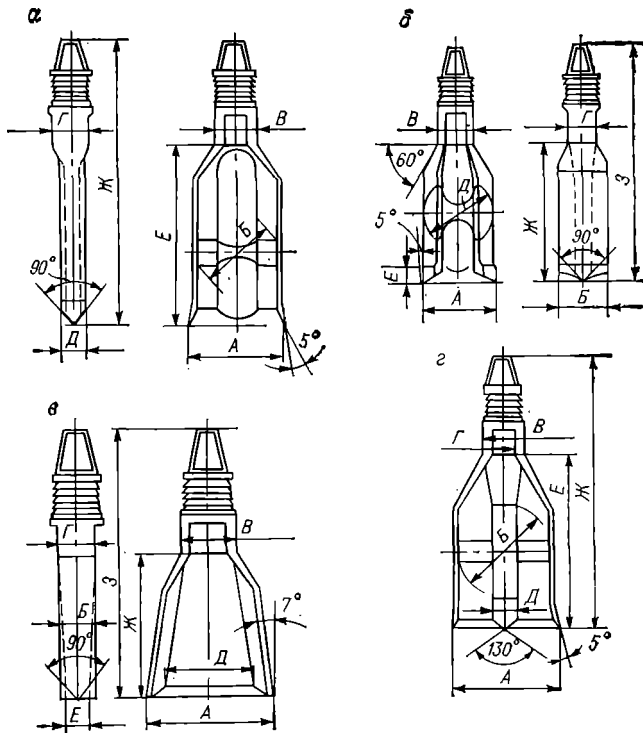


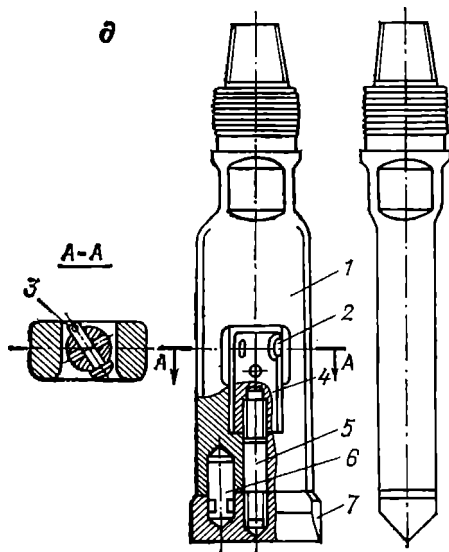
Рис. 1. Долота для ударного бурения.

а — плоское; *б* — округляющее; *в* — двутавровое; *г* — крестовое; *д* — со съёмным лезвием: 1 — корпус; 2 — палец; 3 — шплиц; 4 — гайка; 5 — центровая шпилька; 6 — гладкая шпилька; 7 — лезвие.

Таблица 6

ДОЛОТА КРЕСТОВЫЕ

Размеры резьбы, мм	Размеры, мм							Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
50×76	148	128	112	84	50	660	1000	66
69×95	198	178	140	102	60	715	1100	140
82×107	248	228	165	128	65	770	1200	210
82×107	258	278	165	128	70	770	1200	230
101×127	345	325	188	140	70	830	1300	350
101×127	355	370	188	140	70	830	1300	390
107×152	445	420	220	152	80	850	1400	580
107×152	495	470	220	152	90	950	1500	690
107×152	595	570	220	152	100	950	1500	980



поверхностей не должен превышать 2—3 мм. Изношенные лезвия восстанавливают на базах экспедиций или партий кузнечным способом. Эта операция трудоемка, поскольку выполняется вручную. Кроме того, многократные нагревы приводят к изменению структуры металла долота, что снижает его износостойкость и прочность.

Партией новой техники Северо-Восточного ТГУ разработаны долота со съемными лезвиями (рис. 1, д), которые нашли широкое применение при ударно-канатном бурении [66]. Износостойкость съемных лезвий гораздо больше, чем лезвий

цельных долот. Как показал опыт бурения скважин, применение долот со съемными лезвиями имеет следующие преимущества:

- облегчается труд буровиков и повышается безопасность работ;
- увеличивается производительность труда и снижается стоимость метра бурения скважины;
- повышается качество работ за счет выдержанного диаметра скважины;
- обеспечивается возможность подбора рациональной геометрии лезвий для конкретных пород.

ЖЕЛОНКИ

Желонки (рис. 2) применяют для бурения скважин в сыпучих, плавучих и вязких породах, а также для чистки скважины после бурения долотом. Желонка состоит из трубчатого корпуса, вилки с конической резьбой или ушком, стального башмака, одностворчатого или двустворчатого клапана, откидывающегося вверх. Применяются также желонки с полусферическим клапаном и копьём, а также поршневые. Желонка одностворчатая с плоским клапаном (рис. 2, а) служит для бурения скважин в плавучих породах, а также для чистки забоя от разбуренной породы. Желонка с двустворчатым клапаном (рис. 2, б) применяется для удаления с забоя разбуренной породы и для углубления скважины в песках средней зернистости. Эти желонки изготавливаются для бурения скважин больших диаметров (>335 мм). Основные размеры желонки приведены в табл. 7.

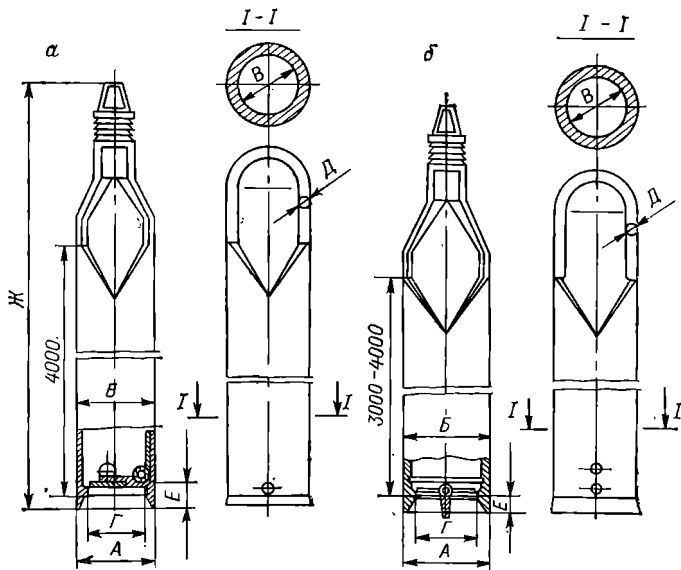


Рис. 2. Желонки.
 а — одностворчатая; б — двухстворчатая.

Таблица 7
 ЖЕЛОНКИ

Тип	Размеры, мм							Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
С плоским одностворчатым клапаном	120	114	92	85	25	39	6175	85
	173	168	140	125	30	55	4475	181
	225	219	190	170	35	62	4450	248
	285	273	235	215	40	80	4500	334
С плоским двухстворчатым клапаном	335	325	260	245	40	60	4585	409
	390	377	314	295	45	70	4720	522
	435	426	356	340	55	75	4800	635
	530	529	450	430	55	80	3900	800

ЗАБИВНЫЕ СТАКАНЫ

Для бурения сухих песков, гравия, суглинков, моренных глин применяют забивные стаканы (рис. 3). Забивной стакан представляет собой отрезок трубы длиной 60—70 см, нижняя часть которой имеет заточку или снабжена башмаком с острой режущей кромкой. Внутри трубы на высоте 20—30 мм от конца привариваются пластинки толщиной 4—5 мм, предотвращающие выпадение керна при подъеме стакана.

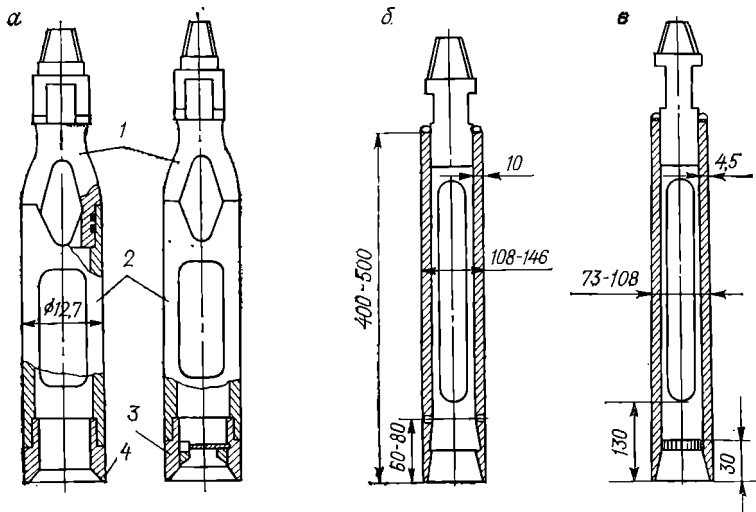


Рис. 3. Забивные стаканы.

а — к установке УПБ-15М; *б* — для бурения полускальных пород; *в* — для бурения глинистых пород; 1 — вилка; 2 — корпус; 3 — башмак с клапаном; 4 — башмак без клапана.

В отдельных случаях используют забивные стаканы с паукообразным пластинчатым кернодержателем. К верхней части трубы приваривается переходник с резьбой, ниже переходника в трубе прорезается отверстие диаметром 12—15 мм для выхода жидкости. В забивных стаканах диаметром 273 мм и больше (рис. 4) переходник вместе с центрирующими пластинами толщиной 12—15 мм помещается внутри и приваривается к трубе. Собирают забивной стакан обычно с раздвижной и короткой ударной штангами, при этом ход раздвижной штанги должен быть больше, чем ход ударного механизма. При смятии нижнего конца трубы последний обрезают и стакан может использоваться повторно.

КАНАТНЫЕ ЗАМКИ

Канатные замки (рис. 5) предназначены для соединения бурового снаряжения со стальным канатом. Замок состоит из корпуса с конусной резьбой в нижнем конце для соединения с буровым снаряжением; втулки, в которой заделывается канат, и опорной шайбы. На верхнем конце корпуса имеются кольцевые канавки, предназначенные для захвата замка при ловильных операциях. В нижней части замка снаружи сделаны выемки для инструментальных ключей. В случае, если в замке есть гнездо, в котором втулка с заделанным в нее канатом может свободно вращаться вокруг оси и перемещаться вертикально, канатный замок называется самовращающимся. Размеры канатных замков приведены в табл. 8.

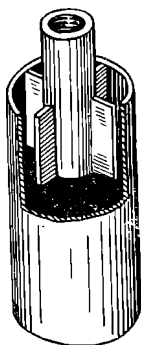


Рис. 4. Забивной стакан большого диаметра (273 мм и более).

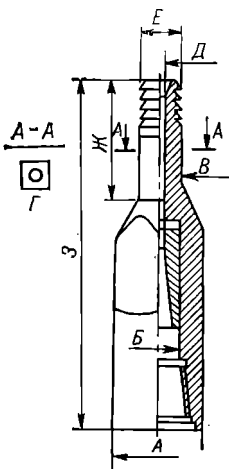


Рис. 5. Канатный замок.

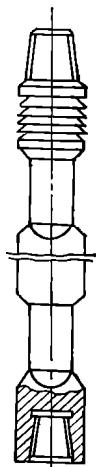


Рис. 6. Переходник резьбовой.

Таблица 8
КАНАТНЫЕ ЗАМКИ

Размеры резьбы, дюймы	Размеры, мм								Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	
2×3	112	48	112	84	25	108	240	600	37,7
2 ³ / ₄ ×3 ³ / ₄	140	65	112	102	30	108	280	700	55,8
3 ¹ / ₄ ×4 ¹ / ₄	165	65	112	128	30	108	280	750	77,3
4×5	188	85	112	140	30	108	280	800	95
4 ¹ / ₄ ×6	220	85	112	152	30	108	290	900	127

Таблица 9
ТРУБНЫЕ ПЕРЕХОДНИКИ

Размеры резьбы, дюймы	Размеры, мм					Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	
2 ³ / ₄ ×3 ³ / ₄	140	112	235	102	650	50
3 ¹ / ₄ ×4 ¹ / ₄	165	140	260	128	750	88
4×5	188	165	280	140	800	120
4 ¹ / ₄ ×6	220	188	320	152	900	173
4×5	188	140	280	140	775	112
4 ¹ / ₄ ×6	220	165	320	152	880	165

Переходники (рис. 6) используются для соединения инструментов бурового снаряда, имеющих разные конусные резьбы. В нижней части переходник имеет внутреннюю конусную резьбу, выше на его теле предусмотрены плоскости для захвата ключом, а на верхнем конце — наружная конусная резьба. Размеры переходников приведены в табл. 9.

РАЗДВИЖНЫЕ ШТАНГИ

Рабочие раздвижные штанги (рис. 7) предназначены для выбивания снаряда с забоя во время бурения, особенно вязких или кавернозных пород. Раздвижная штанга состоит из двух звеньев, скользящих одно в другом. Нижнее звено имеет внутреннюю коническую резьбу для соединения с ударной штангой, а верхнее — наружную коническую резьбу для соединения с канатным замком. Рабочая раздвижная штанга имеет ход 150—250 мм, ловильная — 450—550 мм. Размеры штанг приведены в табл. 10.

ШТАНГИ УДАРНЫЕ

Штанги ударные (рис. 8) предназначены в основном для увеличения веса снаряда в целях повышения эффективности разрушения породы. Ударная штанга представляет собой круглый стержень с резьбами и выемками под инструментальные ключи. Ударные штанги изготавливаются двух типов: гладкоствольные (рис. 8, а) и с высаженными концами (рис. 8, б). Отношение диаметра ударной штанги к диаметру скважины обычно принимают равным 0,65—0,80, при этом меньшее значение берется для скважин большого диаметра.

Ключи инструментальные (рис. 9) предназначены для свинчивания инструмента в буровой снаряд.

ОБСАДНЫЕ ТРУБЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К НИМ

Обсадные трубы в ударно-канатном бурении служат для закрепления стенок и углубки скважины. Поэтому при разведке гравийно-песчаных месторождений применяют только стальные цельнотянутые трубы в соответствии с ГОСТ 632—64. Каждая труба имеет нарезку и муфту. Обсадные трубы с наружным диаметром 114—245 мм имеют резьбу 8 ниток на 25,4 мм, трубы диаметром 273—426 мм — 6 ниток на 25,4 мм.

Трубы стальные электросварные поставляются диаметром от 426 до 1420 мм длиной не менее 5 м с одним продольным швом. Поставка заводами труб длиной 5—14 м вызывает трудности при спуске их в скважину. Поэтому в зависимости от конкретных условий в геологических организациях при бурении неглубоких скважин широко применяются трубы длиной 1—2,5 м с цилиндри-

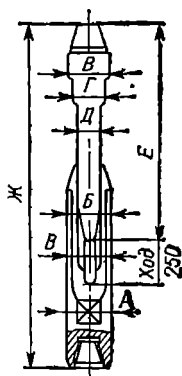


Рис. 7. Ножницы рабочие.

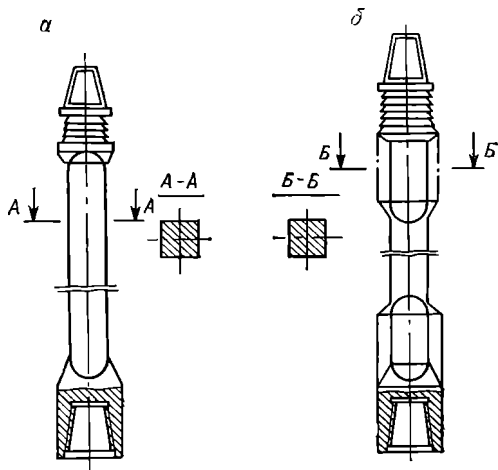


Рис. 8. Штанги ударные.

а — гладкоствольные; б — с высажеными концами.

Таблица 10

РАЗДВИЖНЫЕ ШТАНГИ

Размеры резьбы, дюймы	Размеры, мм							Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
2×3	120	45	112	84	60	1050	1620	112
2 ³ / ₄ ×3 ³ / ₄	160	55	140	102	75	1175	1795	166
2 ¹ / ₄ ×3 ¹ / ₄	190	70	165	128	100	1258	1920	245
4×5	220	85	188	140	125	1320	2030	340
1 ¹ / ₄ ×6	260	100	220	152	150	1558	2235	490

ческой резьбой и соединением труба в трубу. Использование коротких труб приводит к увеличению резьбовых соединений и, как следствие, к ослаблению прочности колонны, но при этом значительно облегчается труд буровых рабочих. Для предохранения нижней трубы колонны от смятия первая опускаемая труба имеет башмак.

Башмаки (рис. 10) имеют вид толстостенного кольца, внутренний диаметр которого равен внутреннему диаметру обсадной трубы, а наружный диаметр на 2,5 мм больше наружного диаметра муфты той же трубы. Нижний край башмака заканчивается режущей кромкой, лезвие которой закаливается. Размеры обсадных труб, муфт и башмаков приведены в табл. 11, 12, 13.

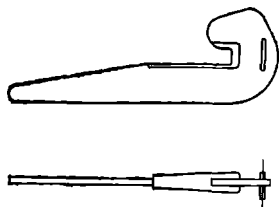


Рис. 9. Ключ инструментальный.

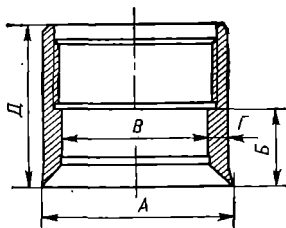


Рис. 10. Башмак для обсадных труб.

Таблица 11

ТРУБЫ ОБСАДНЫЕ И МУФТЫ (ГОСТ 632—64)

Трубы				Муфты		
Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр, мм	Масса 1 м, кг	Наружный диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг
114	6	102	16,0	133	191	6,3
	7	100	18,5			
	8	98	20,9			
	9	96	23,3			
127	6	115	17,9	147	191	7,3
	7	113	20,7			
	8	111	23,5			
	9	109	26,2			
141	6	129	20,0	166	191	8,7
	7	127	23,1			
	8	125	26,2			
	9	123	29,3			
	10	121	32,3			
	11	119	35,3			
146	12	117	38,4	166	191	8,7
	6	134	20,7			
	7	132	24,0			
	8	130	27,2			
	9	128	30,4			
	10	126	33,5			
159	11	124	36,6	179	191	9,0
	12	122	39,7			
	6	147	22,6			
	7	145	26,2			
	8	143	29,8			
	9	141	33,3			
168	10	139	36,7	188	191	9,3
	11	137	40,1			
	12	135	43,5			
	6	156	24,0			
	7	154	27,8			
	8	152	31,6			

Трубы				Муфты		
Наружный диаметр, м	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр, мм	Масса 1 м, кг	Наружный диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг
194	9	150	35,3	21,6	29,3	12,5
	10	148	39,0			
	11	146	42,6			
	12	144	46,2			
	13	142	49,7			
	14	140	53,2			
	8	178	36,7			
219	9	176	41,1	243	203	65,0
	10	174	45,4			
	11	172	49,6			
	12	170	53,9			
	13	168	58,0			
	14	166	62,2			
	7	205	36,6			
245	8	203	41,6	269	203	17,3
	9,5	200	49,1			
	11	197	56,4			
	12,5	194	63,7			
	7	231	41,1			
273	8	229	46,8	298	216	21,5
	9,5	226	55,2			
	11	223	63,5			
	12,5	220	71,7			
	9	255	58,6			
299	10,3	252	68,0	325	216	24,3
	12	249	77,2			
	9	281	64,4			
	10	279	71,3			
325	11	277	78,1	351	229	28,0
	12	275	84,9			
	9	307	70,1			
	10	305	77,7			
351	11	303	85,2	376	229	29,0
	12	301	92,6			
	10	331	84,1			
	11	329	92,2			
377	12	327	103,3	402	229	31,0
	10	357	90,5			
	11	355	99,3			
	12	353	108,0			
426	10	406	102,7	451	229	35,0
	11	404	112,6			
	12	402	122,5			

СТАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСВАРНЫЕ ТРУБЫ (ГОСТ 10704—63)

Условный проходной диаметр, мм	Наружный диаметр трубы, мм	Масса 2 м трубы, кг, при толщине стенки, мм							
		7	8	9	10	11	12	13	14
400	426	72,3	82,5	92,6	102,6	112,7	122,5		
450	478	81,1	92,7	104,1	115,4	126,7	137,9		
500	529		102,8	115,4	128,0	140,5	153,0		
600	630		122,7	137,8	152,9	167,9	182,9		
700	720			157,8	175,1	192,3	209,5		
800	820			180,0	199,8	219,5	239,5	258,3	278,3
900	920			202,2	224,4	246,6	268,7	290,8	314,8
1000	1020			224,4	249,1	273,7	298,3	322,8	347,3
1100	1120				273,7	300,8	327,9	354,9	381,8
1200	1220				298,4	328,0	357,0	387,0	416,4
1300	1320				323,0	355,0	387,0	418,0	450,9
1400	1420					382,2	416,1	451,1	485,4

Таблица 13

БАШМАКИ ЗАБИВНЫЕ ДЛЯ ОБСАДНЫХ ТРУБ

Размеры обсадных труб, мм	Размеры, мм					Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	
168	192	62,0	—	16,5	175	11
219	243	107,5	205	16,5	225	19
273	294	151,0	225	17	325	30
325	346	240,6	307	17	325	44
377	396	246,5	356	18	360	57
426	447	387,6	407	18	400	77

ГОЛОВКИ ЗАБИВНЫЕ МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ

Головки забивные (рис. 11) предохраняют обсадные трубы от разрушения при ударах по торцу во время посадки их в скважину. Для сокращения количества головок на скважине их конструкция выполнена многоступенчатой, дающей возможность одной головкой обслуживать трубы нескольких диаметров. Размеры забивных многоступенчатых головок приведены в табл. 14.

Забивной снаряд (рис. 12) служит для забивания обсадных труб при посадке их в скважину.

ХОМУТЫ

Хомуты для обсадных труб (рис. 13) предназначены для подвешивания труб во время их спуска в скважину. Каждый хомут состоит из двух скоб, соединяющихся болтами. Между скобами зажимается труба. Хомуты легкого типа используются для вспо-

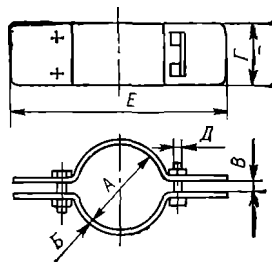
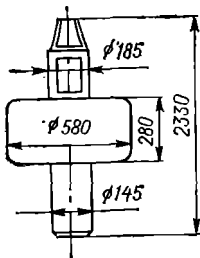
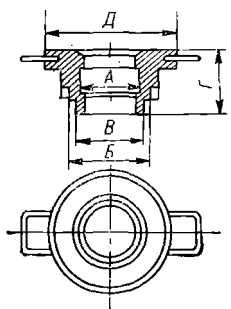


Рис. 11. Головка забивная.

Рис. 12. Забивной снаряд.

Рис. 13. Хомут для обсадных труб.

Таблица 14
ЗАБИВНЫЕ МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ ГОЛОВКИ

Размеры обсадных труб, мм	Размеры, мм					Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	
273, 325, 377	347	295	245	210	400	94
426, 478, 529	500	450	395	210	550	256
630, 720	668	600	—	225	750	412

могательных операций: подтаскивания труб к скважине, подъема и подвешивания очередной трубы при спуске колонны в скважину и т. д. Хомуты более тяжелой конструкции применяются для подвешивания тяжелых колонн. Размеры хомутов приведены в табл. 15.

Таблица 15
ХОМУТЫ

Размеры обсадных труб, мм	Размеры, мм						Масса, кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	
168	170	20	15	150	24	640	41
219	220	20	20	150	24	680	43,3
273	275	22	25	200	27	750	64,8
325	325	22	25	200	27	800	70
377	375	22	30	200	27	850	75
426	430	22	30	200	27	900	81
478	480	25	40	250	30	950	90,7
529	535	25	50	250	30	1000	131
630	640	26	50	250	30	1100	147
720	745	25	60	250	30	1200	157
820	845	25	60	250	30	1300	177,5

Конструкция скважин определяется крупностью обломочного материала и минимальным весом послойных (секционных) проб. При разведке месторождений песков наиболее распространенными являются скважины диаметром 89—127 мм, а при разведке гравийно-песчаных пород — 152—203 мм (6—8"). При наличии крупного гравия или большого количества валунов такие месторождения должны разведываться скважинами большого диаметра или шурфами (дудками). В этом случае начальный диаметр может достигать 500—600 мм.

Число колонн обсадных труб, которыми закрепляется скважина, должно быть минимальным. Общее число колонн труб зависит от принятого выхода колонны обсадных труб из-под башмака предыдущей (6—10 м, реже 12—15 м), глубины скважины и минимально допустимого конечного диаметра бурения. Этими параметрами определяется и начальный диаметр скважины.

Основные параметры технологии ударно-канатного бурения определяются требованиями опробования и степенью сложности геологического разреза и заключаются в следующем.

1. Проходка за рейс и длительность операции долбления определяются не критерием максимальной рейсовой скорости, а оптимальным интервалом рейсового опробования, необходимым для получения представительной пробы по гранулометрическому и петрографическому составу, а также принятыми интервалами секционного, послойного и погоризонтного опробования. Это ограничение может существенно влиять на скорость бурения скважины.

2. Процесс бурения сопровождается обязательным креплением стенок скважины ходовой или опережающей колонной обсадных труб. Операция по креплению скважины трубами занимает время, сопоставимое со временем, затрачиваемым на собственно бурение.

3. Длительность операции чистки при бурении в трубах выбирается не из условий высокой скорости бурения. Главным при этой операции является возможно полное извлечение породы. Влияние на скорость бурения таких параметров, как тип долота, масса снаряда, высота сбрасывания инструмента и другие имеет обычный характер. Но при этом необходимо иметь в виду, что по удельной работе можно судить о крепости пород или их категории лишь как об обобщающих, усредненных характеристиках. Гравийно-песчаная толща даже в одной плоскости забоя представлена легкоразрушающимися материалами в виде песка, глины, ила и труднобуримыми валунами и крупным гравием. Поэтому зависимости, отражающие закономерности изменения скоростей бурения от параметров процесса, установленных для случаев бурения относительно выдержанных по буримости пород, являются правомерными в данном случае лишь в их вероятностно-статистической интерпретации.

Точность определения гранулометрического и петрографического состава, а также содержание вредных примесей зависят от выхода керна и обогащения или разубоживания проб по каждому интервалу бурения или опробования. Этими же ограничениями определяется и точность фиксации границ продуктивной толщи и границ отдельных слоев в пределах продуктивной толщи. Указанные исходные предпосылки определяют специфические технологические схемы бурения, сущность которых заключается в следующем.

1. В рыхлых, сыпучих, обводненных отложениях колонна обсадных труб опережает забой на высоту предохранительного столбика, равную 5—10 см. В случае вскрытия напорных водоносных горизонтов или при встрече пльвунов, когда в трубах образуются пробки, высота предохранительного столбика увеличивается до 20—50 см. Этот способ называется бурением в трубах.

2. В плотных отложениях с включением большого количества валунов и крупного гравия допускается отставание башмака обсадных труб от забоя на интервал опробования. Но и в этом случае, если бурение не совмещено по времени с отбором проб, а опережает его, то перед опробованием крепится трубами соответствующий интервал с учетом врезания башмака в целик на высоту предохранительного столбика, затем, если необходимо, производится дополнительное разрыхление породы в трубах и отбор пробы. Эта схема получила название бурения ниже башмака обсадных труб.

3. В породах промежуточных по плотности и устойчивости башмак обсадных труб и забой скважины могут находиться на одном уровне. Эта схема называется бурением на одном уровне.

С учетом отличительных особенностей бурения скважин при разведке гравийно-песчаных месторождений, практики работ и рекомендаций, имеющих в опубликованной литературе [18, 38, 44, 45, 49], основные параметры процесса представлены в табл. 16.

Таблица 16
ПАРАМЕТРЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Показатели	Рыхлые сыпучие породы (песок, гравий)	Плотные породы с включениями большого количества валунов	Устойчивые крепкие породы
Технологическая схема	в трубах	ниже труб	без труб
Интервал бурения за рейс, м	0,2—0,5	0,2—0,5	0,4—1,0
Масса бурового снаряда, приходящаяся на 1 см длины долота, кг	20—35	30—50	50—60
Высота сбрасывания инструмента, м	0,40—0,70	0,40—1,0	0,70—1,20
Интервал забивки обсадных труб, м	0,2—0,5	0,2—0,5	—
Угол заострения лезвия долота, градусы	60—80	90—100	110—120

В обводненных песках, не содержащих валунов или большого количества крупного гравия, бурение может осуществляться желонкой и, таким образом, процессы опробования и бурения оказываются совмещенными во времени. При желонировании число ударов в минуту желонкой должно быть равно 20—30, высота ее сбрасывания 0,2 м и более. Желонки рекомендуется применять в комплекте с ударными штангами с таким расчетом, чтобы масса снаряда была равна 0,5—1,0 т. При бурении по схеме ниже труб желонка не должна выходить за башмаки обсадных труб более чем на 0,5—1,0 м.

Бурение крупнообломочных, а также плотных глинистых и песчаных пород осуществляется сплошным забоем с обычным ударно-канатным инструментом (долота, желонки, стаканы и т. д.). Частота ударов бурового снаряда (долота) должна регулироваться в соответствии с высотой подъема его над забоем скважины. Правильное их соотношение определяется по силе рывков или по вращению оттяжного ролика. Когда частота ударов понижена, движение бурового снаряда следует за движением балансира; канат плотно прилегает к оттяжному ролику, а последний в течение одного или нескольких ударов остается неподвижным по отношению к своей оси. При нормальной частоте ударов движение оттяжного ролика в первую половину пути опережает движение снаряда; канат отстает от оттяжного ролика, который поворачивается вокруг своей оси (на 20—30 мм по ободу) при каждом ударе. При повышенной частоте ударов снаряд еще не успевает внедриться в породу, когда оттяжной ролик начинает натягивать канат и поднимать его над забоем. Такая работа станка сопровождается сжатием амортизатора и сильными рывками. Скорость бурения при этом снижается.

БУРЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Бурение рыхлых пород. Бурение осуществляется с креплением стенок скважины обсадными трубами. Процесс собственно бурения в данном случае проходит без особых затруднений. В качестве породоразрушающего наконечника применяется желонка, иногда в комплекте с легкой ударной и раздвижной штангами. При бурении вмещающих пород, не представляющих интереса с точки зрения их опробования и геологического изучения, можно добавлять глину с утрамбовкой ее на забое для того, чтобы последняя, смешавшись на забое с разбуриваемой породой, обеспечивала условия для лучшей чистки скважины. Число ударов снаряда в минуту — не больше 50 при подъеме над забоем на высоту не более 1 м.

Бурение глин и суглинков. Данные породы отличаются разнообразием физико-механических свойств (плотность, крепкость, вязкость и т. п.). В зависимости от этого подбирается соответствующий метод бурения. Плотные разновидности этих пород про-

буриваются зубильным долотом с подливом воды, если в скважину нет естественного водопритока. После разрыхления глины долотом скважина очищается от шлама при помощи желонки. Для повышения механической скорости разрушения плотных вязких глин в скважину засыпается щебень из расчета двух ведер на цикл долбления. Бурение менее плотных глин и суглинков можно осуществлять непосредственно желонкой с предварительно снятым клапаном. Такая желонка используется в комплекте с ударной и раздвижной штангами. В целях облегчения извлечения керна из желонки применяют ее разъемную разновидность с навинчивающимся башмаком. Число ударов в минуту при бурении глин и суглинков составляет 40—50 при высоте подъема снаряда над забоем до 1 м.

Бурение песков или гравийно-песчаной породы с небольшим содержанием мелкого гравия. Для бурения обычно используется желонка с плоским клапаном. Специфичность условий предопределяет следующие ограничения:

— при бурении по схеме ниже труб приблизительно $\frac{1}{3}$ желонки во избежание заклинивания должна оставаться в трубах;

— зазор между наружным диаметром желонки и внутренним диаметром труб должен быть не менее 100 мм;

— если пробуриваемые пески не относятся к продуктивной толще, то для достижения более высокой скорости бурения рекомендуется забрасывать на забой скважины жирную глину, которая связывает между собой частицы песка;

— спуск колонны обсадных труб осуществляется одновременно с бурением;

— в ряде случаев оказывается целесообразным применение метода подсоса, когда после заполнения желонки породой приблизительно на $\frac{1}{3}$ ее длины последняя приподнимается при помощи штурвала с непрекращающейся при этом посадкой труб. Подъем желонки с одновременной посадкой труб вызывается за счет создающегося вакуума движение вверх, что способствует погружению колонны обсадных труб под действием собственного веса;

— в случаях, если песок принадлежит к продуктивной толще и подлежит опробованию, лучше всего использовать способ бурения в трубах. Если при этом происходит утрамбовка песка до такой степени, что желонирование идет неудовлетворительно, породе в трубах необходимо разрыхлить при помощи зубильного долота.

Число ударов желонки в минуту — 35, высота подъема над забоем — до 1 м.

Бурение гравийно-песчаной породы с большим содержанием крупного гравия. В данном случае применяется желонка с обычным плоским клапаном при высоте кольца башмака, равной 20—25 мм. Необходимо, чтобы при бурении желонка не переполнялась, так как отдельные куски гравия могут через верхний край желонки выбрасываться и заклинивать ее внутри труб. Так же как и в предыдущем случае, зазор между наружным диаметром

желонки и внутренним диаметром труб должен быть не менее 100 мм. Если пробуриваемая порода относится к продуктивной толще и если это окажется возможным, то лучше осуществлять бурение в трубах. Предварительное разрыхление породы перед желонированием, если этого требуют конкретные условия, производится долотом зубильного типа. Желонирование должно выполняться не сильными, но частыми ударами (40—45 ударов в минуту), высота подъема желонки над забоем 0,8—1,0 м.

Бурение гравийно-песчаной породы с большим количеством валунов. Наибольшие затруднения при бурении скважин в гравийно-песчаных породах возникают при встрече валунных отложений, особенно когда валуны перемыты, отсортированы. Осложняет бурение крепость и подвижность валунов.

Если валуны одиночны и небольших размеров, их успешно разбивают пирамидальным долотом, которое в комплекте с ударной штангой сбрасывается в скважину. С помощью ударных штанг можно обеспечить необходимую массу снаряда и тем самым силу удара. При падении такой снаряд развивает большую скорость и ударяется о валун, раскалывая его. При этом бурение обычно ведется с ходовой колонной труб, т. е. колонна все время идет за буровым наконечником.

Для разрушения крупных валунов применяют тяжелые округляющие крестовые долота. Извлечение разбитых кусков валунов производится простыми утяжеленными и грейферными желонками, диаметр которых не должен превышать 0,7 внутреннего диаметра обсадных труб, для того, чтобы обеспечить свободное падение желонки, а следовательно, и более эффективный забор разрушенной породы.

Число ударов в минуту при работе тяжелыми долотами должно быть не более 40, а высота подъема над забоем не менее 1 м.

В некоторых случаях удается сдвинуть валун в сторону от ствола скважины. Эта работа выполняется при помощи пирамидального долота, которое, углубляясь, стремится оттолкнуть валун в сторону. Иногда для ускорения бурения валунных зон применяют взрывные заряды. При этом на время взрыва обсадные трубы приподнимают на высоту, которая достаточна для того, чтобы они не пострадали от взрыва.

Опыт разведки крупных гравийно-песчаных месторождений Ленинградской области с большим содержанием валунов любых размеров показал, что для бурения скважин глубиной 50—60 м наиболее эффективен буровой станок УКС-22М (УГБ-ЗУК). Рекомендуется использовать при этом большие диаметры скважин, так как выход колонн составляет 7—10 м. Поэтому начальный диаметр таких скважин иногда достигает 400 мм (16"), а конечный 168 мм (6").

Производительность буровых работ колеблется в широких пределах (80—120 м на станко-месяц при работе в одну смену) и зависит от количества и размеров встречающихся в разрезе ва-

лунов. Производительность бурения может быть повышена, если погружение и извлечение обсадных труб производить при помощи вибраторов типа ВО-6, ВО-10 или вибромолота БВС-1. Применение свободного пружинного вибромолота БВС-1, созданного Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидромеханизации, санитарно-технических и специальных строительных работ совместно с трестом Промбурвод, при бурении ударно-канатными станками УКС-22 (УГБ-ЗУК) позволяет полностью отказаться от использования малопроизводительного забивного снаряда [27, 65].

Вибромолот БВС-1 снабжен самозаклинивающими захватами, обеспечивающими быстрое и надежное соединение вибромеханизма с трубами. Вибромолот позволяет в различных геологических условиях довести выход колонны в породы до 50—60 м, значительно увеличить скорость погружения труб, сократить количество переходов с желонирования на посадку, исключить из скважины лишние объемы породы вследствие опережающей обсадки и таким образом повысить годовую выработку на станок примерно в 1,5 раза.

Сравнительно высокая стоимость 1 м бурения скважин большого диаметра оправдана возможностью проходки полезной толщи на полную мощность.

§ 4. БУРЕНИЕ ЗАБИВНЫМИ СТАКАНАМИ

Данный способ бурения находит все более широкое применение при разведке месторождений строительных материалов, а также при инженерно-строительных изысканиях. Этому способствует технико-экономическая эффективность процесса, достаточно высокая представительность опробования, простота технологии и организации работ.

Существуют две технологические схемы бурения забивными стаканами: ниже башмака обсадных труб и в трубах. При бурении ниже башмака обсадных труб керноприемный стакан забивается в породу, а после подъема снаряда колонной обсадных труб производится разбуривание пройденного керноприемником интервала. Порода, обрушаемая со стенок скважины при разбуривании, оказывается при этом внутри колонны обсадных труб и извлекается на поверхность вместе с очередным рейсом керноприемника. В связи с этим длина рейса уменьшается, так как часть керноприемника заполняется породой предыдущего интервала.

При бурении в трубах рейсу керноприемника предшествует забивание колонны обсадных труб в породу на длину последующего рейса. Забивку колонны обсадных труб следует выполнять с одновременным вращением. Порода, оказавшаяся внутри труб, извлекается при помощи керноприемника.

Бурение забивными стаканами в интервалах, представленных относительно устойчивыми породами, осуществляется без крепления стенок скважины.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВОК ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН
ГЛУБИНОЙ ДО 100 М УДАРНО-КАНАТНЫМ СПОСОБОМ

Параметры	УБП-15М	БУКС-ЛГТ	БУЛИЗ-15АП	АВБ2М
Глубина бурения, м	15	15	30	40
Начальный диаметр скважины, мм	168	168	168	219
Способы бурения	Ударно-канатный		Колонковый, с призабойной циркуляцией, шнековый, медленно-вращательный, ударно - канатный, вибрационный	Вибрационный, ударно-канатный
База	Одноосный прицеп		ГАЗ-69	ГАЗ-66
Тип вращателя (основной рабочий орган)			Ротор, вибромолот	Вибромолот ВБ-7
Частота вращения ротора, об/мин			32—165	
Диаметр проходного отверстия ротора, мм				
Ход каретки вращателя, мм				
Усилие подачи вниз, Н				
Грузоподъемность лебедки, т	1	0,7	2,5	4
Скорость навивки каната на барабан, м/с	0,9	0,5	0,1—0,5	0,8
Тип ударного механизма				
Число ударов снаряда в минуту			До 25	До 25
Масса ударного снаряда, кг				
Ход ударного снаряда, мм			С лебедки	С лебедки
Высота мачты, м	5,6	5,0	5,2	7,5
Грузоподъемность мачты, т			5	12
Тип механизма для погружения обсадных труб				
Максимальный крутящий момент механизма погружения обсадных труб, Н×м				
Габаритные размеры в транспортном положении, м:				
длина	4,0	5,1	4,2	7,5
ширина	1,8	1,4	1,75	2,35
высота	2,2	1,4	2,3	3,4
Масса, кг	1000	440	2030	6300
Тип двигателя	4Д-2	Д-300	От двигателя автомобиля	
Мощность двигателя, кВт	4,3	3,2		

Параметры	АВБЗ	УБР-1	УБР-2
Глубина бурения, м	20, 49, 100	15	25
Начальный диаметр скважины, мм	168, 325	121	253
Способы бурения	Ударно - канатный, вибрационный, вибровращательный, колонковый, с призабойной циркуляцией и с промывкой	Ударно - канатный, медленновращательный	Ударно - канатный, медленновращательный
База	ЗИЛ-131	Сани	ЗИЛ-131
Тип вращателя (основной рабочий орган)	Вибромолот ВБ-7М	Ротор, ударное устройство	Ротор, ударное устройство
Частота вращения ротора, об/мин	50, 98, 124, 245, 390	7, 12	12, 24, 76
Диаметр проходного отверстия ротора, мм		135	255
Ход каретки вращателя, мм			
Усилие подачи вниз, Н			
Грузоподъемность лебедки, т	4	1	1,8
Скорость навивки каната на барабан, м/с	0,41; 0,82	0,5; 0,8	0,51
Тип ударного механизма			
Число ударов снаряда в минуту	До 25	27, 45	37
Масса ударного снаряда, кг		200	300
Ход ударного снаряда, мм	С лебедки	550	600
Высота мачты, м	7,6	7	8
Грузоподъемность мачты, т	12	3	6
Тип механизма для погружения обсадных труб			
Максимальный крутящий момент механизма погружения обсадных труб, Н×м			
Габаритные размеры в транспортном положении, м:			
длина	7,6	1,9	2,67
ширина	2,35	0,98	0,962
высота	3,5	1,35	8,285

ЛБУ-50	УГБ-50М	БУГ-50	БУГ-100	БУУ-2
50 200	50—100 230	50 273	100—200 273	50 273
Вращательный, ударно-канат- ный	Шнековый, ко- лонковый, ударно-кан- атный	Ударно-канат- ный	Ударно-канат- ный	Ударно - канат- ный, враща- тельный
ЗИЛ-157К	ГАЗ-66	ЗИЛ-157КЕ	Санн	Гусеничный вездеход
Подвижной ро- тор 14, 38, 63, 100	Подвижной ро- тор 70, 125, 200			Откидной ро- тор 43, 83, 125
3250 553	1500 510			1000 194
2,5	2,5	3	4	2,3
0,47; 1,28; 2,13; 3,93	0,64; 1,24; 1,98	0,42; 0,87; 1,60	1,0; 1,3	
Кривошипно- шатунный со свободным сбросом сна- ряда 17, 48, 78, 126	Кривошипно- шатунный 45, 80	Кулачковый со свободным сбросом снаряда 20, 43	Кулачковый со свободным сбросом снаряда 30, 60	Кривошипно- шатунный 40, 60
500	400	500	1000	1000
1000	650	600	250, 500	400, 600
8,3 5	8 7,3	9,8 9		12 13,4
		Кривошипно- шатунный ме- ханизм рас- скашивания труб 140	200	
8,38 2,315 2,546	8 2 3	9,7 2,1 4,5	3,455 2,2 2,2	8,3 2,9 3,65

Параметры	АВБЗ	УБР-1	УБР-2
Масса, кг	9900	1025	2000
Тип двигателя	Д3763-1	Д-300	24-8,5/11
Мощность двигателя, кВт	21	3,2	7,4

Для этих случаев рекомендуется применять буровой снаряд, состоящий из забивного стакана, аварийной раздвижной штанги с ходом 450—550 мм и ударной штанги. При этом ход ударного механизма бурового станка обязательно должен быть меньше хода раздвижной штанги, так как только при этом условии происходит эффективная углубка стакана в породу. Как показала практика бурения забивными стаканами при разведке гравийно-песчаных месторождений в Ленинградской области, такая технология обеспечивает 100%-ный выход керна и возможность бурения ряда скважин без крепления их трубами. В случае необходимости спуск колонны обсадных труб можно осуществить, прервав на это время процесс бурения.

При встрече крупных валунов последние разбиваются либо при помощи башмака керноприемника, либо при помощи специального снаряда, состоящего из плоского долота и ударных штанг. Ориентировочная масса такого снаряда в зависимости от диаметра скважины составляет 250—1300 кг.

Способ бурения забивными стаканами может быть эффективно использован в тех случаях, когда требуется обеспечить наиболее полный выход керна по какому-либо определенному интервалу или в целом по скважине, надежно предохранить его от разубоживания или обогащения в процессе отбора или транспортировки, т. е. обеспечить наиболее полную представительность кернового опробования. Для этого он может быть использован как технологический прием в процессе ударно-канатного, шнекового и других способов бурения, когда скважина бурится одним из высокопроизводительных способов, а отдельные интервалы забивным стаканом. Потери в производительности, которые будут иметь место только по одному или нескольким интервалам, а не по скважине в целом, будут влиять не так ощутимо на ухудшение технико-экономических показателей, отнесенных к единице длины скважины или к единице времени. Естественно, что при проектировании включение данного способа в технологическую схему бурения скважины должно учитывать весь комплекс условий, путей и способов достижения намеченных целей. Из нескольких возможных вариантов необходимо выбрать оптимальный, отдавая предпочтение тем вариантам, которые обеспечат наиболее высокие качественные показатели.

ЛБУ-50	УГБ-50М	БУГ-50	БУГ-100	БУУ-2
8440	5110	4500	2900	11 500

В табл. 17 приведены технические характеристики некоторых буровых станков и установок, которые могут быть использованы при геологоразведочных работах на месторождениях строительных материалов.

КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ

Колонковое бурение скважин применяется при поисках и разведке месторождений песка, гравия, глинистых, карбонатных и магматических пород. Значительная часть геологоразведочных скважин при разведке указанных месторождений имеет глубину 10—50 м, реже 100 м. За счет внедрения новых способов бурения (вибрационного, вибровращательного и др.) в последние годы объемы колонкового бурения скважин при разведке месторождений песков, гравия и глинистых пород значительно уменьшились. В то же время бурение скважин при разведке месторождений карбонатных и магматических пород осуществляется только колонковым способом.

С внедрением новых буровых установок, имеющих высокую частоту вращения шпинделя, появилась возможность применять форсированные режимы бурения. Это привело к значительному повышению скорости бурения скважин при разведке строительных материалов.

Вместе с тем жесткие требования, предъявляемые к отбору керновых проб из скважин при разведке карбонатных пород (известняк, доломит, мрамор и др.) часто вынуждают переходить на безнасосное бурение. В этом случае производительность бурения несколько ниже, однако качество опробования полезного ископаемого повышается.

§ 1. БУРОВЫЕ СТАНКИ И УСТАНОВКИ

Для бурения скважин колонковым способом при разведке строительных материалов наиболее часто применяют стационарные буровые станки и самоходные установки, характеристики которых приведены в табл. 18.

Методические требования бурения скважин больших диаметров с малой подачей промывочной жидкости или с призабойной циркуляцией, а также ограничения по длине рейса вызывают необходимость использования буровых станков большой мощности. Значительный удельный вес спуско-подъемных операций в процессе бурения мелких скважин, сложность геологического разреза делают также целесообразным использование высоких мачт и

вполне оправдывают грузоподъемность лебедок, которыми оснащены эти установки [34].

Установка УКБ 12/25, как правило, применяется при поисковом бурении на различные полезные ископаемые. Легкость, высокая транспортная способность и простота в эксплуатации позволяют использовать эту установку в труднодоступных участках.

Станок БСК-2М2-100 может быть использован для бурения скважин алмазными и твердосплавными коронками на глубину 100 м. Он легко разбирается на отдельные узлы массой не более 100 кг, что существенно улучшает его эксплуатацию (монтаж, демонтаж и транспортировку).

Гидросистема станка позволяет выполнять следующие операции: передача осевого давления на забой; подача бурового инструмента на забой; расхаживание бурового снаряда и подъем бурового инструмента из скважины.

Станок, как правило, монтируется на тракторных саях, что позволяет успешно использовать его в труднодоступных районах.

С помощью буровых установок СБУЭМ-150-ЗИВ, АВБТ-100М; УРБ-2А и УРБ-2А-2 чаще всего бурят скважины безнасосным способом. Эти установки характеризуются высокой мобильностью и способностью осуществлять бурение несколькими способами. Возможность работы с бурильными трубами диаметром 50 и 60,3 мм обеспечивает сохранение относительно большого (112 мм) конечного диаметра скважин. Высота мачт установок свыше 8 м позволяет применять колонковые снаряды для безнасосного бурения всех имеющихся конструкций.

Буровые установки СБУЭМ-150-ЗИВ, УРБ-2А, УРБ-2А-2 имеют сравнительно высокую производительность, автономны в энергетическом и транспортном отношении, но на труднодоступных болотистых участках использование их затруднено. В этих условиях эффективно применение буровой установки АВБТ-100М, смонтированной на тракторе Т-100М, в котором возможна замена на гусеницах обычных башмаков на болотные.

Для бурения скважин по магматическим породам используются высокоскоростные станки и установки СКБ-4 и УКБ-200/300.

§ 2. БУРИЛЬНЫЕ, КОЛОНКОВЫЕ И ОБСАДНЫЕ ТРУБЫ

При бурении скважин различными буровыми установками используются стальные и легкосплавные трубы. Колонны стальных бурильных труб применяются при бурении скважин большого диаметра (76 мм и выше). Для бурения скважин малого диаметра используются легкосплавные бурильные трубы (ЛБТ), которые соединяются между собой стальными ниппелями, а свечи — специальными стальными замками, имеющими с одной стороны ленточную резьбу (соединение с трубой), а с другой — конусную. Основные размеры бурильных труб, муфт и замков приведены в табл. 19.

Параметры	УКБ-12/25	УПБ-100	БСК-2М2-100	УКБ-200/300С ^А
Глубина скважины при бурении, м:				
твердосплавными коронками диаметром 76 мм	12,5			200
алмазными коронками диаметром 59, 46, 36 мм	25	100	100	300
Диаметры бурильных труб, мм:				
стальных	24	50, 42	33,5	50
легкосплавных	34	42	42	
Вращатель	Подвижной		Шпиндель	Шпиндель
Частота вращения, об/мин	100, 270, 600, 450, 600, 1200	124, 232, 426, 179, 334, 613, 1143	796, 300, 600	200, 365, 655, 1020, 1500
Тип подачи	Механизированная с помощью лебедки	Гидравлическая	Гидравлическая	Гидравлическая
Усилие подачи, Н				
вверх	4000	6000	0—10 000	40 000
вниз	4000	6000		30 000
Ход подачи, мм	1200	1200	450	—
Угол наклона скважин, градусы	90—45	90—60	0—360	90—70
Грузоподъемность лебедки, т	—	0,4	—	2
Высота мачты, м	—	4,0	—	9,5
Привод	«Дружба-4»	Бензиновый двигатель	Электромотор	Дизель
Мощность, кВт	3±0,4	6	7,5	Д37Е-С2 30
Частота вращения, об/мин	5000	3000		
База	—	—	—	ЗИЛ-131
Масса, кг	110	450	594	10 150

Как видно из приведенных в табл. 19 данных, масса 1 м ЛБТ составляет около 60% массы стальной бурильной трубы. В результате этого применение ЛБТ позволяет значительно повысить предельную глубину бурения и облегчить труд бурильщиков.

В практике бурения скважин на строительные материалы, как правило, применяются простые колонковые снаряды — одинарные и двойные (последние используют, когда одинарные снаряды не позволяют получить качественный керн). Обсадные трубы колонкового бурения изготавливают с ниппельным и безнипельным соеди-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУРОВЫХ СТАНКОВ И УСТАНОВОК

СКБ-4	СБУЭМ-150-ЗИВ	АВБТ-100М	УРБ-2А	УРБ-2А-2
300	150	100	200	300
500—700	—	—	—	—
50, 68 42, 54	42; 50	50; 60,3 —	60,3 —	60,3 —
Шпиндель с ав- топерехватом	Ротор	Ротор	Ротор	Подвижной с гидроприво- дом
155, 280, 390, 430, 680, 710, 1100, 1615	94, 189, 392, 608	44, 91, 166, 270	106, 210, 320	120, 215, 335
Гидравлическая	Нагрузка цеп- ной подачей, разгрузка с лебедки	Канатная	Цепная с фрик- ционом	Канатная с ги- дроцилинд- ром
—	—	—	—	22 700
60 000	—	—	—	—
40 000	—	—	4500	5200
—	—	—	20	20
90—60	90—60	20	20	20
2,5	1,5	1,25	2,5	4
—	9,0	8,8	9,5	8,3
Электромотор	Д-37М через генератор	Транспортный двигатель	Транспортный двигатель	Транспортный двигатель
22	30	74	80	80
—	ЗИЛ-131	Трактор Т-100М	ЗИЛ-157К	ЗИЛ-157К
1800	8500	14 830	10 050	8500

нением длиной 1,0—4,5 м. Основные размеры колонковых и обсадных труб приведены в табл. 20.

§ 3. КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ С ПРИЗАБОЙНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

Несмотря на ряд недостатков, присущих данному способу бурения (низкая производительность, сравнительно высокая трудоемкость, повышенный расход истирающих материалов, сложность

Таблица 19

РАЗМЕРЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ И МУФТ

Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина одной трубы, м	Наружный диаметр муфты, мм	Масса 1 м труб, кг
33,5					
42	32	5,0	1,5; 3,0; 4,5	57	4,56
42*	28	7,0	4,7	—	2,50
50	39	5,5	1,5; 3,0; 4,5	65	6,04
54*	36	9,0	4,7	—	4,50
63,5	51,5	6,0	3,0; 4,5; 6,0	83	8,51
68*	42	9,0	4,6	—	5,30
73	59	7,0	6,0; 8,0	95	14,2
89	73	8,0	6,0; 8,0	108	18,6

* Легкосплавные бурильные трубы.

Таблица 20

РАЗМЕРЫ КОЛОНКОВЫХ И ОБСАДНЫХ ТРУБ

Наружный диаметр труб, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр ниппеля, мм	Масса 1 кг труб, кг
146	137	4,5	135	15,7
127	118	4,5	116,5	13,59
108	99,5	4,25	97,5	10,89
89	81	4,0	78,5	8,38
73	65,5	3,75	62,5	6,4
57	49,5	3,75	46,5	4,92
44	37	3,5	33,5	3,5
34	27	3,5	—	—

оптимизации технологического процесса и др.), колонковое бурение с призабойной циркуляцией довольно широко применяется в практике геологоразведочных работ на месторождениях строительных материалов. Это объясняется тем, что данный способ обеспечивает довольно высокую точность геологической информации и может применяться в тех условиях, где высокопроизводительные способы бурения не могут быть использованы, а вследствие небольших глубин скважин (до 50 м) организация сложного хозяйства для приготовления глинистого раствора оказывается нерентабельной.

Колонковый снаряд для бурения с призабойной циркуляцией состоит из коронки 1, армированной твердосплавными резцами, стандартной колонковой трубы 2, переходника 3 с колонковой трубы на шлампроводящий патрубок, шлампроводящего патрубка 6 с отверстиями 7 для прохода жидкости и шарового клапана 5 (рис. 14). Для бурения с призабойной циркуляцией мо-

гут применяться стандартные твердосплавные коронки, однако наилучшие показатели достигаются при использовании коронок с увеличенным выходом резцов за боковые поверхности: за наружную 3 мм, за внутреннюю 2 мм.

Шламопроводящий патрубок 7 представляет собой отрезок бурильной трубы с двумя просверленными отверстиями диаметром 10—12 мм. Выше отверстий устанавливается ограничительная шпилька 8, препятствующая чрезмерному движению вверх шарового клапана.

Шаровой клапан представляет собой стальной шарик, подобранный по внутреннему диаметру шламопроводящего патрубка, для которого в ниппеле 4 (или в замке), соединяющем патрубок с переходником 3, выточено гнездо с таким расчетом, чтобы при движении снаряда вверх шарик надежно перекрывал внутреннее пространство колонковой трубы от столба жидкости, находящегося в бурильных трубах.

Процесс бурения с призабойной циркуляцией осуществляется при одновременном вращении и расхаживании снаряда в скважине (рис. 14). При подъеме снаряда над забоем происходит перемещение жидкости из наружного кольцевого зазора в колонковую трубу. Шаровой клапан перекрывает отверстие в ниппеле, препятствуя перемещению жидкости из бурильных труб в колонковую трубу. Жидкость, двигаясь из кольцевого зазора, увлекает шлам с забоя скважины во внутреннее пространство колонковой трубы, одновременно охлаждая коронку.

При движении снаряда вниз клапан поднимается до ограничительной шпильки, обеспечивая жидкости возможность перемещаться из внутреннего пространства колонковой трубы через отверстия в шламопроводящем патрубке в кольцевой зазор между стенками скважины и колонковой трубой. При этом тяжелые, крупнющие частицы шлама оседают на керне, более легкие частицы

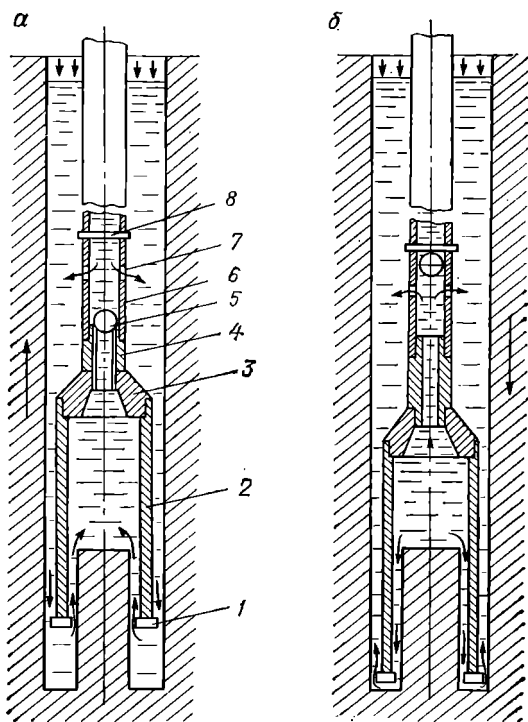


Рис. 14. Схема работы снаряда при бурении с призабойной циркуляцией.

а — движение снаряда вверх; б — движение снаряда вниз.

циркулируют вместе с жидкостью. Включение в состав снаряда шламовой трубы положительно сказывается на процессе бурения, предотвращая чрезмерное зашламование скважины.

Собственно разрушение породы на забое происходит в промежутки времени между сбрасыванием снаряда и его очередным подъемом и исчисляется в пределах одного цикла секундами. Поскольку затраты времени на расхаживание снаряда и на собственно бурение сопоставимы, время чистого бурения при данном способе примерно в 2 раза меньше, чем при колонковом бурении с промывкой при прочих равных условиях. Это является основной причиной, обуславливающей сравнительно невысокую производительность при бурении с призабойной циркуляцией.

Параметрами режима бурения с призабойной циркуляцией являются: частота расхаживания бурового снаряда; высота подъема снаряда над забоем при расхаживании; нагрузка на породоразрушающий инструмент; частота вращения снаряда.

Частота расхаживания (количество двойных ходов снаряда в минуту) в зависимости от физических свойств пород приведена в табл. 21. С увеличением частоты расхаживания возрастает интенсивность циркуляции жидкости и повышается скорость бурения. Но одновременно с этим происходит и более интенсивное размывание керна, особенно при бурении рыхлых пород.

Таблица 21
ЧАСТОТА РАСХАЖИВАНИЯ БУРОВОГО СТАНКА

Породы	Количество двойных ходов снаряда в минуту
Известняки, песчаники, сланцы	10—15
Глины, мягкие известняки, доломиты, алевролиты	15—20
Мягкие песчано-глинистые породы	20—25
Пески	30—40

Высота подъема снаряда над забоем при расхаживании зависит от частоты расхаживания, возрастая при снижении последней. При этом подъем снаряда над забоем в любом случае следует ограничивать 10 см.

Нагрузка на породоразрушающий инструмент зависит от его диаметра и должна находиться в пределах 1500—2500 Н при бурении мягких пород и 2500—4000 Н при бурении твердых пород. Чрезмерная нагрузка на породоразрушающий инструмент приводит к затирке керна, прекращению циркуляции жидкости и, следовательно, к прекращению бурения.

С увеличением частоты вращения снаряда возрастает механическая скорость бурения, что требует увеличения частоты расхаживания снаряда. Это ограничивает предел частоты вращения, которому соответствуют окружные скорости коронки, равные 0,6—0,8 м/с.

Длина рейса определяется течением технологического процесса и при отсутствии геологических ограничений, вытекающих из повышенных требований к выходу керна, составляет обычно 1,5—3 м.

Заклинивание керна производится методом затирки без расхаживания снаряда при несколько повышенной нагрузке на породоразрушающий инструмент.

§ 4. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ КОРОНКАМИ

Бурение твердосплавными коронками выполняется в рыхлых породах малой и средней твердостей, а также в твердых (V—VIII и частично IX категорий по буримости).

В мягких и рыхлых породах I—IV категорий применяются ребристые коронки М-1; М-2 и КР-3, конструктивной особенностью которых является наличие ребер, приваренных к наружным боковым поверхностям короночного кольца. Наличие ребер обеспечивает увеличенный зазор между стенками скважины и колонковой трубой, что, с одной стороны, благоприятствует циркуляции промывочной жидкости, а с другой — препятствует прихватам колонкового снаряда при вывалах неустойчивых пород со стенок скважины в процессе бурения. Коронки М-1 армированы пластинчатыми резами и предназначены для бурения однородных пород I—III категорий, а коронки М-2 армированы восьмигранными резами и используются при бурении перемежающихся по крепости пород II—IV категорий, включая прослой более твердых пород.

Типы и размеры твердосплавных коронок, предназначенных для бурения твердых пород, приведены в табл. 22. Основными параметрами режима бурения являются: нагрузка на породоразрушающий инструмент; частота вращения снаряда; количество подаваемой в скважину промывочной жидкости.

Значения параметров режима твердосплавного бурения зависят от физических свойств пород и типа применяемых коронок. Рекомендуемые режимы бурения рыхлых и мягких пород I—IV категорий по буримости приведены в табл. 23.

Заклинивание керна при бурении рыхлых пород производится чаще всего затиркой всухую.

Параметры режима бурения пород IV—VIII категорий по буримости приведены в табл. 24.

§ 5. БУРЕНИЕ СКВАЖИН С ПРОМЫВКОЙ ГЛИНИСТЫМИ РАСТВОРАМИ

Породы, слагающие месторождения строительных материалов, отличаются либо неустойчивостью стенок скважин (пески, супеси, гравийно-песчаные породы), либо сильной трещиноватостью и кавернозностью (известняки, доломиты), либо способностью набухать при промывке скважин водой (глины, глинистые сланцы).

ТИПЫ И РАЗМЕРЫ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ КОРОНОК

Коронка	Характеристика	Область применения (категория породы)	Диаметр, мм
СМ-3	Армирована восьмигранными пустотелыми резцами	IV—VII	46—151
СМ-4	Мелкорезцовая	V—VII; малоабразивные	76—151
СМ-5	Мелкорезцовая	V—VI; малоабразивные	46—151
СМ-6	Мелкорезцовая	VI—VII	46—151
СТ-2	Армирована восьмигранными резцами	V—VII; малоабразивные перемежающиеся и трещиноватые	46—151
СА-1	Самозатачивающаяся тонкопластинчатая	V—VII; однородные мелкозернистые абразивные	36—132
СА-2	Микрорезцовые самозатачивающиеся, армированные заостренными резцами	VI—VII и частично VIII; абразивные	36—76
СА-3	Микрорезцовые самозатачивающиеся с неполным перекрытием забоя, армированные заостренными резцами	VI—VIII; абразивные	93—132
СА-4	Микрорезцовые самозатачивающиеся с ориентированно установленными заостренными резцами	VI—VII и частично VIII; абразивные	46—132

Таблица 23

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА БУРЕНИЯ РЫХЛЫХ И МЯГКИХ ПОРОД I—IV КАТЕГОРИИ БУРИМОСТИ

Параметры	Тип коронки	
	М-1	М-2
Нагрузка на резец, Н	500—600	600—800
Окружная скорость коронки, м/с	0,8—1,2	0,8—1,2
Количество промывочной жидкости на 1 см диаметра коронки, л/мин	10—15	10—15

В таких условиях использование воды в качестве промывочной жидкости оказывается неэффективным, так как не решается одна из главных задач — обеспечение устойчивости стенок скважины в процессе бурения. В подобных случаях в качестве промывочной жидкости используются глинистые растворы.

Работы, выполненные в СЗТГУ коллективом технологов под руководством В. М. Рыжова, убедительно свидетельствуют о том, что при бурении рыхлых неустойчивых пород наиболее эффективны малоглинистые растворы, приготовленные на основе поли-

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА БУРЕНИЯ ПОРОД
МАЛОЙ, СРЕДНЕЙ ТВЕРДОСТИ И ТВЕРДЫХ

Коронка	Параметры		
	Нагрузка на основ- ной резец, Н	Окружная скорость коронки, м/с	Количество промывоч- ной жидкости на 1 см диаметра, л/мин
СМ-4	} 300—500	0,6—2,5	10—12
СМ-5			
СМ-6	} 400—600	0,6—2,5	10—12
СМ-3			
СТ-2	1200—1500	0,8—2,0	10—12
СА-1	} 1200—1500	0,8—2,0	10—12
СА-2			
СА-3			
СА-4			

акриламида ПД-5. Они обладают рядом существенных преимуществ:

— низкое содержание твердой фазы обеспечивает лучшую работоспособность породоразрушающего инструмента и более высокую механическую скорость;

— меньшее гидростатическое давление, создаваемое столбом промывочной жидкости, способствует меньшему ее поглощению;

— улучшаются условия работы насосов;

— снижается стоимость глинистых растворов.

Для того чтобы малоглинистый раствор наиболее полно отвечал требованиям, вытекающим прежде всего из условий очистки скважины от шлама и крепления стенок скважины в процессе бурения неустойчивых пород, параметры раствора должны соответствовать принятым критериям и быть стабильными в течение определенного интервала времени. С этой целью в малоглинистый раствор в качестве реагента-стабилизатора вводятся добавки полиакриламида, гидролизованного в щелочной среде. Для получения 1 л водного раствора реагента ГПД-5 необходимо 50 г товарного полиакриламида, 10 г КОН или NaOH и 50 г CaCO₃.

В производственных условиях гидролиз полиакриламида производится в глиномешалках. Компоненты загружаются в глиномешалку в строго определенной последовательности: небольшое количество воды; расчетное количество полиакриламида, щелочи, кальцинированной соды; недостающее до полного заполнения глиномешалки количество воды.

Состав перемешивается в глиномешалке в течение 2—2,5 ч, затем сливается в емкость, где выдерживается в течение суток, необходимых для реакции гидролиза.

Оптимальное содержание гидролизованного полиакриламида в малоглинистом растворе зависит от качества глинопорошка, плотности раствора и ограничений, предъявляемых к водоотдаче малоглинистого раствора конкретными условиями бурения. Так,

обработка глинистого раствора, приготовленного из глинопорошка среднего качества, плотностью 1,07—1,08 г/см³, вязкостью 1,8Н·с/м² и водоотдачей 20 см³, гидролизированным полиакриламидом в количестве 50 г/л обеспечивает стабильное снижение водоотдачи до 10—12 см³. Необходимо отметить высокое качество глинистой корки, образующейся в результате фильтрации малоглинистого раствора. Толщина фильтрационной корки не превышает 1 мм, корка получается плотной, не растрескивается при высыхании и не отслаивается от фильтровальной бумаги. Прочностные свойства фильтрационной корки таковы, что она не разрушается при водопрооявлениях в скважине.

Экспериментальные работы, выполненные при разведке россыпных месторождений на Кольском полуострове, дают основание рассматривать использование стабилизированных малоглинистых растворов в сочетании с двойными колонковыми трубами в качестве средства, обеспечивающего полноту и точность геологического изучения и опробования рыхлых обводненных пород, представленных песчано-гравийно-галечниковыми отложениями с большим количеством валунов.

Установлено, что представительность опробования, полнота и точность геологического изучения разреза при бурении скважин двойными колонковыми трубами с промывкой стабилизированными глинистыми растворами сопоставимы (а в ряде случаев и более предпочтительны) с результатами, получаемыми при бурении с призабойной циркулирующей промывочной жидкости. При этом производительность бурения с промывкой превышает показатели бурения с призабойной циркулирующей в два раза.

§ 6. АЛМАЗНОЕ БУРЕНИЕ

Область применения алмазного бурения при разведке месторождений строительных материалов ограничивается буровыми работами на месторождениях строительного и облицовочного камня. При этом специфические особенности алмазного бурения заключаются в следующем.

1. Методика изучения трещиноватости, которая является важной частью геологического изучения месторождений строительного камня (особенно облицовочного), в настоящее время определяет минимальный диаметр бурения 93—112 мм.

2. С организационной точки зрения при разведке месторождений строительных материалов предпочтительны самоходные буровые агрегаты. В то же время такие агрегаты не обеспечивают оптимальных условий для использования прогрессивной скоростной технологии, при которой алмазное бурение наиболее эффективно. Прежде всего это относится к высоким скоростям вращения бурильного вала, когда на самоходных агрегатах недостаточная жесткость установки бурового станка способствует возникновению недопустимых вибраций. Кроме того, недостаточный вес самоходного бурового агрегата в сочетании с незначительными глубинами

скважин при бурении коронками больших диаметров (112 мм) не могут обеспечить условий для создания оптимальных нагрузок на породоразрушающий инструмент.

Перечисленные обстоятельства объясняют причину того, что такие показатели алмазного бурения, как механическая скорость, стоимость 1 м бурения, удельный расход алмазов, довольно далеки от достигнутого в настоящее время уровня.

Технология бурения алмазными коронками диаметром 59—76 мм аналогична общепринятой в настоящее время, за исключением такого параметра, как частота вращения бурильной колонны, которая при использовании самоходных буровых агрегатов, как правило, не превышает 300 об/мин. Это ограничение объясняется, как уже отмечалось выше, возникновением при высоких частотах вращения сильных вибраций не только в колонне бурильных труб, но и в комплексе наземного оборудования.

Необходимая нагрузка на породоразрушающий инструмент (8000—12 000 Н) может быть обеспечена за счет его принудительной подачи. При этом масса самоходных буровых агрегатов достаточна для обеспечения их устойчивости при бурении с принудительной подачей бурового инструмента.

В качестве антивибрационных средств применяется смазка КАВС. Следует отметить, что хотя бурение ведется не на скоростных режимах, значимость антивибрационной смазки не снижается, а возможно, в рассматриваемых условиях даже возрастает, так как недостаточная жесткость установки бурового станка служит дополнительной причиной возникновения вибраций колонны бурильных труб. Кроме того, бурение скважин на строительный камень в большинстве случаев сопровождается поглощением промывочной жидкости, фильтрующейся в развитую сеть трещин. Смазка бурильной колонны при трении последней о стенки скважины кольматирует вскрытые скважиной трещины, снижая или полностью ликвидировав их поглощающую способность.

Объем породы, получаемой из керна скважины, пробуренной коронками диаметром 59 мм, достаточен для выполнения комплекса необходимых физико-механических испытаний и исследований, установленных для конкретного типа месторождений. Но для изучения трещиноватости и ряда других специальных исследований возникает необходимость увеличения диаметра бурения до 93 мм и более.

Бурение алмазными коронками диаметром 93—112 мм требует частоты вращения снаряда 150—400 об/мин и нагрузки на коронку 12 000—25 000 Н. Самоходные буровые агрегаты в данном случае в состоянии обеспечить оптимальные частоты вращения снаряда, но в ряде случаев, особенно при бурении коронками диаметром 112 мм, не обеспечивается необходимая нагрузка на коронку, что не только отрицательно сказывается на механической скорости бурения, но может послужить причиной (или одной из причин) низких результатов бурения на коронку. Режимы промывки скважины соответствуют общепринятым нормативам.

АЛМАЗНОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ В СЗТУ (по данным за 1977 г.)

Типы коронок	Диаметр, мм	Объем бурения на 1 коронку м		Удельный расход алмазов, кар/м	Механическая скорость, м/ч	Длина рейса, м	Средняя категория
		средний	максимальный				
Однослойные	92	10,4	13,5	1,003	0,66	2,34	9,5
	112	5,6	6,8	3,002	0,65	1,93	10,0
Импрегнированные	93	5,8	7,0	0,988	0,58	1,98	9,5
	112	10,0	27,7	2,612	0,71	2,22	9,8
С синтетическими алмазами	93	7,0	12,7	1,005	0,50	1,74	9,6
	112	5,9	11,2	2,887	0,61	2,06	9,9

Определенную трудность при бурении алмазными коронками большого диаметра представляет срыв керна. Из-за отсутствия кернорвателей надежной конструкции и хорошего качества заклинивание керна производится при помощи заклиночного материала (алюминиевая проволока, кусочки фарфора, фаянса и т. д.), что связано с дополнительными затратами времени и не всегда достаточно надежно.

Специфические особенности алмазного бурения скважин при разведке месторождений строительных материалов объясняют недостаточно высокие технико-экономические показатели по сравнению с достигнутыми в настоящее время при бурении скважин на другие виды твердых полезных ископаемых. В табл. 25 приведены некоторые данные, характеризующие эффективность алмазного бурения. Эти данные показывают, что наиболее высокие показатели имеют место при бурении импрегнированными коронками. В данном случае эффективность алмазного бурения пород IX—X категорий по буримости безусловно превосходит другие известные способы бурения скважин в аналогичных условиях.

§ 7. ЛИКВИДАЦИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ СУХОГО ТАМПОНИРОВАНИЯ СКВАЖИН

При бурении скважин на разведке месторождений строительных материалов часто имеют место поглощения промывочной жидкости в трещиноватых и кавернозных породах, а также в породах, отличающихся высокой проницаемостью. Незначительные водопоглощения удаётся успешно ликвидировать за счет образования на стенках скважины фильтрационной корки и колымагации трещин частицами твердой фазы малоглинистого раствора. В случаях силь-

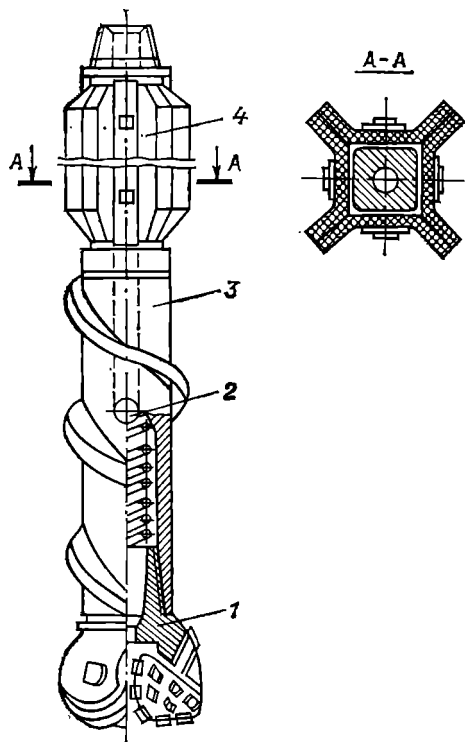


Рис. 15. Тампонирующее устройство.

1 — шарошечное долото; 2 — обратный шариковый клапан; 3 — отражатель; 4 — затирочный элемент.

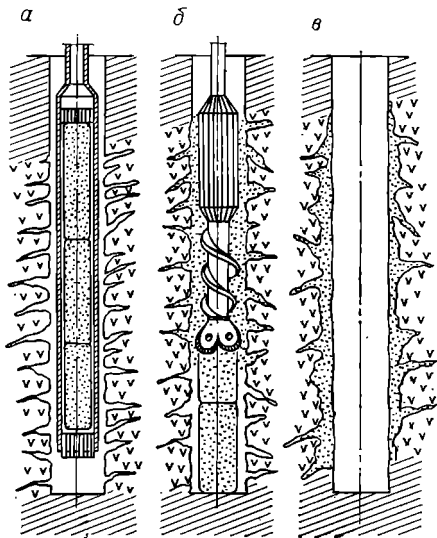


Рис. 16. Схема тампонирования скважины.

a — доставка БСС в зону поглощения; *б* — тампонирование зоны поглощения при помощи тампонирующего устройства; *в* — заполнение трещин и каверн в зоне поглощения в результате тампонирования.

ной трещиноватости или кавернозности пробуриваемых пород интенсивность поглощения может превысить возможности борьбы с ним при помощи малоглинистых растворов. В этих случаях может быть использован метод изоляции зон водопоглощений и водоприптоков сухими тампонирующими смесями, разработанный в СЗТГУ [4].

Во вскрытую скважиной зону водопоглощения или водопритока в колонковом снаряде доставляется быстросхватывающаяся смесь (БСС) в полиэтиленовой упаковке. Объем смеси принимается с таким расчетом, чтобы скважина была заполнена ею на 1,5—2,0 м выше кровли поглощающих пород. Затем в скважину на бурильных трубах опускается тампонирующее устройство (рис. 15), разработанное Н. К. Липатовым и Г. В. Патрушевым, состоящее из шарошечного долота 1, отражателя 3, выполненного в виде шнека с витками спирали, которые имеют направление обратное вращению снаряда, обратного шарикового клапана 2 и затирочного элемента 4, выполненного в виде переходника с эластичными радиально установленными лопастями.

Полиэтиленовые брикеты с БСС разбуриваются долотом тампонирующего устройства; быстросхватывающая смесь при этом затворяется водой и образующаяся масса задавливается отражателем в трещины и каверны с последующей затиркой стенок скважины затирочным элементом по мере движения тампонирующего устройства от кровли к подошве зоны водопоглощения (рис. 16). Циркуляция промывочной жидкости восстанавливается в самом начале процесса тампонирования, что позволяет в дальнейшем в течение всей операции по изоляции зоны контролировать надежность тампонирования визуальным наблюдением за характером циркуляции промывочной жидкости.

Способ доставки БСС в скважину и технология ее затворения в зоне водопоглощения позволяют широко варьировать составом смесей путем подбора различных компонентов в зависимости от конкретных условий и задач.

ВИБРАЦИОННОЕ БУРЕНИЕ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ
ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ
ДЛЯ УДАРНО-ВИБРАЦИОННОГО БУРЕНИЯ

Под вибрационным бурением понимается способ, при котором буровой инструмент внедряется в грунт с помощью вибрационной или ударно-вибрационной машины.

Вибрационное бурение относится к числу наиболее эффективных при поисках и разведке кирпичных, белоглистых и керамзитовых глин, песчано-гравийной смеси, известковых туфов, строительных гипсов и др. Его отличительными особенностями являются низкая стоимость, высокая производительность, удовлетворительное качество получаемой геологической информации и опробования.

Накопленным к настоящему времени опытом определены области рационального использования вибромашины для бурения скважин. Поверхностные вибропогружатели со статическим моментом дебалансов 15—25 Н·м, частотой колебаний в минуту 1000—1500 и массой 350—700 кг целесообразно использовать для бурения скважин в песчаных, супесчаных, суглинистых, глинистых и отчасти крупнообломочных породах глубиной до 30 м и диаметром до 219 мм с отбором керна по всему интервалу бурения. Вибромашины с более низкими параметрами следует использовать для бурения скважин в тех же породах глубиной до 6 м и диаметром до 104 мм. Погружные вибромашины могут быть использованы для бурения скважин глубиной более 30 м. В указанных условиях вибромашины позволяют повысить производительность буровых работ в 2—3 раза при снижении их стоимости в 1,5—5 раз.

Опыт применения вибрационного способа бурения свидетельствует о том, что скорости вибробурения снижаются в диапазоне пород от увлажненных супесей и суглинков до пластичных глин, плотных песков и крупнообломочных грунтов. В практике геологоразведочных, изыскательских и других работ используется ряд классификаций горных пород по буримости вибрационным способом. В табл. 26 приведена классификация, принятая при инженерно-геологических изысканиях.

Помимо бурения скважин вибрационная техника может быть использована для погружения и извлечения обсадных труб, ликвидации аварий в скважинах, связанных с прихватом снаряда на забое, и для выполнения других операций, сопутствующих различным способам бурения.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ
ДЛЯ УДАРНО-ВИБРАЦИОННОГО БУРЕНИЯ *

Категория	Наименование	Время чистого бурения на 1 м, мин		
		Бурение за рейс, м для интервалов глубин скважин, м		
		0—4	4—10	>10
I	Легко буримые породы, деформирующиеся под собственным весом бурового снаряда: хорошо разложившийся торф и рыхлый почвенный слой; чернозем, рыхлые влажные пески; сильно влажные иловатые болотные и рыхлые песчано-глинистые породы; рыхлый лёсс	$\frac{0,4}{2,0}$	$\frac{0,8}{1,5}$	$\frac{1,6}{1,0}$
II	Торф и почвенно-растительный слой с корнями растений (дерн) и редкими включениями гальки и гравия. Неуплотненные пески, супеси и суглинки с примесью (до 10%) мелкой гальки, щебня и гравия. Пластичные глины, суглинки, супеси. Диатомит, увлажненный слабый мел, рыхлый трепел. Лёсс средней плотности	$\frac{0,6}{1,5}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{2,4}{0,8}$
III	Супеси и суглинки пластичные с примесью щебня и гравия (10—20%). Плотные глины, супеси, лёсс, рыхлые мергели. Мел слабоплотный, каолин. Плывуны и водонасыщенные пески	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{1,8}{0,8}$	$\frac{3,6}{0,6}$
IV	Плотные пески. Песчано-глинистые пластичные породы с содержанием гравия, гальки или щебня (20—35%). Очень плотные глины, суглинки, супеси, пески. Плотный каолин, слабые аргиллиты. Пористый известняк-ракушечник, гипс. Твердый мел, ангидрит. Мягкий каменный (бурый) уголь. Бокситы, фосфориты. Опоки, за исключением окремненных разновидностей. Мерзлые: глины, супеси, ил, торф. Лед	$\frac{1,8}{0,8}$	$\frac{3,6}{0,6}$	$\frac{7,2}{0,4}$

* Единые нормы времени и расценки на проектные и изыскательские работы. Ч. 1. Изыскательские работы для строительства. Т. 2. Инженерно-геологические изыскания. М., Стройиздат, 1972, с. 366.

§ 2. ВИБРОМАШИНЫ, ВИБРОУСТАНОВКИ И ВИБРОАГРЕГАТЫ. ИНСТРУМЕНТ

Номенклатура вибромашин, предназначенных для бурения скважин, включает в себя машины с широким диапазоном характеристик:

Статический момент дебалансов, Н·м	5—70
Частота вращения дебалансов, об/мин	800—2000
Масса, кг	50—2000

Вибромашины в соответствии с их назначением могут быть условно разделены на две группы:

1) безударные вибропогружатели и вибромолоты с мощностью двигателя до 7 кВт, моментом дебалансов до 25 Н·м и массой до 500 кг. Машины предназначены для бурения скважин в нескальных грунтах;

2) безударные вибропогружатели и вибромолоты с мощностью двигателя до 20 кВт и более, моментом дебалансов 70 Н·м и более и массой до 5 т. Машины в основном предназначены для погружения и извлечения труб. В табл. 27 приведены технические характеристики ряда вибромашин.

Виброустановкой является буровой агрегат, укомплектованный вибропогружателем и предназначенный для бурения скважин вибрационным способом. Как правило, все виброустановки являются комбинированными, что обеспечивает возможность бурения не только вибрационным, но и каким-либо другим способом. Выпускаются также варианты установок, в которых вибрационный способ является вспомогательным. В табл. 28 приведены технические характеристики некоторых виброустановок и виброагрегатов.

Буровой снаряд для вибрационного бурения состоит из бурильных труб и породоразрушающего инструмента (стакана, зонда, желонки или грунтонасоса).

В качестве породоразрушающего инструмента при вибробурении чаще всего используются виброноты (рис. 17, а), представляющие собой трубу длиной 1—3 м, имеющую на нижнем конце рабочие кольца, а на верхнем — переходник для присоединения к бурильным трубам. Наиболее употребительны виброноты диаметром 108, 127, 146 и 168 мм, реже применяются виброноты диаметром 89 и 219 мм. Рабочее кольцо имеет толщину стенки несколько большую, чем труба. Такое соотношение в размерах кольца и трубы позволяет уменьшить силу трения о породу, препятствующую скорости углубки инструмента.

Для бурения устойчивых связных глинистых пород применяются зонды с одной прорезью с углом выреза 140—160°. В менее устойчивых, но связных породах используются зонды с меньшим углом выреза (90—140°), либо зонды с двумя вырезами. Для бурения слабосвязанных пород используются зонды с клапаном (рис. 17, б), имеющие одну или две прорези.

Несвязные грунты бурят желонками, входное отверстие которых полностью перекрывается клапаном. Желонки очищаются от породы через верхнее отверстие или через узкую продольную прорезь. Для облегчения операции очистки зонда от породы рекомендуется применять разъемные зонды (рис. 18). При бурении валунно-галечниковых отложений целесообразно применять зонды с зубчатыми башмаками.

§ 3. ТЕХНОЛОГИЯ

Месторождения строительных материалов по условиям вибрационного бурения можно разделить на две группы:

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИБРОМАШИН

Параметры	БТ-9	ВБ-7	ВГ-6	ВГ-8	ВПИ-1	ВПИМ-2	ВВЛ-3М	ВО-6	ВО-10
Мощность электродвигателя, кВт	7	7	5,6	5,5	3,7	7	4,5	14	20
Количество электродвигателей	1	1	2	2				2	2
Частота вращения ротора, об/мин	1450	1450	1450	1450					
Момент дебалансов, Н·м	15	20	14	14	6	15	5—10	27,5	57,0
Частота вращения дебалансов, об/мин	1250	1250	1150	1220	1500	1500—1800	1500	1230	1200
Максимальная вынуждающая сила, Н	30 000	350 000	20 500	21 000	15 000	57 000	14 000—25 000	46 500	92 000
Предельная амплитуда колебаний вибровозбудителя, мм	—	5							
Максимальный ход ударного патрона, мм	—	150							
Масса ударной части, кг	—	—	350	365	50	110			
Диаметр центрального проходного отверстия, мм	—	—	195	270					
Диаметр труб, мм	—	—	127, 146, 168	146, 168, 219				168	168, 219, 273
Диаметр грунтозаборника, мм									
Вместимость грунтозаборника, м ³									
Габаритные размеры, мм:									
длина	700	570	810	790	500	630		1420	1710
ширина	470	500	620	553	390	530		690	1048
высота	1200	730	1470	2055	940	1375		1850	1940
Масса, кг	400	400	427	650			280	1010	1670

Параметры	ВО-14	ПВ-1	ПВ-2	ПВ-3	ПВ-4П	С-833 (В-81)	С-402А	С-835	ПВМ-8
Мощность электродвигателя, кВт	28	7	28	30	17	2	5,6	14	4
Количество электродвигателей	2	1	2	1	1	2	2	2	1
Частота вращения ротора, об/мин	150	14,2	192	80	60	6		42	0,6
Момент дебалансов, Н·м	1250	1100—1500	1200—1450	1200—1500	1200—1500	1410	1440	1450	1000—3000
Частота вращения дебалансов, об/мин	327 000	20 000—35 000	45 000	130 000—200 000	100 000—200 000	10 500	32 000	100 000	650—6100
Максимальная вынуждающая сила, Н									
Предельная амплитуда колебаний вибровозбудителя, мм									
Максимальный ход ударного патрона, мм									
Масса ударной части, кг									
Диаметр центрального проходного отверстия, мм						85	230	670	11,2
Диаметр труб, мм	325, 377								
Диаметр грунтозаборника, мм		600—800	17 000—3000	1100—1500	700—1400				
Вместимость грунтозаборника, м ³		0,3	4	1	0,5				
Габаритные размеры, мм:									
длина	2520	600	1700	1100	700	460	980	960	200
ширина	1250	600	1700	1100	700	350	860	720	200
высота	2200	1500	3455	2400	2380	360	570	480	310
Масса, кг	3600	410	4560	1700	1400	135	1000	1040	13,2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОУСТАНОВОК
И ВИБРОАГРЕГАТОВ

Параметры	ПВВК-8	БЦВ-1В	ВБУ	АВВ-2М	СВУЭМ-150-3ИВ	ВУД-25
Глубина бурения, м	8	30	40	20	20—30	25
Диаметр скважины, м	65—85	108, 127, 168	219	168	168	89, 108, 127
Габаритные размеры, мм:						
длина	200	3300	6000	7500	—	2000
ширина	200	2100	2000	2350	—	1500
высота	310	2150	3200	3400	—	—
Масса, кг	81,8	1800	5500	6300	13750	6000

— месторождения, сложенные сухими или слабообводненными устойчивыми породами;

— месторождения, сложенные сухими, сыпучими легкоразрушаемыми или сильно обводненными породами.

При бурении скважин на месторождениях первой группы устанавливается направляющий кондуктор на глубину 2—3 м и дальнейшее бурение осуществляется без крепления стенок скважины обсадными трубами.

Вибробурение скважин на месторождениях второй группы требует обязательного крепления пробуренного интервала обсадными трубами, а в некоторых случаях опережающего крепления. Чистка обсадной колонны труб производится инструментом через два диаметра.

Технологическими параметрами вибрационного способа бурения являются: скорость удара, масса ударной части, частота ударов, момент дебалансов, частота колебаний и масса вибровозбудителя; диаметр зонда, длина рейса и продолжительность непрерывного вибрирования. Поставляемые заводами виброустановки комплектуются вибропогружателями с постоянными параметрами, предназначенными для бурения скважин в определенном диапазоне глубин, диаметров бурения и горно-геологических условий. Параметры поставляемых вибропогружателей не регулируются в процессе бурения, за исключением частоты вращения дебалансов, которую в небольших пределах можно изменять за счет частоты вращения приводного двигателя.

Параметры вибропогружателей, предназначенных для бурения скважин глубиной до 30 м диаметром 89—168 мм, приведены в табл. 29 [50]. Нижние пределы параметров относятся к породам I категории, верхние — к породам IV категории; для пород, занимающих промежуточное положение, соответствующие значения параметров должны интерполироваться.

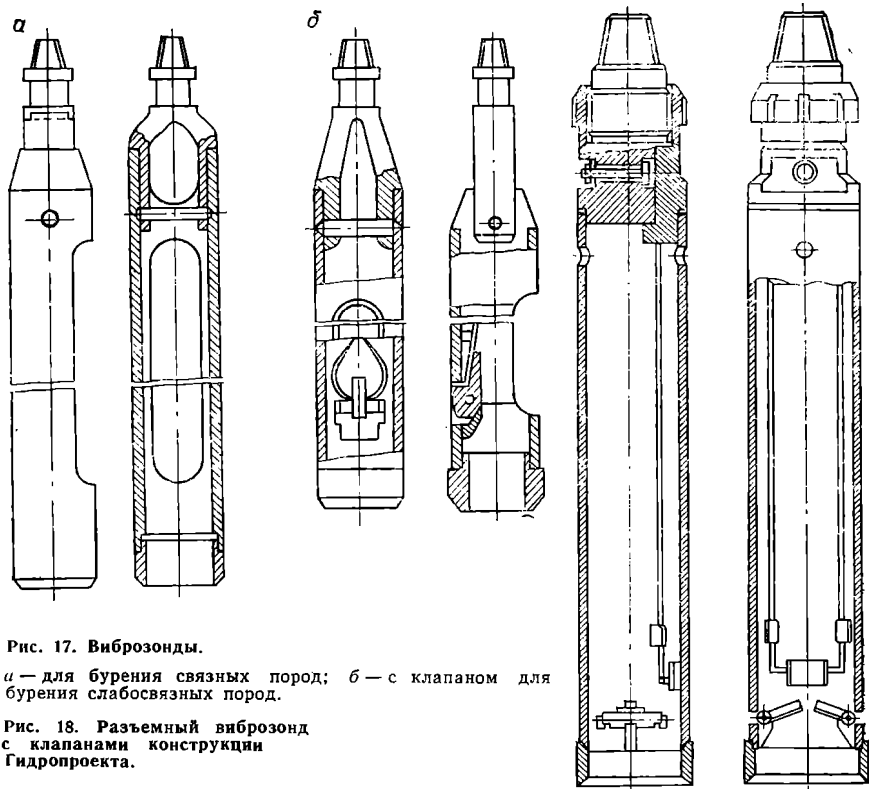


Рис. 17. Виброзонды.

a — для бурения связанных пород; *b* — с клапаном для бурения слабо связанных пород.

Рис. 18. Разъемный вибронд с клапанами конструкции Гидропроекта.

При бурении пород, характеризующихся низкой вибробуримостью (плотные слабоувлажненные пески, глины, суглинки) рекомендуется применять вибропогружатели с большим моментом дебалансов; при бурении пород, отличающихся большой вибробуримостью (влажные пески, супеси), — вибропогружатели с высокой частотой ударов. При этом следует иметь в виду, что вибромолоты обеспечивают более высокую производительность по сравнению с безударными вибропогружателями.

Таблица 29
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВИБРОПОГРУЖАТЕЛЕЙ
ДЛЯ ВИБРОБУРЕНИЯ (по Б. М. Ребринку)

Параметры	Безударный вибропогружатель	Вибромолот
Момент дебалансов, Н·м	20—40	15—30
Частота вращения дебалансов, об/мин	1000—1500	800—1500
Количество ударов в минуту	—	500—1000
Масса, кг	300—700	250—600
Масса ударной части, кг	—	200—500
Мощность двигателя, кВт	7—10	7—10

При условии, что геологической службой не ставится дополнительных ограничений, рациональная длина рейса может устанавливаться бурильщиком. Предельной длиной рейса является углубка, при которой зонд целиком заполняется породой либо при которой по каким-то другим причинам рейс прекращается. Выполненные Б. М. Ребриком исследования показали, что оптимальная длина рейса должна быть меньше предельной на 5—20%, при бурении в породах, характеризующихся высокой вибробуримостью 2,5—5 м; при средней вибробуримости длина рейса снижается по мере увеличения глубины скважины, при низкой вибробуримости она существенно ниже, чем в предыдущих случаях, и практически не зависит от глубины скважины.

Начальные интервалы скважины в любых условиях следует пробуривать зондами больших диаметров с постепенным их уменьшением по мере ее углубления. Это вызывает необходимость иметь в комплекте виброинструмента несколько размеров виброзондов и обеспечивает существенный прирост рейсовой скорости, получаемой при использовании указанной схемы бурения.

В табл. 30 приведены ориентировочные значения оптимальной длины рейса, механической и рейсовой скоростей вибробурения в породах различных категорий.

Таблица 30

ПОКАЗАТЕЛИ ВИБРОБУРЕНИЯ (по Б. М. Ребрику)

Параметры	Интервал бурения, м	Категория пород			
		I	II	III	IV
Механическая скорость бурения, м/мин	0—4	3,0	1,5	1,0	0,5
	4—10	1,0	0,7	0,5	0,3
	10—20	0,6	0,4	0,2	0,1
Рейсовая скорость бурения, м/ч	0—4	20	15	12	8,0
	4—10	10	7	4	1,5
	10—20	3	2	1	0,5
Оптимальная длина рейса, м	0—4	1,5—2,5	2,5	1,5	0,8
	4—10	2,5	1,5	1,0	0,4
	10—20	2,5	1,0	0,6	0,2

Технико-экономические показатели, полученные в СЗТГУ и Уральском ТГУ при разведке месторождений строительных материалов, подтверждают целесообразность широкого внедрения вибрационного способа бурения в практику геологоразведочных работ.

Так, при вибробурении скважин глубиной до 30 м при разведке месторождений керамзитовых глин фактическая производительность составила более 600 м/станко-месяц при односменной работе.

§ 4. ВИБРОВРАЩАТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ

При встрече твердых прослоев пород, включений крупнообломочного материала бурение вибрационным способом может осложниться. Процесс бурения скважин в таких случаях существенно облегчается, если вибрация снаряда сопутствует его вращению. Подобные исследования были выполнены опытно-методической партией новой техники Уральского ТГУ совместно с Московским геологоразведочным институтом при помощи вибробурового агрегата АВБ-2М, оснащенного навесным вращателем с электроприводом. Конструктивно это выполнено таким образом, что работа может производиться вращателем, вибропогружателем или тем и другим одновременно.

На основании проведенного экспериментального и опытного бурения вибровращательным способом установлено, что механическая скорость бурения увеличивается в несколько раз по сравнению с вибрационным и в 6—7 раз по сравнению с вращательными способами [1].

Поскольку разрушение породы при вибровращательном бурении происходит под совместным воздействием виброударных импульсов и вращения породоразрушающий инструмент должен сочетать в себе элементы инструмента для вибробурения и коронок, предназначенных для вращательного бурения. Коронки для данного способа изготавливаются в виде конуса, причем не только с наружной, но и с внутренней стороны, где тоже имеется небольшой скос, равный 4°. Зубья коронок армированы твердосплавными резцами, выступающими над торцом на 15 мм.

Исследования показали, что при диаметре бурения 76 мм, частоте вращения дебалансов 1200 об/мин наибольшая скорость бурения в пластичных глинах соответствовала частоте вращения бурового снаряда 55—65 об/мин. Максимальная механическая скорость бурения составила 37 м/ч, тогда как при бурении только вибрационным способом она была 8,3 м/ч.

Дальнейшие исследования и производственный опыт ряда геологических организаций подтвердили перспективность вибровращательного способа бурения геологоразведочных скважин диаметром до 250 мм и глубиной 10—40 м в породах до V категории по буримости.

Наиболее рациональные параметры режима вибровращательного бурения (выход керна при этом составляет 100%):

Частота вращения бурового снаряда, об/мин .	40—50
Длина рейса, м .	1,5—1,7
Оптимальное рейсовое время бурения, с .	60—65

Свердловский машиностроительный завод им. Воровского изготовил самоходные универсальные установки АВБ-3. Эти установки предназначены для бурения геологоразведочных и инженерно-геологических вертикальных и наклонных скважин вибрационным, вращательным, вибровращательным и ударно-канатными способами.

§ 5. ВИБРАЦИОННОЕ БУРЕНИЕ В ОСЛОЖНЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

К осложненным геологическим условиям в данном случае отнесено бурение в плавунных породах, в породах, содержащих большое количество валунов, а также бурение скважин глубиной более 20 м.

Наиболее эффективным методом бурения значительных толщ водонасыщенных песков с тонкими прослоями глин и суглинков является метод, разработанный Украинским отделением Гидропроекта.

Водонасыщенные пески по всей мощности перекрываются с помощью вибромолота колонной обсадных труб, в нижней части снабженной башмаком с клапанами. Внутри каждой обсадной трубы находится тонкостенная металлическая гильза. После бурения толщи колонна труб извлекается из скважины, а из каждой трубы извлекается гильза с керном. Метод характеризуется высокой точностью описания геологического разреза и может быть эффективно использован при глубинах скважин 15 м и более.

Для бурения крупнообломочных пород применяются зубчатые коронки. Бурение осуществляется с одновременным проворачиванием снаряда вручную.

Встреча зондом валуна фиксируется внезапным прекращением углубки скважины и возникновением тряски бурильной колонны при работе вибропогружателем. Для успешного продолжения углубки скважины необходимо либо раздробить валун, либо оттеснить его в сторону от зонда или внутрь его. Если это сделать невозможно, необходимо разбурить валун вращательным способом.

Опыт Уральского ТГУ показал, что вибрационным способом возможно бурение скважин глубиной до 55 м. Основным условием является правильный выбор начального диаметра бурения. При этом чем больше глубина скважины, тем большим должен быть начальный диаметр. В практике работ различных геологоразведочных и изыскательских организаций при бурении скважин глубиной 35—55 м использовались начальные диаметры бурения 273—219 мм, а бурильные трубы диаметром 63,5 мм.

§ 6. ПОГРУЖЕНИЕ И ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОБСАДНЫХ ТРУБ ПРИ ПОМОЩИ ВИБРОМАШИН

Погружение обсадных труб вибропогружателями принципиально не отличается от бурения скважин. Вибропогружатель крепится к верхней части колонны обсадных труб и погружает их на заданную глубину. При необходимости периодически производится чистка забоя желонкой или обычным колонковым снарядом.

Извлечение труб тем труднее, чем дольше они находились в скважине и чем больше их диаметр. Вибромашины за счет вибрационного воздействия, передаваемого колонне и соприкасающимся с ней породам, способны резко уменьшить силы сухого и

вязкого трения, приложенные к боковой поверхности обсадных труб. За счет этого необходимое усилие на срыв колонны при ее извлечении может быть уменьшено во много раз.

Вибромашины при извлечении труб следует применять только тогда, когда трубы не поддаются извлечению при помощи лебедки. Все вибромашины характеризуются сравнительно небольшим моторесурсом, поэтому при выполнении данной работы их следует включать на короткие промежутки времени (10—15 мин) с одновременной натяжкой колонны при помощи лебедки. Когда скорость извлечения труб заметно возрастает и их возможно извлечь без применения вибромеханизма, последний необходимо отключить.

Практика работ СЗТГУ и других геологических организаций убедительно доказывает, что обсадные трубы диаметром до 273 мм после различного по продолжительности времени пребывания в скважинах (до 2 лет) успешно извлекались при помощи вибромашин, тогда как применение для этой цели мощных лебедок и домкратов грузоподъемностью до 100 т оказывалось безрезультатным. Как правило, для срыва колонны обсадных труб и первоначального подъема (3—6 м) требовалось 5—15 мин работы вибромашин, после чего обсадные трубы извлекались лебедкой.

ШНЕКОВОЕ БУРЕНИЕ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ
ГОРНЫХ ПОРОД ПО БУРИМОСТИ

Шнековое бурение как один из видов вращательного способа получило широкое распространение не только в практике геолого-разведочных работ, но и при инженерно-строительных изысканиях, бурении взрывных скважин, открытых горных работах и во многих других отраслях промышленности и строительства.

Такое широкое и разностороннее применение — результат ряда существенных преимуществ по сравнению с другими известными способами бурения скважин. Прежде всего шнековое бурение позволяет совместить собственно бурение (непосредственное разрушение породы на забое скважины) с транспортировкой породы с забоя без применения промывки или продувки. При бурении шнеками в скважину не требуется подавать охлаждающую среду (воду, воздух и т. д.), долото достаточно эффективно охлаждается непосредственно породой, в которую внедряется. Это обстоятельство делает данный способ незаменимым для бурения мелких скважин в рыхлых отложениях при наличии жестких требований к качеству опробования, т. е. при поисках и разведке гравийно-песчаных месторождений.

Характеристикой пород с точки зрения эффективности бурения шнеками является не только показатель буримости, но и степень транспортабельности горных пород шнеками. С учетом этих факторов разработана и принята в системе Министерства геологии СССР классификация горных пород для шнекового бурения (табл. 31).

§ 2. БУРОВЫЕ СТАНКИ И УСТАНОВКИ.
ИНСТРУМЕНТ

Оборудование для механического шнекового бурения обычно монтируется на грузовом автомобиле или тракторе.

В настоящее время промышленностью выпускается широкий ассортимент станков и установок для шнекового бурения, конструкции которых отвечают требованиям и условиям их использования. В табл. 32 приведены технические характеристики основных типов станков и установок, применяемых при геологоразведочных работах.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ШНЕКОВОГО БУРЕНИЯ

Категория	Наименование
I	Грунты иловатые, лёсс рыхлый, суглинки рыхлые, растительный слой и торф с небольшой примесью мелкой гальки и гравия, трепел
II	Глины ленточные, пластичные, песчаные; диатомит, пески рыхлые и грунты песчано-глинистые с примесью (до 10%) мелкой гальки и гравия
III	Глины плотные и суглинки, грунты песчано-глинистые с примесью (10—30%) мелкой гальки, щебня и гравия, лёсс слежавшийся, мел слабый, мергели рыхлые, пльвуны, пески сухие, уголь бурый
IV	Ангидрит, бокситы, грунты песчано-глинистые со значительной (>30%) примесью гальки и щебня; глины плотные, вязкие; глины валунные, гипс; известняк-ракушечник пористый, каолин, мел плотный. Мерзлые грунты: ил, песок, суглинки, торф; опока, соль каменная, уголь каменный, фосфориты

Буровой инструмент шнекового бурения состоит из комплекта шнеков и бурового наконечника (долота). Типы выпускаемых промышленностью шнеков и долот определяются разнообразием геолого-технических условий их применения.

Шнек (рис. 19) представляет собой трубу с закрепленной на ней спиралью. Конструкции шнеков различаются между собой главным образом размерами и типом соединений. В настоящее время применяются два основных типа соединения шнеков: шестигранное (рис. 19, б) и резьбовое (рис. 19, а). В табл. 33 приведены основные параметры шнеков.

При бурении мягких пород, содержащих твердые включения в виде гальки и щебня, применение обычных шнеков с толщиной спирали 5—7 мм недостаточно эффективно из-за деформаций и возможных поломок винтовой спирали. В этих случаях рекомендуется непосредственно над долотом устанавливать 1—3 утяжеленных шнека с утолщенными до 8—10 мм спиральями. Эти утяжеленные шнеки помимо своей основной функции по транспортировке породы выполняют задачу УБТ, стабилизируя работу бурильного вала. Для повышения долговечности шнека применяют также шнеки со сменной спиралью. Износостойкость шнеков при бурении в мягких и рыхлых породах достигает 2000—3000 м.

Для разрушения мягких и рыхлых пород используются долота различной конструкции (рис. 20—25): трехлопастные (рис. 20), змеевикового типа (рис. 21), двухлопастные (рис. 22), со сменной лопастью (рис. 23), лопастные (рис. 24), долота с ограничителем скорости подачи конструкции СКБ МГ СССР (рис. 25) и др. Основное требование к долотам, предназначенным для использования в мягких и рыхлых породах, заключается в том, чтобы они обеспечивали разрушение породы резанием и по возможности

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНКОВ И УСТАНОВОК ДЛЯ ШНЕКОВОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Параметры	МП-1	Д-7,5	УПБ-25	УГБ-50М	УГБХ-150Б	ЛБУ-50	УШБ-16	ШАК-2	УРБ-1С
Глубина бурения, м									
шнековым способом	1,5—7	7	15	50	75	50	80	40	30
колонковым способом			25	100	300		300		50
взамен шурфов						15	50		
Диаметр бурения, мм									
шнековым способом	62; 92	75	70—100	250	490	200; 240	150	250	130
колонковым способом			36	198			273		130
взамен шурфов						1200	1200		
Диаметр керна при колонковом бурении, мм	24; 30	70; 89						84	
Тип двигателя	Дружба-60	Дружба-5	Дружба-60	Д-38	Д-60Т	ЗИЛ-157К	ЗИЛ-157К	КДМ-46	СД-44
Мощность, кВт	2,2	2,3	2,2	30	52	80	80	69	88—10,3
Механизм подачи	Ручной	Ручной	Механический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Канатный	Цепной	Гидравлический
Ход, мм	1000—1400		1600	1500	2400	8250	6500		1700
Усилие подъема, Н			2500	25000	105000	157000	25000	27000	22000
Нагрузка на забой, Н				10000	80000	56500	15000	80000	3000

Частота вращения инструмента, об/мин	120—265	105—285	213—711
Тип лебедки			Ручная
Грузоподъемность, кг			250
Скорость подъема инструмента, м/с			
Шасси установки			Одноос- ный при- цеп
Высота мачты, м			237
Грузоподъемность мачты, кг			300
Габаритные размеры, мм			
высота	485	425	2370
ширина	355	725	3555
длина	565	565	1595
Масса, кг	14	15,3	83,6

65; 115; 190	63; 82; 102; 175	38; 63; 104	105; 177; 292	42; 160; 270	100; 185; 300
Механи- ческая	Механи- ческая	Плане- тарная	Механи- ческая	Механи- ческая	
2500	3500	3500	2500	2700	
0,64; 1,24; 1,94	0,25; 0,33; 0,39; 0,76	0,47; 1,28; 2,13; 3,43	1,6	0,3; 0,6; 1,1; 1,8	0,15
ГАЗ-66	ТДТ-60	ЗИЛ- 157К	ЗИЛ-157	С-180	Санн
8	11,6	5,1—8,3	8,25	7,8	2,8
7500	36000	5000	10000		2200
3000	4170	2546	3730		2800
2000	2500	2315	2250	2400	1200
7200	9000	8380	8800	5150	1750
5100	17500	8442	2520	12823	504

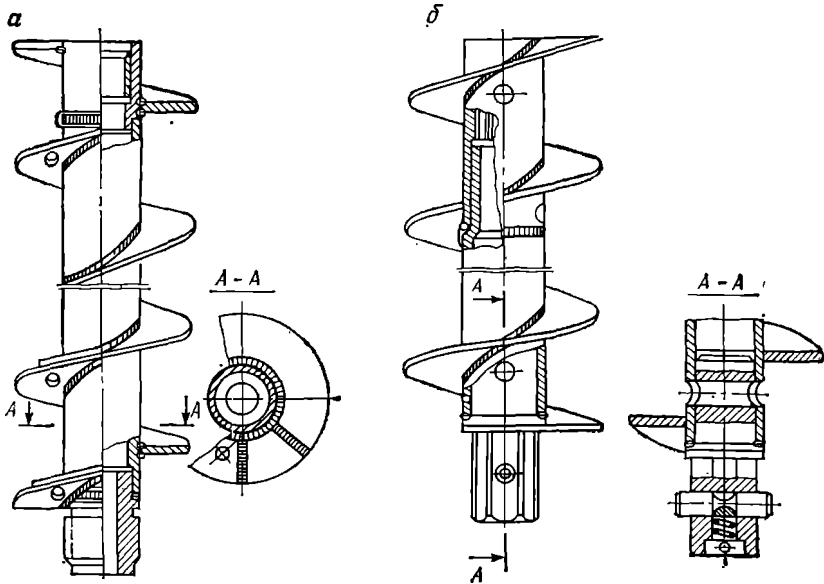


Рис. 19. Шнеки.

a — с резьбовым соединением; *б* — с шестигранным соединением.

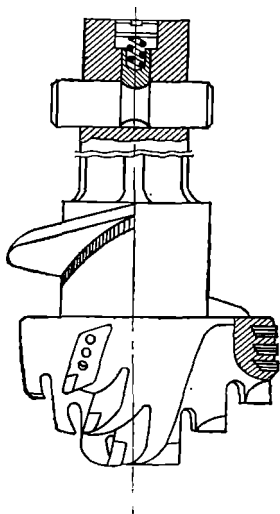


Рис. 20. Трехлопастное долото.

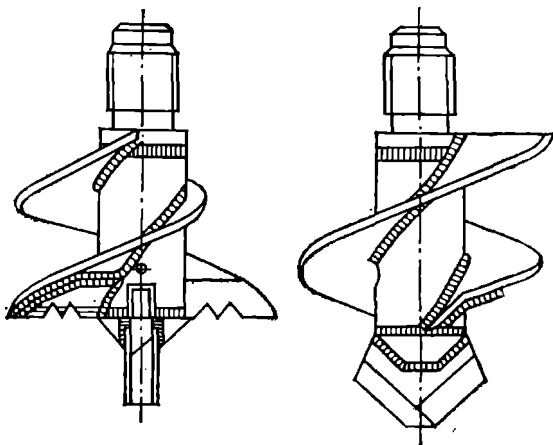


Рис. 21. Долото змеевикового типа.

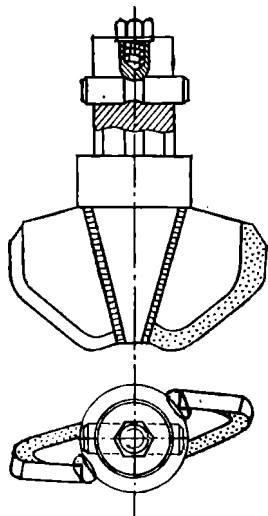


Рис. 22. Двухлопастное долото.

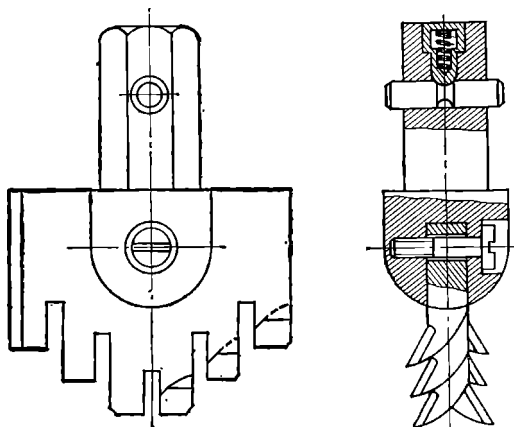


Рис. 23. Долото со сменной лопастью.

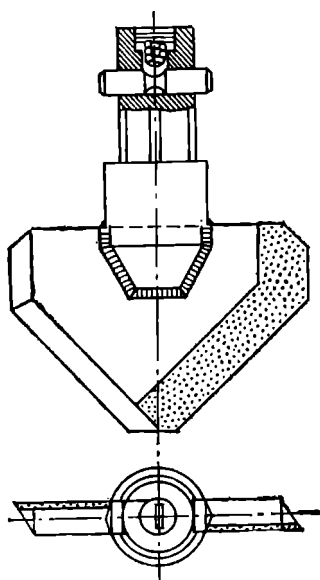


Рис. 24. Лопастное долото.

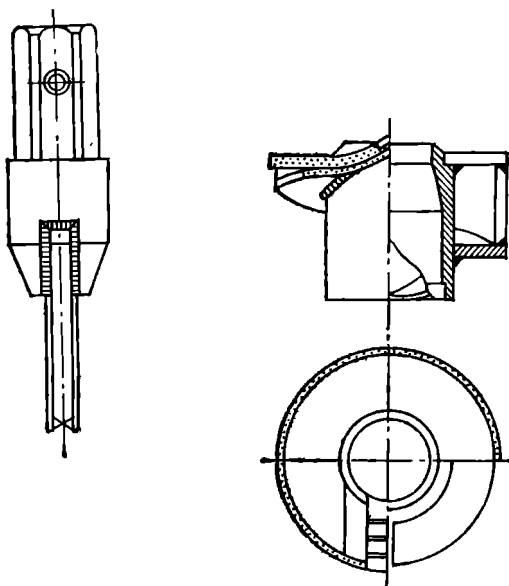


Рис. 25. Ограничитель подачи долота конструкции СКБ МГ СССР.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ШНЕКОВ

Тип	Диаметр наружный, мм	Диаметр трубы, мм	Ширина спирали, мм	Шаг спирали, мм	Угол подъема спирали, градусы	Длина шнека, мм	Масса шнека, мм
Шнек к УГБ-50М:							
135	135	73	26,0	100	13,16	1500	26,65
180	180	73	53,5	125	12,23	1500	31,65
230	230	89	70,5	166,7	13,00	1500	41,9
Шнек к УГБХ-150Б:							
185	185	102	41,5	125	12,07	2175	45
260	260	127	66,5	182	12,33	2180	67
370	370	168	101,0	200	9,27	2180	115
475	475	168	153,5	200	7,37	2185	155
Шнек к УРБ-1С:							
90	90	50	20,0	75	14,40	1552	11,1
120	120	60	30,0	75	11,17	1554	14,7
135	135	60	37,5	100	13,16	1250	13,7
Шнек к УШБ-16:							
146	141	60	43,0	100	12,17	3000	44

быстро транспортировали ее с забоя. Износоустойчивость долот в данном случае определяется не столько абразивным воздействием этих пород, сколько характером и частотой встречи ими при бурении крупнообломочных включений. Износостойкость долот при бурении таких пород, как суглинки, супеси, пески, глины, достигает 1000—1500 м.

§ 3. ТЕХНОЛОГИЯ

В отличие от других способов бурения (колонковое, вибрационное и др.) при шнековом бурении долото помимо непосредственного разрушения породы на забое скважины должно обеспечивать ее подачу на спираль шнека.

При бурении мягких пород процесс разрушения породы не требует значительных затрат энергии, и механические скорости при этом могут быть очень высокими. Это предопределяет и большие объемы разрушенной породы, своевременное и полное удаление которой с забоя необходимо для обеспечения высокой механической скорости бурения. Таким образом, эффективность подачи породы долотом на спираль шнека не только приобретает в этих условиях большое значение, но и является решающим фактором, определяющим производительность труда. С учетом этого к конструкции долота предъявляются следующие требования:

— режущие лопасти должны быть максимально приближены к спирали шнека;

— переход лопастей долота на спираль должен быть плавным, без резких уступов;

— режущие лопасти долота должны иметь оптимальные углы резания.

Указанным требованиям наиболее полно отвечают долота змеевикового типа.

Основными факторами технологического режима бурения являются: нагрузка на породоразрушающий инструмент и частота вращения бурильной колонны. При бурении в устойчивых песчано-глинистых отложениях процесс углубки скважин идет весьма эффективно. Увеличение нагрузки на породоразрушающий инструмент при этом ведет к росту механической скорости бурения, но одновременно увеличивается и объем разрушаемой породы, что ограничивает увеличение осевой нагрузки до 400—600 кг. Последняя должна поддерживаться в таких пределах, чтобы подача бурового инструмента находилась в соответствии с возможностями выноса породы с забоя скважины. Как только на шнеках начинают образовываться пробки, что легко отметить по изменению режима работы двигателя, следует уменьшить подачу инструмента и произвести расхаживание бурового снаряда.

Исследованиями МГРИ и ВСЕГИНГЕО установлена прямая зависимость механической скорости бурения от частоты вращения снаряда [78], причем темп роста скорости выше при бурении рыхлых пород. Оптимальная частота вращения снаряда зависит от комплекса факторов, основными из которых являются физико-механические свойства пород, глубина скважины, мощность привода, конструкция долота и т. д. Оптимальное значение этого параметра находится в пределах 100—200 об/мин. Меньшие значения параметра относятся к бурению вязких пород, более высокие — рыхлых. Увеличение оборотов выше предельных вызывает вибрацию инструмента, которая отрицательно сказывается на транспортировке породы, является причиной поломки инструмента и вызывает ряд других негативных последствий.

В случае бурения неустойчивых пород (сухие и водонасыщенные пески, гравийно-песчаные отложения и т. п.) с целью предупреждения обвалов стенок скважины после подъема снаряда необходимо перед подъемом произвести интенсивное расхаживание его для создания корки и уплотнения ее на стенках скважины. При бурении неустойчивых пород, значительной мощности, указанный прием недостаточен и не гарантирует устойчивости стенок скважины. В этом случае целесообразно вести бурение с одновременной обсадкой скважины. При этом колонна шнеков вращается внутри колонны обсадных труб, которая под действием собственного веса погружается по мере углубки скважины. Частота вращения снаряда при этом снижается до 70—60 об/мин. Можно использовать в этих случаях и полые шнеки. Оба эти способа, являясь эффективными с точки зрения устойчивости стенок скважины, вместе с тем обеспечивают и наиболее благоприятные условия для выполнения требований опробования. Если при ра-

боте шнеков в открытом стволе транспортируемая с забоя порода частично падает со спирали в зазор между шнеком и стенками скважины и частично пополняется породой, падающей со стенок скважины, что в какой-то мере снижает представительность пробы, то при бурении полыми шнеками или с одновременной обсадкой представительность пробы является полной. Если при этом применяется рейсовый метод, когда выбуренная порода не транспортируется на поверхность в процессе бурения, а вместе с инструментом после бурения ограниченного интервала поднимается на поверхность, то будет обеспечена не только представительность пробы по составу, но и точная фиксация отдельных слоев и литологических разностей продуктивной толщи.

§ 4. ОТБОР ПРОБ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В зависимости от требований, предъявляемых к опробованию продуктивной толщи и геологическому изучению разреза применяется один из следующих приемов опробования и соответствующих ему технологических схем бурения:

— опробование при непрерывной углубке скважины с уточнением глубины, к которой относится взятый образец, при помощи корреляционных коэффициентов;

— опробование при поинтервальной углубке скважины, когда керн с очередного интервала выдается на дневную поверхность холостым вращением колонны шнеков;

— опробование при поинтервальной углубке скважины с подъемом снаряда после бурения каждого интервала и взятием образцов породы непосредственно с лопастей шнеков.

Совершенно очевидно, что наименее достоверным с точки зрения геологического изучения и опробования является первый вариант, а наиболее достоверным последний, производительность, наоборот, выше в первом и ниже во втором варианте.

ОПРОБОВАНИЕ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ УГЛУБКЕ СКВАЖИНЫ

При этом способе выбуренная долотом порода непрерывно выдается шнеками на дневную поверхность. Процесс бурения и транспортировка породы совмещены во времени.

Породы в зависимости от их физико-механических свойств транспортируются шнеками на поверхность с различными скоростями. Слабовлажные глины и суглинки отличаются повышенной скоростью перемещения по спирали шнеков, а пластичные и вязкие породы и водонасыщенные пески — пониженной. При внедрении долота в породу, отличающуюся худшими транспортировочными свойствами, чем вышележащая толща, после выдачи на поверхность последнего образца наступает перерыв, указывающий на то, что произошла смена слоев. Если же нижележащая порода

более транспортабельна, наблюдается так называемый подпор, заключающийся в частичном смешивании пород на контакте.

Учет поправки на глубину, с которой поднята порода, наблюдения за изменениями режима выдачи породы на поверхность, механической скорости бурения — весь этот комплекс получения информации обеспечивает достаточную точность определения истинных глубин геолого-литологических границ слоев и разностей, обычно равную $\pm 0,3$ м. Малоомощные прослои (0,5—1,0 м) пород, особенно при глубинах более 15 м, могут быть не обнаружены из-за их перемешивания на спирали шнеков, втирания в стенки скважины и т. д. С точки зрения выхода керна данный способ может считаться достаточно представительным, так как отвечает принятым в настоящее время требованиям.

ОПРОВАНИЕ С ПОИНТЕРВАЛЬНОЙ УГЛУБКОЙ БЕЗ ПОДЪЕМА СНАРЯДА ИЗ СКВАЖИНЫ

Способ отличается от предыдущего тем, что после бурения заданного интервала углубка скважины прекращается и холостым вращением шнеков вся порода, представляющая пройденный интервал, транспортируется на поверхность. Привязка отобранных образцов к конкретным глубинам осуществляется путем их равномерного распределения по длине пройденного интервала.

Точность фиксации геолого-литологических границ при данном способе несколько выше, чем при предыдущем, и зависит от длины интервала бурения. Обычно интервал бурения равен длине шнека (1,3—1,5 м, реже 3,0 м), но не менее 0,5—0,7 м, так как при слишком коротких интервалах процентный выход керна сокращается до неприемлемых значений. Точность фиксации границ слоев пород составляет при использовании данного способа 0,1—0,2 м.

ОПРОВАНИЕ С ПОИНТЕРВАЛЬНОЙ УГЛУБКОЙ И С ПОДЪЕМОМ СНАРЯДА ИЗ СКВАЖИНЫ

Бурение этим способом осуществляется поинтервально. После бурения очередного интервала производится подъем снаряда, с лопастей шнеков отбираются образцы породы для геологической документации и опробования пройденного интервала.

Такой способ бурения может диктоваться как требованиями опробования, так и технико-технологическими условиями. К последним относятся случаи бурения, когда порода плохо транспортируется шнеками вследствие специфических физико-механических свойств, или же при больших глубинах бурения, когда необходима слишком большая мощность для транспортировки породы на поверхность.

Требования опробования и геологического изучения ограничивают длину интервала 1,0—2,0 м и требуют, чтобы бурение осуществлялось при пониженной частоте вращения снаряда, а его по-

дача проводилась плавно с целью предупреждения перемешивания породы на лопастях шнеков. После подъема снаряда образцы породы относятся к соответствующим глубинам исходя из соотношения пройденного интервала и длины шнековой колонны, заполненной породой.

Данный способ опробования и геологического изучения разреза является весьма представительным и точным, а в случае, когда бурение ведется с одновременной обсадкой скважины трубами, представительность и точность способа являются практически абсолютными.

БУРЕНИЕ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Ударно-канатный, шнековый и комбинированный способы бурения решают задачу разведки гравийно-песчаных месторождений. Однако при большом количестве валунов, когда последние являются полезным компонентом продуктивной толщи в качестве материала для получения щебня, их содержание в гравийно-песчаной смеси необходимо определить не только косвенным, но и прямыми методами путем извлечения валунов из разведочных выработок.

Технологические пробы характеризуются большим объемом гравийно-песчаного материала. Для получения необходимого объема технологической пробы необходимо пробурить большое количество скважин, что требует значительных затрат времени и средств.

В практике разведочных работ принята методика разведки гравийно-песчаных месторождений как скважинами, так и шурфами. Шурфы являются разведочными выработками, полностью отвечающими требованиям опробования, и с этой точки зрения более предпочтительны, чем скважины.

В то же время скорость проходки их редко превышает 30—35 м в месяц на бригаду, данный вид работ слабо механизирован и поэтому считается весьма трудоемким. Кроме того, проходка шурфов в обводненной части толщи в условиях разведки практически невозможна, так как организация действенного водоотлива настолько усложняет и удорожает работы, что последние становятся неприемлемыми для геологических партий. Решение этой проблемы при помощи бурения водопонижающих скважин, расположенных вокруг шурфа, также не свободно от недостатков, к которым в первую очередь относится резкое удорожание работ при значительном возрастании их сложности в организационном и технико-технологическом отношении.

Поэтому бурение скважин большого диаметра получило широкое распространение в практике геологоразведочных работ.

КОВШОВЫЕ БУРЫ

Ковшовые буры представляют собой породоразрушающий инструмент, с помощью которого осуществляется эффективное бурение скважин большого диаметра в мягких песчано-глинистых породах с незначительными включениями обломочного материала размером до 200 мм. С меньшей эффективностью ковшовые буры могут быть использованы при бурении гравийно-галечниковых отложений и обводненных пород. Скорость углубки скважины ковшовыми бурами зависит от режима бурения, категории пород по буримости, конструктивных особенностей бура и изменяется в широких пределах — от нескольких метров до нескольких десятков метров в час.

Ковшовыми бурами оснащены буровые установки типа КШК-30, ЛБУ-50, УБСР-25, МБС-1700, СО-1200 и некоторые другие. Каждая из перечисленных установок имеет в комплекте ковшовый бур собственной конструкции, но несмотря на их конструктивные различия, возможна взаимозаменяемость буров некоторых установок. После незначительных конструктивных изменений взаимозаменяемы ковшовые буры установок КШК-30 и ЛБУ-50, МБС-1700 и СО-1200.

Возможно применение ковшовых буров установок КШК-30 и ЛБУ-50 на установке УБСР-25 и одного из буров установки УБСР-25 на ЛБУ-50.

КОВШОВЫЕ БУРЫ УСТАНОВКИ УБСР-25

В комплект буровой установки УБСР-25 входит ковшовый бур (рис. 26) с распорами, опускаемый в скважину на канате. Корпус бура представляет собой цилиндр с наружным диаметром 600 мм и внутренним 590 мм, на верхней крышке которого смонтирован механизм крепления в трубах, состоящий из секторных захватов, на которых смонтированы подвижные плашки с насечкой. При вращении обсадных труб плашки скользят по захватам (эксцентрикам), благодаря чему создаются дополнительные распирающие усилия.

Механизм подвески ковшового бура на канате представляет собой три угловых рычага и втулку с буртиком и шайбой, на которую опирается распорная пружина.

Кассета ковшового бура состоит из крышки, двух боковых стенок, днища и стягивающего штока с опережающим двухперьевым долотом. Кассета с днищем является основным рабочим органом бура. Этот узел легко заменяется.

Днище бура представляет собой конус с углом 120° и двумя проходными отверстиями овальной формы. К днищу приварены два овальных ножа, лезвия их имеют зубчатую форму и армированы твердым сплавом.

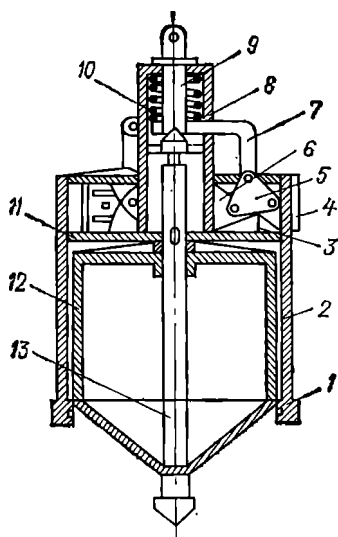


Рис. 26. Ковшовый бур с распорами установки УБСР-25.

1 — днище; 2 — корпус; 3 — секторный захват; 4 — плашки; 5 — эксцентрик; 6 — кронштейн; 7 — угловой рычаг; 8 — механизм подвески; 9 — втулка; 10 — распорная пружина; 11 — крышка; 12 — стенка кассеты; 13 — стягивающий шток.

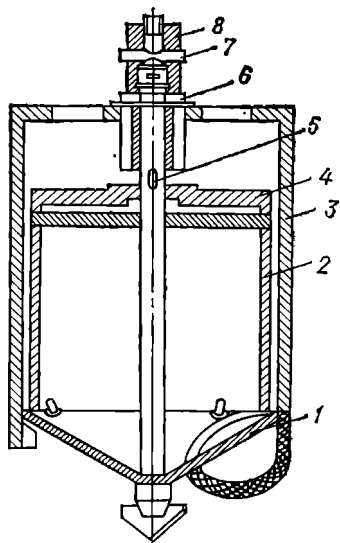


Рис. 27. Ковшовый бур на штангах установки УБСР-25.

1 — днище; 2 — кассета; 3 — корпус; 4 — крышка; 5, 6 и 7 — пальцы; 8 — трехгранный хвостовик.

Для обработки стенок скважины к днищу приварены два калибрующих сектора, режущие кромки которых также армированы твердым сплавом и выступают на 5 мм за наружный диаметр ковшового бура. На внутренней поверхности днища бура укреплены клапаны для перекрытия приемных отверстий при подъеме бура из скважины.

Принцип работы ковшового бура заключается в следующем. При опускании его на канате в скважину распорная пружина сжата под действием веса бура, а распорные секторные захваты подняты в крайнее верхнее положение. Внутренний диаметр обсадных труб больше, чем диаметр секторных захватов, благодаря чему ковшовый бур свободно опускается в скважину. Когда бур достигает забоя скважины, натяжение каната ослабевает. Под действием распорной пружины и веса механизма подвески через угловые рычаги секторные захваты опускаются и распираются внутри обсадной трубы.

При создании нагрузки реактивная сила от действия грунта на днище ковшового бура еще больше увеличивает сцепление секторных захватов с обсадной трубой, так как механизм сцепления работает на принципе самозаклинивания. При вращении в связи с эксцентричным расположением секторных захватов по отношению к радиусу обсадной трубы, усилие сцепления бура с трубами увеличивается. Этому способствуют подвижные плашки.

После окончания рейса секторные захваты канатом лебедки через тяги поворачиваются кверху, отходят от внутренней поверхности обсадной трубы и ковшовый бур свободно поднимется из скважины.

Разборка бура и разгрузка его от породы осуществляется в следующем порядке. Сначала выбивается верхний клин стягивающего штока. Затем лебедкой корпус бура снимается с кассеты и отводится на канате в сторону, выбивается нижний клин, снимаются верхняя крышка и боковые стенки кассеты. Выбуренная порода остается на открытом днище. Собирается ковшовый бур в обратном порядке. Ковшовый бур, опускаемый в скважину на штангах (рис. 27), имеет ту же принципиальную схему, что и бур с упорами, но вместо распорного устройства предусмотрен трехгранный хвостовик. Этот бур предназначен в основном для бурения скважин в устойчивых породах или для бурения с большим опережением забоя по отношению к башмаку обсадных труб. Крутящий момент и осевые усилия от ротора на бур передаются через специальную вилку, ведущую квадратную штангу и бурильные трубы. Сборка и разборка этого бура производится так же, как и бура с распорами.

КОВШОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ КШК-30

Ковшовый бур КШК-30 (рис. 28) состоит из цилиндрического корпуса 11, центральной трубы 6, двух фигурных створок 12 и расширителя. Полая центральная труба с двумя фигурными шпонками 13 в нижней части и посадочным кольцом 5 для расширителя в верхней части соединена соосно с корпусом бура посредством траверсы 18 и наклонных перемычек 15. Створки 12 свободно поворачиваются на осях кронштейнов 14. В рабочем положении створки фиксируются с помощью полуавтоматического запирающего устройства, состоящего из собачек 3, закрепленных на каждой створке, и двух подпружиненных стоек 4 с фиксатором. При этом их наружные цилиндрические поверхности образуют совместно с поверхностью корпуса цилиндр, а конические совместно с перемычками — конусное днище бура (угол конусности бура 120°) с двумя проходными окнами. На перемычках 15 болтами закрепляются ножи 16 с отвалами. Через окна в бур поступает разрушенная порода, а отвалы направляют поступающую внутрь бура породу вертикально вверх. В зависимости от характера разбуриваемой породы применяются ножи сплошные, с зубьями или кольцеобразные из высокопрочной стали, либо армированные твердым сплавом. Угол резания ножей устанавливается в пределах от 0 до 90°.

Диаметр образуемой ножами скважины на 60 мм больше диаметра корпуса бура, следовательно, между стенками скважины и наружными боковыми стенками бура при бурении образуется зазор, равный 30 мм.

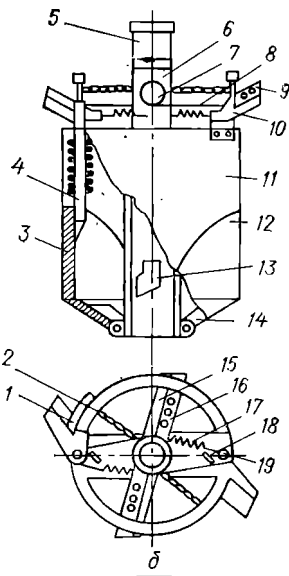


Рис. 28. Ковшовый бур установки КШК-30.

1 — отражатели; 2 — цепи; 3 — собачка; 4 — стойка; 5 — посадочное кольцо; 6 — центральная труба; 7 — ролик; 8 — трос; 9 — ижедержатель; 10 — иож; 11 — корпус; 12 — откидывающаяся створка; 13 — фигурная шпонка; 14 — кронштейн; 15 — наклонная перемычка; 16 — нож днища; 17 — пружина; 18 — траверса; 19 — фиксатор.

Расширение скважины до диаметра 1250 мм осуществляется поворотными ножами 10, которые устанавливаются в рабочее положение пружинами 17. Складывание ножей осуществляется с помощью троса 8, проходящего через ролик 7, расположенный на центральной трубе, и механизма складывания, который надевается на посадочное кольцо 5. При расширении скважины ножедержатели 9 упираются в фиксаторы 19, закрепленные на траверсе 18. Разрушенная ножами 10 порода поступает в бур сверху, а для устранения попадания ее в кольцевое пространство между стенками и буром на корпусе установлены отражатели 1.

Центральная труба бура надевается на гладкую бурильную колонну диаметром 114 мм, которая не поднимается на поверхность до окончания бурения скважины и выполняет роль направляющей при подъеме и спуске бура, подвешенного на канате лебедки. Крутящий момент и осевая нагрузка на бур передаются через бурильную колонну, для чего предусмотрены две шпонки на нижней трубе колонны бурильных труб. Эти шпонки автоматически входят в зацепление со шпонками 13 центральной трубы бура.

Разрушение породы на забое осуществляется ножами, геометрические параметры которых (выход под днищем бура, угол заточки, передний и задний углы резания) могут изменяться в зависимости от физико-механических свойств пород. Центральная зона забоя разрушается двухперым долотом, присоединенным к последней трубе бурильной колонны.

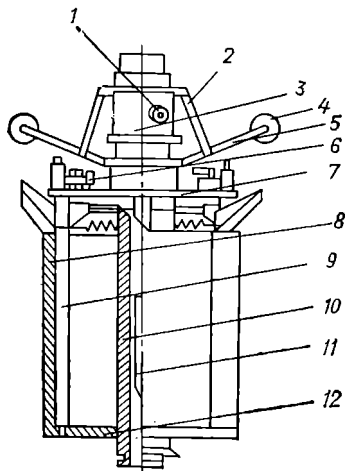
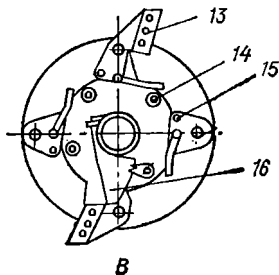


Рис. 29. Ковшовый бур установки ЛБУ-50.

1 — ролики; 2 — подвижной рычаг; 3 — подвесная головка; 4 — ролик; 5 — шарнирный рычаг; 6 — рычаг поворота; 7 — верхняя крышка; 8 — поворотные лопасти; 9 — стойка; 10 — центральная труба; 11 — шпонка; 12 — днище; 13 — нож расширителя; 14 и 15 — фиксаторы; 16 — трос.



В

Для разгрузки бур поднимается из скважины, раскрывается устройство, запирающее створки, и последние откидываются в крайнее нижнее положение, заполняющая бур порода вываливается под действием собственного веса.

КОВШОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ ЛБУ-50

Ковшовый бур установки ЛБУ-50 (рис. 29) аналогичен буру установки КШК-30 и предназначен для бурения скважин диаметром 750 мм (при расширении до 1050 мм).

Бур состоит из центральной трубы 11, верхней 7 и нижней 12 крышек, четырех поворотных лопастей 8 и подвесной головки 3. Центральная труба является основным несущим и силовым элементом конструкции бура. К ней жестко присоединяется крышка, выполняющая роль днища бура, верхняя крышка и головка. Последняя может свободно проворачиваться относительно центральной трубы. Специальными шпонками центральная труба соединяется с нижней трубой бурильной колонны, с помощью которой передается вращение и нагрузка.

В отверстия верхней и нижней крышек установлены четыре стойки 9, являющиеся осями поворотных лопастей 8. Поворот каждой лопасти вокруг оси осуществляется специальным гидравлическим ключом посредством рычага 6. Конечные положения лопастей устанавливаются фиксаторами 14 и 15.

Днище бура (нижняя крышка 12) имеет два окна для прохода кусков разрушенной породы, два съёмных ножа и два клапана.

Для расширения скважины предназначены ножи 13, шарнирно закрепленные на двух диаметрально противоположных стойках 9. В случае необходимости ножи могут убираться в транспортное положение с помощью тросов 6.

Подвесная головка 3 и ролики 1 служат для спуска и подъема бура на канате лебедки, а также управления ножами расширителя.

Для предотвращения скручивания каната на подвесной головке закреплено шарнирное коромысло, состоящее из подвижных рычагов 2 и 5 и роликов 4. Острые кромки роликов врезаются в стенки скважины, препятствуя коромыслу, а вместе с ним и подвесной головке проворачиваться вокруг своей оси.

В процессе углубки скважины порода на забое разрушается ножами днища бура и двухперым долотом, закрепленным на нижней трубе бурильной колонны диаметром 112 мм. При расширении скважины бурение осуществляется ножами 13, при этом разрушенная порода поступает в бур сверху через окна в верхней крышке.

Разгрузка бура осуществляется последовательным поворотом всех четырех створок вокруг своих осей гидравлическим ключом. Порода выталкивается из корпуса бура той частью створки, которая заходит внутрь бура, а оставшаяся часть породы выгружается вручную.

КОВШОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ СО-1200

Ковшовый бур установки СО-1200 (рис. 30) состоит из цилиндрического корпуса 4, днища 1 с ножами 16, соединительного фланца 10 и устройства для запирания днища. В верхней части корпуса укреплен крестовина 13 с пластиной 12, хвостовиком 9, соединительным фланцем 10 и направляющим стержнем 11. Снизу к корпусу на шарнире 14 присоединяется днище конической формы (угол конусности 120°) с двумя ножами 16 и двумя окнами для поступления разрушенной породы внутрь бура. Окна закрыты свободно вращающимися на осях клапанами 17.

Для передачи крутящего момента от корпуса к днищу на двух диаметрально противоположных сторонах последнего имеются замковые скобы, плотно входящие при закрытом днище в соответствующие пазы на корпусе бура. Для увеличения прочности на внутренней стороне днища размещаются ребра жесткости 15.

Ножи 16 пластинчатой или зубчатой формы с углом резания 40° изготавливаются из высококачественной стали. Рабочая по-

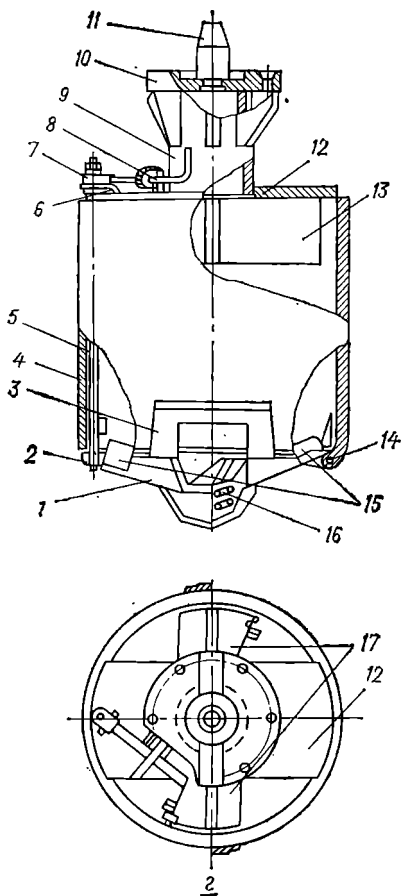


Рис. 30. Ковшовый бур установки СО-1200.

1 — дно; 2 — крюк; 3 — скоба; 4 — корпус; 5 — поворотная ось; 6 — рычаг поворота; 7 — шпоночное соединение; 8 — защелка; 9 — хвостовик; 10 — фланец; 11 — направляющий стержень; 12 — пластина; 13 — крестовина; 14 — шарнир; 15 — ребра жесткости; 16 — ижи; 17 — клапаны.

духа при заполнении бура породой в крышке имеется отверстие, а на боковой поверхности находятся два окна 7, через которые в бур попадает порода, срезанная установленными там же двумя калибрующими резцами, над которыми приварены пластины, предохраняющие их от ударов об обсадную трубу при подъеме снаряда. В нижней части, на внутренней поверхности корпуса, размещаются шарнир 10, кронштейн с защелкой 5 и шесть пальцев, передающих крутящий момент на днище бура.

Днище бура, имеющее конусность 170° , с двумя окнами для прохода разрушенной породы прикрепляется к корпусу при по-

верхность ножей армируется твердым сплавом, а на пластине 12 размещаются элементы устройства для запирания днища: поворотный рычаг 6, поворотная ось 5 с крюком 2 и защелка 8.

При бурении центральная часть забоя разрушается забурником. Ковшовый бур СО-1200 работает совместно с погружным электродвигателем и соединяется с фланцем на валу ротора двигателя шестью болтами. Разгрузка ковшového бура происходит под действием собственного веса разрушенной породы, после того как будет освобождена защелка 8 и поворотом рычага 6 откроется днище.

В комплект буровой установки СО-1200 входят два однотипных ковшových бура диаметром 980 и 1200 мм.

КОВШОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ МБС-1700

Ковшовый бур МБС-1700 (рис. 31) состоит из цилиндрического корпуса 4 с коническим днищем 9, хвостовика 1 квадратного сечения и устройства для запирания днища. Корпус закрыт сверху крышкой, на которой размещается хвостовик с ребрами жесткости, кронштейны крепления запирающего устройства и две пружины. Для выхода воз-

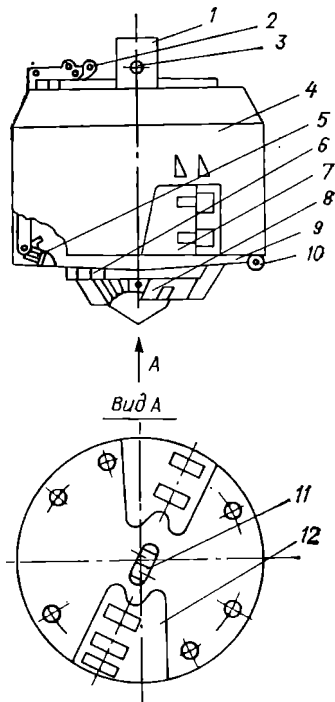


Рис. 31. Ковшовый бур установки МБС-1700.

1 — хвостовик; 2 — ролик с коромыслом; 3 — отверстие для пальца; 4 — корпус; 5 — защелка; 6 — карманы; 7 — боковые окна; 8 — резцедержатель; 9 — днище; 10 — шарнир; 11 — двухперое долото; 12 — окна с клапанами.

мощи шарнира 10, на внутренней поверхности днища размещаются два клапана 12 и запирающая собачка, а по периферии днища просверлены шесть отверстий, в которые входят пальцы.

На нижней поверхности днища закреплены семь съемных резцов, установленных в шахматном порядке в резцедержателе 8, и двухперое долото 11. Резцы с углом резания 60° вместе с двухперым долотом полностью перекрывают забой скважины, а боковые зубья формируют при бурении скважину, диаметр которой несколько больше диаметра бура. При разбуривании скважины до диаметра обсадной трубы устанавливается верхний боковой резец большей длины.

Устройство для запирания днища состоит из кронштейна, рычагов, пружин, защелки 5 и запирающей собачки. При нажатии на ролик коромысла 2 происходит раскрытие запирающего устройства и днище свободно открывается, поворачиваясь на шарнире 10 под действием собственного веса. Закрывается и фиксируется днище автоматически при постановке бура на землю.

Хвостовиком 1 бур присоединяется к ведущей телескопической трубе квадратного сечения и закрепляется в таком положении соединительным пальцем, проходящим через отверстие 3.

Одноканатный грейфер предназначен для бурения скважин в рыхлых отложениях с включениями валунов размером до 500 мм. Грейфер спускается в скважину на тросе лебедки, который подсоединяется к подвесной штанге через вертлюг.

Лебедкой выбирается трос полиспада, поднимающий подвесную штангу и рычажную втулку, которая воздействует на челюсти, поворачивая их до полного соприкосновения между собой. Для раскрытия челюстей под головку грейфера гидроцилиндром подводится вилка укусины. Трос лебедки освобождается и грейфер висит на вилке. При этом под действием пружины происходит раскрытие челюстей (разгрузка породы) и фиксация подвесной штанги в головке собачками. Для опускания грейфера в скважину трос натягивается лебедкой, грейфер поднимается над вилкой (вилка отводится), а укусины с грейфером подводится к устью скважины.

После этого грейфер с раскрытыми челюстями сбрасывается в скважину. При ударе о забой происходит освобождение подвесной штанги и в дальнейшем при натягивании троса — закрытие челюстей.

§ 2. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА УДАРНЫМ СПОСОБОМ

В состав бурового снаряжения для ударного бурения скважин большого диаметра входят: ударный стакан, ударная штанга, вертлюжная пробка. Ударный стакан, внедряясь в породу на забое, углубляет скважину. Ударная штанга массой 400—500 кг предназначена для утяжеления снаряжения. С помощью вертлюжной пробки снаряд закрепляется на канате лебедки.

Бурение таким снаряжением осуществляется одноразовым сбрасыванием его на забой скважины с определенной высоты, подъемом снаряжения на поверхность и удалением извлеченной породы из керноприемника.

Ударный стакан (такой же конструкции, как на рис. 4) состоит из цилиндрического корпуса с двумя боковыми окнами и соединительным ниппелем, центральной трубы и радиальных перегородок. В верхней части корпуса расположен переходный конус с отверстиями, предназначенный для соединения корпуса стакана с внутренней центральной трубой. Последняя, так же как и корпус стакана, выполнена с продольными окнами, предназначенными для извлечения поднятой из скважины породы. Перегородки, расположенные в нижней части ударного стакана, служат для удержания породы внутри его за счет трения между породой и поверхностями перегородок. Для облегчения внедрения стакана в породу нижние кромки корпуса, перегородок и центральной трубы затачиваются под углом 45—60°. Заточка производится со стороны

внутренних поверхностей последних для создания наиболее благоприятных условий для уплотнения поступающей в стакан породы и лучшего ее удержания в стакане при подъеме снаряда из скважины. Опережение забоя центральной трубы относительно основного забоя скважины способствует более эффективному разрушению породы при бурении.

Гидропроект разработал забивной буровой снаряд (рис. 32), состоящий из двух частей: ударной и забиваемой, являющейся разновидностью забивного стакана с направляющей штангой. Верхняя часть центральной трубы (забивная) служит наковальней, воспринимающей удары. Ударная часть выполнена в виде груза с центральным отверстием для ударной штанги. К грузу сверху присоединяется труба с серьгой и заправленным на ней канатом лебедки. Ударная штанга имеет ограничитель хода в нижнем положении, расположенный внутри трубы.

Внедрение стакана в породу происходит за счет ударов штанги по наковальне. Углубка снаряда определяется частотой ударов, весом и высотой падения груза, массой забиваемой части и физико-механическими свойствами пород.

Рассмотренный забивной ударный снаряд успешно применялся при бурении скважин диаметром 1420 мм, глубиной до 26 см при инженерно-геологических изысканиях, выполняемых Гидропроект.

Ударное бурение скважин большого диаметра в водонасыщенных песчаных и песчано-гравийных отложениях выполняется желонкой, состоящей из цилиндрического корпуса, в нижней части которого укреплен конусообразный зонт с клапаном. На нижней поверхности зонты в шахматном порядке закреплены шипы-рыхлители высотой 30 мм. При ударе желонки о забой порода разрыхляется шипами и поступает через клапан внутрь желонки.

Однолезвийное долото (рис. 33) предназначено для разрушения крупных валунов размером более 500 мм. Лебедкой станка долото поднимается над устьем скважины и затем сбрасывается на забой.

В зависимости от принятой методики бурения, от конструкции буровой установки, от физических свойств горных пород скважины крепятся обсадными трубами различными способами. Так, для буровой установки УБСР-25 разработана специальная конструкция колонны обсадных труб. Трубы этой конструкции (рис. 34)

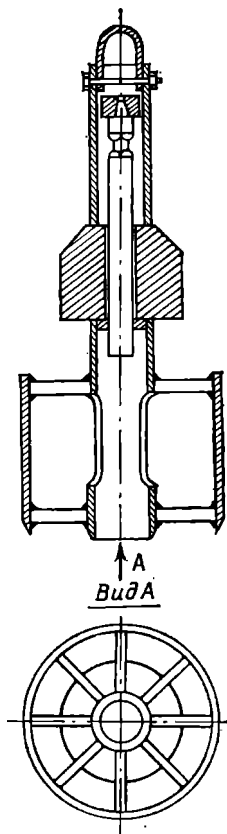


Рис. 32. Забивной буровой снаряд конструкции Гидропроекта.

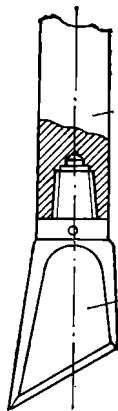
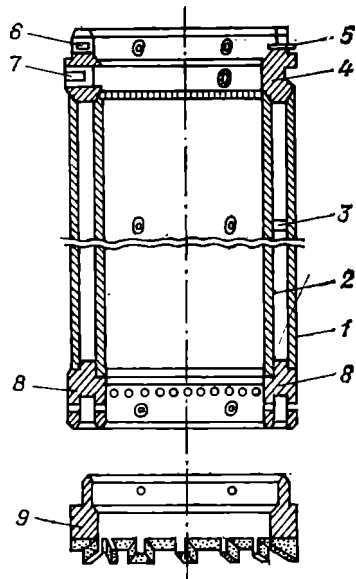


Рис. 33. Однолезвийное долото.

Рис. 34. Обсадные трубы установки УБСР-25.

1 — наружная труба; 2 — внутренняя труба; 3 — распорный палец; 4 — верхний замок; 5 — палец; 6 — втулка; 7 — бобышка; 8 — нижний замок; 9 — башмак.



состоят из двух соосно расположенных цилиндров: наружного и внутреннего. Между ними для увеличения жесткости системы закреплены при помощи сварки распорные пальцы. Наружный и внутренний цилиндры соединены между собой при помощи верхнего и нижнего замков. Верхний замок имеет кольцевую выточку со скосом и с тремя бобышками, которые соответственно воспринимают осевое и окружное усилия. Эта обсадная труба, имеющаяся в комплекте, устанавливается в процессе бурения скважины первой. Эта труба служит базой для раскрепления в ней бура с упорами, поэтому для повышения прочности у нее увеличена толщина внутреннего цилиндра. Внешне специальная обсадная труба отличается от остальных труб комплекта тем, что на ее нижнем замке имеется круговая проточка. К нижней части этой трубы присоединяется фрезерный башмак, ножи которого расположены таким образом, что способствуют продвижению породы внутрь обсадных труб.

Трубы задавливаются в скважину при помощи механизма подачи с одновременным вращением колонны ротором. При этом башмак обсадных труб может опережать забой, находиться с ним на одном уровне или отставать от забоя на интервал опробования.

§ 3. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШНЕКОВОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Шнековые буры диаметром 500—750 мм состоят из шнека и специального долота, а у буров диаметром более 750 мм нижние

кромки винтовых поверхностей шнеков оснащаются ножами или зубьями.

Шнековые буры отличаются от ковшовых главным образом тем, что при бурении первыми разрушенная порода накапливается на винтовых поверхностях в межвитковом пространстве шнека, а не в специальном керноприемнике, ограниченном наружной оболочкой. Шнековые буры большого диаметра независимо от их конструктивных особенностей могут применяться на всех буровых установках, имеющих достаточную мощность привода и обеспечивающих необходимые режимы бурения. В настоящее время к таким установкам относятся агрегаты типа УГБ, СБУ, УРБ, а также специализированные установки КШК-30, ЛБУ-50, УБСР-25 и др.

Шнековые буры характеризуются высокой эффективностью при бурении песчаных (средней плотности и рыхлых) и пластичных глинистых пород с незначительным включением гравийно-галечникового материала. Бурение скважин в обводненных и гравийно-галечниковых отложениях шнековыми бурами затруднено, так как разрушенный материал не удерживается на витках спирали, а при подъеме снаряда осыпается в зазор между стенками скважины и шнеком. Механическая скорость бурения в необводненных песчано-глинистых породах колеблется от 5 до 60 м/ч.

ШНЕКОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ СО-1200/2000

Шнековый бур установки СО-1200/2000 (рис. 35) выполнен в виде однозаходного двухвиткового шнека с двумя породоразрушающими кромками. Диаметр шнековой навивки 1180 мм, шаг витка спирали 500 мм. Вал бура 2 изготовлен из трубы диаметром 273 мм, к верхнему концу которой приварен фланец 1 с отверстиями под соединительные болты. Внизу труба заканчивается конусом 6, в прорези которого крепится двухперый забурник 7, предназначенный для бурения центральной части забоя до диаметра 320 мм.

Рассматриваемый шнековый бур отличается от аналогичных конструкций тем, что он имеет убывающую спираль 4, ширина которой постепенно уменьшается от максимального значения до нуля на протяжении половины шага полного витка. Введение в конструкцию шнекового бура рабочей кромки с убывающей спиралью позволяет в два раза увеличить высоту и объем межвиткового пространства по сравнению с обычным двухзаходным шнековым буром. При этом улучшаются условия продвижения породы в межвитковом пространстве, устойчивость бура в скважине не снижается.

К радиальным кромкам основной 3 и убывающей 4 спиралей под углами 45° к горизонтальной плоскости приварены пластины 8, на которых болтами 9 укреплены съемные ножи 10 с зубьями. Передняя и задняя грани зубьев армируются твердым сплавом. Зубья расположены в шахматном порядке и обеспечивают полное перекрытие забоя скважины при бурении. Передний

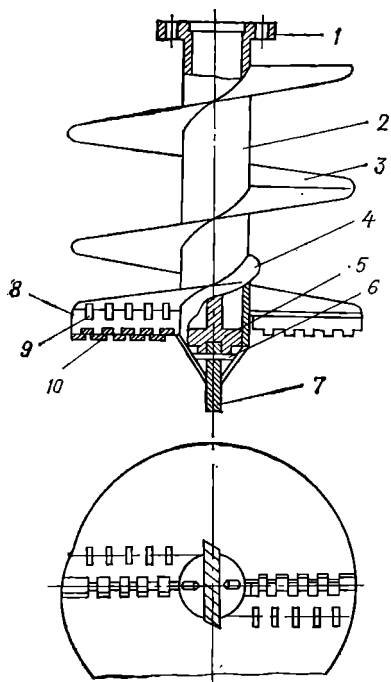


Рис. 35. Шнековый бур установки СО-1200/2000.

1 — фланец; 2 — вал бура; 3 — основная спираль; 4 — убывающая спираль; 5 — болт; 6 — конус; 7 — забурник.

шнеке соответственно равно 16 и 32. К нижнему концу шнекового става в зависимости от буримости пород присоединяется двухперое долото.

Двухперое долото предназначено для бурения скважин в мягких породах и состоит из корпуса и двух спиральных витков. Нижние и верхние кромки спиральных витков располагаются в диаметрально противоположных направлениях. На нижних кромках витков болтами крепятся сменные резцы, по два резца на каждой кромке. Каждая пара резцов при бурении перекрывает забой, за исключением центральной части, которая разрушается специальным двухперым треугольной формы забурником, закрепленным болтом в нижней части долота. Диаметр скважины 600 мм, зазор между стенками скважины и ребрами шнека 10 мм.

В процессе бурения разрушенная порода с забоя поступает на спирали долота. Расстояние между спиралями позволяет при бурении мягких пород транспортировать крупнообломочный материал с включением валунов размерами не более 130 мм. Со спирали долота по винтовой поверхности шнека, которая является продолжением спирали, порода транспортируется на поверхность. Порода, поступающая на вторую спираль долота, доходя до ее

угол резания равен 45° , задний 15° . При резании породы только зубьями ножей максимальная углубка за один оборот составляет 25 мм. В этом случае забой представляет собой ступенчатую фигуру, где последовательно чередуются выступы и канавки. При углубке бура более 25 мм разрушение породы осуществляется всей рабочей кромкой ножей и забой приобретает ровную поверхность.

ШНЕКОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ СО-2

Буровая установка СО-2, предназначенная для бурения скважин диаметром 600 мм, оснащена комплектом бурового инструмента, в состав которого входит шнековый бур, состоящий из долота и шнекового става. Шнековый став имеет два однозаходных шнека диаметром 580 мм, шагом навивки 200 мм и высотой шнеков 3200 мм и 6200 мм; диаметр вала шнека 323 мм, общее число спиральных витков на

верхнего края, не имеющего продолжения в виде спиральной поверхности на шнеке, осыпается на забой скважины, откуда после дополнительного рыхления поступает вместе со вновь разбуренной породой на первую спираль долота.

Трехперое долото, предназначенное для бурения скважин в мягких породах с твердыми пропластками, состоит из корпуса с тремя вертикальными симметрично расположенными перьями, к каждому из которых пятью болтами прикрепляется пластинка с передней рабочей гранью, армированной одиннадцатью резцами твердого сплава. Верхняя грань одного из перьев совмещается с кромкой спирального витка с неполным шагом, являющегося промежуточным звеном при транспортировке разрушенной породы от долота на шнековую колонну.

ШНЕКОВЫЙ БУР КОНСТРУКЦИИ МГРИ

Двухзаходный шнековый бур конструкции МГРИ, предназначенный для бурения скважин в мягких, преимущественно глинистых породах, состоит из вала, двух спиральных лопастей с породоразрушающими кромками и забурника. Вал представляет собой трубу диаметром 114 мм, на верхнем конце которой имеется резьба для соединения с колонной бурильных труб или с ведущей трубой. Снизу к валу присоединен хвостовик забурника.

На поверхности, образуемой спиральными лопастями бура, происходит накопление разрушенной породы. Для облегчения процесса накопления породы лопасти бура выполнены в виде укороченных витков, взаимное перекрытие которых не превышает 45° . Такая конструкция благоприятствует прохождению породы между витками шнека без образования пробки и нормальному накоплению породы в свободном пространстве над витками. Диаметр бура 1220 мм, шаг навивки 500 мм, высота навивки 250 мм, диаметр пробуренной скважины 1250 мм.

На нижних радиальных кромках спиральных витков болтами крепятся резцы, которые располагаются в шахматном порядке, перекрывая при бурении забой скважины, за исключением его центральной части диаметром 154 мм. Эта часть забоя разбуривается плоским двухперым забурником, рабочие грани которого изготавливаются из пластин стали 40Х. Нижние кромки всех резцов находятся в одной горизонтальной плоскости, поэтому в процессе бурения кольцевой забой имеет плоскую форму. Центральная часть забоя, разбуриваемая забурником, имеет конусную форму. Выход резцов составляет 20 мм, следовательно, и максимально возможная углубка за один оборот бура также равна 20 мм.

Для облегчения и ускорения разгрузки бура от извлеченной из скважины породы конструкция предусматривает шарнирное соединение шнекового бура с ведущей трубой. После извлечения инструмента из скважины шнековый бур поворачивается на шарнире и устанавливается в горизонтальное положение, что способствует более быстрой разгрузке бура.

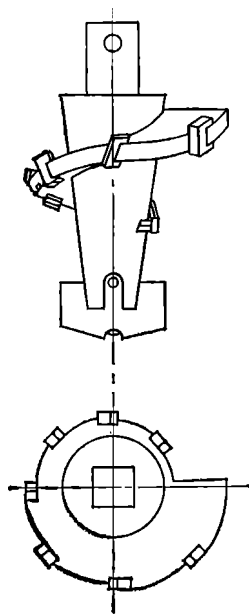


Рис. 36. Шнековый бур конструкции треста Укр-гидроспецфундаментстрой.

Шнековый бур конструкции треста Укр-гидроспецфундаментстрой (рис. 36) состоит из шнека диаметром 500 мм, высотой 8 м и съемного долота диаметром 530 мм. Корпус долота имеет форму усеченного конуса, на верхнем конце которого имеется четырехгранный хвостовик для соединения со шнековой колонной, а к нижнему концу долота прикрепляется двухперый забурник. К корпусу долота приварена спиралевидная лента, боковая поверхность которой оснащена съемными резцами, армированными твердым сплавом. Резцы размещены таким образом, что ими обеспечивается перекрытие забоя скважины, за исключением центральной части, которая разбуривается двухперым забурником.

Данное долото отличается от двух- и трехспиральных долот (как и от двух и трехперых долот) тем, что имеет одну спиралевидную поверхность. Такое долото наиболее удачно сочетается с однозаходным шнеком, у которого при прочих одинаковых конструктивных параметрах межвитковое пространство в два раза шире, чем у двухзаходного шнека.

В процессе бурения скважины разрушенная резцами порода поступает на винтовую поверхность долота, с которого она транспортируется на шнек. Взаимное расположение винтовых поверхностей долота и шнека обеспечивает условия для того, чтобы не образовывались пробки из разрушенной породы в процессе ее транспортировки вверх по шнековому буру.

Шнековый бур рассмотренной конструкции обладает высокой износостойкостью. При бурении по суглинкам, плотным глинам и известнякам-ракушечникам ресурс долота составил 110 м.

ШНЕКОВЫЙ БУР УСТАНОВКИ УШБМ-16

Шнековый бур установки УШБМ-16 выполнен в виде двухзаходного шнека диаметром 1100 мм с шагом навивки 400 мм. На нижних кромках шнековой спирали общей длиной 1,5 шага установлены резцы, разрушающие породу на забое. На нижнем конце вала шнека укреплен забурник, а верхний снабжен переходником для соединения с колонной бурильных труб. В отличие от других конструкций шнековая полоса данного бура выполнена в виде набора отдельных секторов, соединенных по наружному диаметру спиральной ленточной обоймой. Один конец каждого сектора

приваривается к валу шнека, а другой конец входит в паз ленточной обоймы.

Шнековым буром установки УШБМ-16 успешно бурятся скважины глубиной до 15 м диаметром 1200 мм в песчано-глинистых породах с включением щебня, гальки и валунов размером до 250 мм. Производительность шнекового бура составляет до 20 м за смену.

§ 4. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИБРАЦИОННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

ВИБРОСНАРЯДЫ ВНИИГС

Виброснаряды типа ПВ (ПВ-500, ПВ-700, ПВ-1000) представляют собой механизмы, состоящие из электродвигателей, амортизирующих подвесок и породоразрушающих инструментов, соединенных с вибраторами быстросъемными клиньями. Вибратор с приводом от виброустойчивого электродвигателя представляет собой четырехвалный механизм, создающий колебания при помощи дебалансов с соосными валами, расположенными в горизонтальной плоскости. Крутящий момент от вала электродвигателя к ведущему валу вибратора передается при помощи цепной передачи (в виброснаряде ПВ-500 — посредством вертикального вала и пары конических шестерен). Отличительной особенностью вибраторов, комплектующих виброснаряды типа ПВ, является возможность их работы отдельно в режиме продольных и вращательных колебаний. Для перевода вибратора с одного режима работы на другой необходимо лишь изменить направление вращения электродвигателя. В режиме продольных колебаний вибраторы используются для углубки скважины и разгрузки снаряда после его подъема на поверхность, а в режиме вращательных колебаний вибратор используется для облегчения отделения керна от забоя скважины и для снижения подъемных усилий при извлечении снаряда из скважины.

Амортизирующая подвеска выполнена в виде сварной конструкции, соединенной с виброснарядом при помощи пружины, которая одновременно предохраняет подъемный механизм от динамической перегрузки.

В комплект виброснаряда ПВ входит серия породоразрушающих инструментов, представляющих собой открытые снизу цилиндры 1 (рис. 37) с фланцами 2 и пружинами 3 для крепления к корпусу вибратора. На фланце имеется клапан 4 для выхода воздуха или жидкости при внедрении снаряда в породу. Кроме того, инструмент снабжен патрубками 5 с обратными клапанами 6 для пропускания воздуха или жидкости в призабойное пространство при подъеме снаряда.

Для бурения сухих, не обводненных, пород применяется полый породоразрушающий инструмент с диаметральной или крестооб-

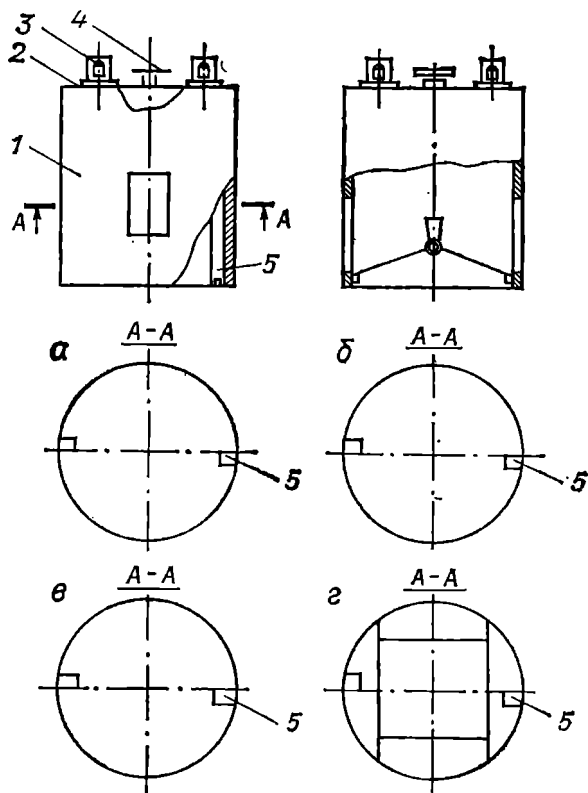


Рис. 37. Вибросонды виброснарядов ПВ.

а — полый с прорезями; *б* — желоночный; *в* — полый; *г* — ячеистый; 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — серьга; 4 — клапан; 5 — ребра.

разной перегородками, а также ячеистый инструмент. Для бурения обводненных пород применяется желоночный инструмент, в нижней части которого закреплен двухстворчатый клапан, удерживающий обводненную породу.

Области применения различных типов инструмента в зависимости от физических свойств пород характеризуются табл. 34.

В табл. 35 приведена техническая характеристика виброснарядов типа ПВ.

ВИБРОГРЕЙФЕР ВГ-1000 ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Виброгрейфер ВГ-1000 конструкции Гидропроекта является погружным вибрационным механизмом, предназначенным для бурения скважин диаметром 1000 мм в рыхлых породах, преимущественно в обводненных песчаных и валунно-галечниковых отложе-

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

Порода	Инструмент
Илы, пески обводненные (от пылеватых до гра- вельистых)	Желоночный Ячеистый
Пески увлажненные, супеси, суглинки; глинны текуче-пластичные и текучие	С крестообразными или диаметральными пере- городками
Супеси, суглинки, глины мягко- и тугопластичные	Полый, полый с боко- выми прорезями
Супеси, суглинки, глины тугопластичные и полу- твердые	

Таблица 35

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИБРОСНАРЯДОВ ТИПА ПВ

Параметры	ПВ-500	ПВ-700	ПВ-1000
Момент дебалансов, кН·м	7,75	6,00	8,50
Частота колебаний в минуту	1065	1200—1500	1200—1500
Амплитуда возмущающей силы, кН	98	101,5	142,1
Крутящий момент от возмущающей силы, кН·м	12	10; 15	18; 32
Диаметр, мм	500—700	700—1000	1000—1300
Вместимость, м ³	0,3	0,5	1,0
Средняя скорость углубки, м/мин	1,0	0,85	0,65
Среднее время разгрузки породы, с	5—10	5—10	5—10
Масса извлекаемой породы, кг	1300	1400	1900
Мощность электродвигателя, кВт	17	17	30

ниях. Углубка скважины осуществляется при помощи четырехлопастного наконечника с принудительным грейферным захватом. Виброгрейфер ВГ-1000 состоит из виброустойчивого электродвигателя, вибратора, бурового инструмента и механизма подвески. Грейферные лопасти приводятся в движение гидроцилиндрами. Корпус виброгрейфера, в котором монтируется электродвигатель, вибратор с муфтой сцепления и все элементы гидросистемы (исключая гидроцилиндры лопастей), полностью герметизирован. На боковой поверхности корпуса закреплены две трубки, предназначенные для пропускания воздуха или жидкости в призабойное пространство при подъеме снаряда с забоя скважины.

Виброгрейфер оснащен двухвалковым вибратором, работающим в режиме продольно-вращательных колебаний. Такой режим, обусловленный разносторонним вращением эксцентриков-дебалансов, способствует более эффективному внедрению наконечника в породу.

К корпусу виброгрейфера через переходный конус болтами присоединяется породоразрушающий инструмент, который представляет собой трубу с четырьмя шарнирно закрепленными в ее нижней части лопастями. Управление лопастями осуществляется с дистанционного пульта, с которого также подаются команды на гидроцилиндр муфты сцепления и на электродвигатель.

Подвесное устройство выполняет роль амортизатора и позволяет значительно уменьшить амплитуду динамических нагрузок на подъемном механизме.

Техническая характеристика виброгрейфера

Момент дебалансов, кН·м	10,4
Частота колебаний в минуту	1200
Амплитуда возмущающей силы, кН	160
Крутящий момент от возмущающей силы, кН·м	19
Диаметр палеонечника (при раскрытых лопастях), мм	1000
Вместимость, м ³	0,7
Скорость погружения в породу, м/мин	0,46—2,1
Максимальная глубина бурения, м	30
Время на открытие (закрытие) лопастей, с	26—28
Мощность приводного электродвигателя, кВт	40
Длина снаряда, мм	5520
Масса снаряда без породы, кг	3350

Виброгрейфер используется в комплекте с буровой вышкой (мачтой) или с краном грузоподъемностью не менее 10 т. Помимо бурения виброгрейфер может быть использован в качестве вспомогательного средства для крепления скважин и извлечения труб. При спуске в скважину диаметром 1000 мм обсадных труб диаметром 1420 мм обсадная колонна погружается со скоростью 6 см/мин. При извлечении труб из скважины виброгрейфер своими лопастями захватывает крестовину, специально закрепленную на торце верхней трубы. Извлечение колонны обсадных труб производится при натяжении троса подъемной лебедки с одновременной работой вибратора.

§ 5. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

МЕДЛЕННОВРАЩАТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ

Эффективность медленновращательного способа бурения скважин большого диаметра определяется скоростью вращения ковшового бура, начальной нагрузкой на породоразрушающий инструмент, характером изменения нагрузки в течение рейса и схемой бурения. Исследованиями, выполненными В. П. Кренделевым [39] установлено, что наиболее производительной является частота вращения снаряда, равная 5 об/мин. При бурении в течение первых 1—2 мин углубка характеризуется высокой скоростью, но затем вследствие затирки породы замедляется, в результате чего средняя механическая скорость и общая углубка за рейс

не соответствует начальным показателям, а несколько ниже их. Наиболее точно процесс рационального изменения нагрузки на породоразрушающий инструмент во времени описывается линейной зависимостью. При этом темп увеличения нагрузки должен быть сравнительно небольшим, в пределах $(10 \div 20) \cdot 10^5$ Па (10^5 Па соответствует нагрузке на породоразрушающий инструмент, равной 550 Н через 1—2 мин бурения).

В. П. Кренделевым рекомендуются следующие параметры режима бурения медленновращательным способом (табл. 36).

Таблица 36

ПАРАМЕТРЫ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА БУРЕНИЯ
МЕДЛЕННОВРАЩАТЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ (по В. П. Кренделеву)

Группы пород	Параметры	
	t*, тс/мин	S**, см
I, II, III	0,9	0
IV	0,6	-5
V	0,4	+10
VI	0,6	+10
VII	0,8	-10

* t — темп увеличения нагрузки на породоразрушающий инструмент в течение рейса.

** S — расстояние от корпуса бура до башмака обсадных труб.

Параметры режима бурения даются в зависимости от групп пород, принятых в соответствии с классификацией их при бурении установкой УБСР-25, приведенной в табл. 37.

Таблица 37

ГРУППИРОВКА ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ УСТАНОВКОЙ УБСР-25
(по В. П. Кренделеву)

Группы пород	Характеристика
I	Песчаные и песчано-глинистые сухие и слабообводненные рыхлые отложения с включением обломочного материала до 40%
II	Песчаные и песчано-глинистые значительно обводненные рыхлые отложения с включением обломочного материала до 40%
III	Плывуны
IV	Глинистые сухие и слабообводненные отложения с включением обломочного материала до 40%
V	Глинистые влажные и значительно обводненные отложения с включением обломочного материала до 40%
VI	Песчано-глинистые отложения плотные, устойчивые
VII	Песчано-глинистые отложения с большим количеством крупнообломочного материала (>40%)

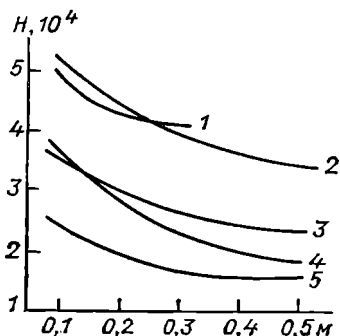


Рис. 38. Графики зависимости начальной нагрузки на забой от углубки скважины за рейс.

Группы пород: 1 — VII; 2 — I, II, III; 3 — IV; 4 — VI; 5 — V.

Рациональные нагрузки на породоразрушающий инструмент в начальные моменты бурения в зависимости от характера пород и углубки за рейс представлены на графике (рис. 38).

Исходя из рассмотренных параметров режима медленновращательное бурение установкой УБСР-25 рационально выполнять на одной скорости вращения снаряда (5 об/мин), изменяя нагрузку на породоразрушающий инструмент в течение рейса по линейному закону при выбранных значениях начальных нагрузок и темпа их возрастания во времени. При соблюдении этих условий обеспечиваются наиболее высокие механические скорости бурения в различных геологических условиях, которые должны находиться в пределах от 0,8 см/мин (породы VII группы) до 12,3 см/мин (породы V группы) при средних значениях, равных 5—7 см/мин.

Ковшовый бур установки КШК-30, имеющий жесткую винтовую подачу (шаг подачи — 24 мм) и две скорости вращения, работает при частотах вращения, равных соответственно 11 и 22 об/мин. В зависимости от конкретных условий выбирается частота вращения бура, обеспечивающая максимальную механическую скорость бурения.

Таблица 38

ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА БУРЕНИЯ КОВШОВЫМ БУРОМ УСТАНОВКИ ЛБУ-50

Породы	Параметры		Производительность, м/смену
	Нагрузка на породоразрушающий инструмент, кН	Частота вращения, об/мин	
Песчано-глинистые	6—20 22—31 33—37	14	5,5—6,35
Песчаные		14	4,10
Песчано-глинистые с включением гальки и валунов		10	2,0

Для ковшовых буров установки СО-1200 наиболее рациональными при бурении лёссовидных суглинков являются следующие параметры режима бурения: максимальное усилие подачи 80 кН; частота вращения бура 23 об/мин.

Параметры режима бурения ковшовым буром установки ЛБУ-50 приведены в табл. 38.

ШНЕКОВОЕ БУРЕНИЕ

Эффективность шнекового бурения определяется следующими основными факторами: конструкцией шнекового бура; физическими свойствами буримых пород; параметрами технологического режима бурения (нагрузкой на породоразрушающий инструмент и частотой вращения бура).

В свою очередь нагрузка на породоразрушающий инструмент зависит от диаметра бура, его конструктивных особенностей и физических свойств буримых пород.

Для бурения скважин диаметром 600 мм в однородных лёссовидных суглинках шнековым буром установки СО-2 в качестве оптимальных определены следующие параметры режима бурения и соответствующие этим параметрам технико-экономические показатели:

Нагрузка на породоразрушающий инструмент, кН	58
Частота вращения, об/мин	23
Средняя длина рейса, м	1,25
Механическая скорость, м/ч	45,4
Сменная производительность, м/смену	36

Данные о параметрах режима бурения скважин диаметром 1100 мм шнековыми бурами установки УШБМ-16 приведены в табл. 39.

УДАРНО-ЗАХВАТНОЕ БУРЕНИЕ

Эффективность этого способа бурения скважин большого диаметра определяется высотой сбрасывания грейфера на забой, технологической схемой бурения и кинематикой обсадных труб в процессе бурения.

Высота сбрасывания грейфера существенно влияет на объемную и рейсовую скорости углубки. Наиболее высокие значения этих показателей достигаются при высоте сбрасывания, равной 1,5 м. При этом влияние высоты сбрасывания на скорость бурения менее существенно для супесей и песков, тогда как при бурении суглинков и глин влияние данного параметра возрастает.

Скорость бурения зависит от плотности пород, а также от содержания валуново-галечникового материала в рыхлых отложениях. При бурении скважин в отложениях с содержанием обломочного материала до 40% скорость в 1,5 раза выше, чем в породах с повышенным содержанием крупного гравия и валунов. При бурении плотных пород скорость снижается до 0,5 м/ч.

ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА БУРЕНИЯ ШНЕКОВЫМИ
БУРАМИ УСТАНОВКИ УШБМ-16

Породы	Параметры		Средняя длина рейса, м	Механическая скорость, м/ч	Производи- тельность, м/смену
	Нагрузка, кН	Частота вращения, об/мин			
Песчано-глинистые	7—9	30—60	0,30—0,32	5—6	12,6—18,5
Песчаные	7—10	30—40	0,36	18,5	20
Песчано-глинистые с включением гальки и валунов	7—9	30—60	0,30	5,4	15,7
Валуно-галечниковые отложения	7	51	0,36	16,4	

В рыхлых отложениях с содержанием валунно-галечникового материала до 40% скорость бурения с опережением забоя трубами в 2 раза выше, чем при бурении ниже труб. В отложениях, содержащих крупнообломочного материала более 40%, скорости бурения не зависят существенным образом от схемы бурения.

Наибольшая скорость бурения наблюдается при обсадке труб с вращением, что связано с постоянным перемещением разрыхленной башмаком породы от периферии к центру. При этом происходит выравнивание забоя, что способствует максимальному заполнению головки грейфера породой. При бурении в трубах без вращения порода частично прилипает к стенкам труб, а забой скважины после нескольких сбрасываний грейфера принимает конусообразную форму. Это приводит к снижению объема извлекаемой за рейс породы и, следовательно, к снижению скорости бурения скважины.

Таким образом, при бурении ударно-захватным способом высота сбрасывания грейфера независимо от характера буримых пород должна составлять 1,5 м; извлечение породы грейфером необходимо производить при вращающейся колонне обсадных труб; рациональным является бурение в трубах за исключением бурения песчано-глинистых отложений с большим количеством крупнообломочного материала, когда с целью предупреждения износа башмака труб рекомендуется схема бурения ниже труб или на одном уровне.

§ 6. ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Разнообразие породоразрушающего инструмента, разработанного для бурения скважин большого диаметра вращательным (ковшовые и шнековые буры), ударным (ударные стаканы, до-

лота, желонки, грейферы) и вибрационным (виброснаряды, виброгрейферы) способами обеспечивает выполнение целевой задачи при бурении в любых литологических разновидностях мягких пород. Но каждый отдельно рассматриваемый способ бурения, а тем более отдельно взятый конкретный буровой инструмент может быть эффективно использован только при бурении скважин в сравнительно ограниченных условиях.

Ориентировочно рациональные области применения различных способов бурения и различных типов буровых снарядов характеризуются данными табл. 40.

Таблица 40

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ
И ТИПОВ БУРОВЫХ СНАРЯДОВ

Породы	Ударное бурение				Вращательное бурение		Вибрационное бурение	
	Ударные стаканы	Долота	Желонки	Грейферы	Ковшовые буры	Шнековые буры	Виброснаряды	Виброгрейферы
Песчаные и песчано-гравийные сухие и слабообводненные рыхлые отложения с включением обломочного материала до 40%	+	—	+	+	++	++	++	+
Песчаные и песчано-гравийные значительно обводненные рыхлые отложения с включением обломочного материала до 40%	—	—	++	+	+	—	++	++
Пльвуны	—	—	+	—	—	—	+	—
Глинистые сухие и слабообводненные рыхлые отложения с включением обломочного материала до 40%	++	—	—	—	++	++	++	—
Те же породы, но влажные и значительно обводненные	+	—	+	—	+	+	++	—
Песчано-глинистые отложения плотные, устойчивые	++	+	—	—	—	++	+	—
Глины плотные, твердые	+	++	—	—	—	+	+	—
Песчано-глинистые отложения с включением обломочного материала >40%	—	+	++	++	+	+	—	++
Гравийно-галечниковые отложения с большим количеством крупных валунов	—	+	—	++	—	—	—	++

Примечание. ++ рациональный способ бурения; + возможный способ бурения; — иррациональный способ бурения.

ПРИМЕНЕНИЕ БУРОВЫХ СНАРЯДОВ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД

Группы пород	Характеристика	Медленно-вращательный		Ударно-захватный
		Буром на канате	Буром на штангах	Грейфером
I	Песчаные и песчано-гравийные отложения сухие и слабо обводненные	++	—	+
II	Песчаные и песчано-гравийные отложения обводненные (осложненные условия с бурением укороченными рейсами)	++	+	—
III	Плывуны В том числе в осложненных условиях с бурением в трубах	++ —	++	—
IV	Глинистые породы сухие и слабо обводненные	++	—	+
V	Глинистые отложения влажные и значительно обводненные	++	—	+
VI	Песчано-глинистые отложения плотные и устойчивые	+·-	—	+
VII	Песчано-глинистые отложения с большим количеством крупнообломочного материала (>40%)	—	—	++

Более подробно вопрос о рациональных областях применения буровых снарядов различной конструкции исследовал В. П. Кренделев [39, 40] применительно к буровой установке УБСР-25. Рекомендации по использованию буровых снарядов в зависимости от физических свойств буримых пород приведены в табл. 41.

Анализ табл. 41, 42 позволяет сделать следующие выводы:

— медленно-вращательное бурение ковшовыми бурами рационально выполнять при бурении сухих песчаных и глинистых отложений, влажных глин, плотных и устойчивых песчано-глинистых отложений с незначительным количеством крупнообломочного материала, обводненных песчано-гравийных пород и плывунов;

— ударно-захватный способ бурения грейфером целесообразно применять для бурения песчано-глинистых отложений, содержащих большое количество крупнообломочного материала;

— бурение ударными стаканами целесообразно применять для плотных песчано-глинистых пород, сухих и обводненных;

— использование ударных долот и желонки при бурении скважин большого диаметра носит вспомогательный характер;

— шнековое бурение целесообразно использовать для песчано-глинистых и глинистых слабо обводненных пород;

— бурение виброснарядами целесообразно применять в песчано-гравийных, песчаных, песчано-глинистых и глинистых породах, обводненных в различной степени;

— бурение виброгрейфером целесообразно в гравийно-галечниковых отложениях, содержащих большое количество валунов.

§ 7. БУРЕНИЕ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ И СЕРИЙНЫМИ БУРОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

В настоящее время геологическими, изыскательскими и строительными организациями накоплен богатый опыт бурения скважин большого диаметра различными буровыми установками.

В Уральской комплексной съемочной экспедиции для бурения скважин большого диаметра при разведке россыпных месторождений были использованы шнековые шурфобуры диаметром 500, 700 и 900 мм с буровыми установками УШБТ-М, УРБ-ЗАМ, УГБ-50М (модернизированные для выполнения конкретных задач). Экономическая эффективность при объеме работ 1000 м составила от 7,8 руб. до 25,2 руб. на 1 м бурения.

В Куйбышевском тресте инженерно-строительных изысканий для бурения скважин диаметром от 600 мм до 900 мм и глубиной 5—7 м использованы буровые установки УРБ-2А, УГБ-50А, УГБ-50М, СБУД-150-ЗИВ в комплекте со шнеками и цилиндрическими бурами. Экономическая эффективность при объеме работ 6000 м составила 12 руб. на 1 м бурения.

Организации Главгеологоразведки МЦМ СССР широко использовали бурильно-крановые машины БКМ-483П для бурения скважин большого диаметра взамен шурфов глубиной до 4 м. При объеме работ 100—140 тыс. м в год экономическая эффективность составила 4,5—7,5 руб. на 1 м бурения при одновременном 20-кратном увеличении производительности. При использовании агрегатов КШК-30А производительность возросла в 4—5 раз, а стоимость 1 м бурения снизилась в 2—2,5 раза.

Показатели установки УБСР-25 характеризуются повышением производительности труда в 2—2,5 раза и снижением стоимости 1 м выработки в 2 раза. В табл. 42 приведены данные о некоторых основных показателях медленновращательного и ударно-захватного способов бурения этой установкой. Наряду с высокими технико-экономическими показателями использование установки УБСР-25 характеризуется высокой информативностью и точностью геологического изучения разведываемого месторождения.

В Северном Казахстане выполнялось бурение скважин большого диаметра взамен шурфов по породам III—IV категорий по буримости, представленным плотными загипсованными суглинками, глинисто-щебенистой корой выветривания, переслаивающейся толщей плотных глин и мелкозернистых песков, содержащих гальку и валуны. Бурение осуществлялось установкой ЛБУ-50 в комплекте с цилиндро-коническим буром диаметром 1050 мм, а также двухзаходным шнековым буром и СКБ Щигровского за-

**ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕДЛЕННОВРАЩАТЕЛЬНОГО
И УДАРНО-ЗАХВАТНОГО СПОСОБОВ БУРЕНИЯ**

Группы пород	Медленновращательное		Ударно-захватное	
	Длина рейса, см	Механическая скорость бурения, см/мин	Длина рейса, см	Механическая скорость бурения, см/мин
I	40—50	7,5—5,6	8,7	43,5
II	40—50	7,5—5,6	2,7	13,5
III	40—50	7,5—5,6	2,7	13,5
IV	40—50	7,5—5,6	9,0	45,0
V	50	12,3	9,0	45,0
VI	40—50	11,9—8,7	8,7	43,5
VII	10—15	0,8	4,3	21,5

Таблица 43

**ПАРАМЕТРЫ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ БУРЕНИЯ
ПРИ МАКСИМАЛЬНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СКОРОСТЯХ**

Породы	Частота вращения, об/мин	Нагрузка на породоразрушающий инструмент, кН	Длина рейса, см	Механическая скорость, м/ч
Суглинки плотные	8—10	30—35	15	1,1—1,3
Глинисто-щебенистые	8—10	20	15	1,0
Песчаные	15	17—19	23—25	1,8—2,0

вода и МГРИ. При этом выявлены оптимальные режимы для достижения наивысших механических скоростей бурения (табл. 43).

В процессе работ было также установлено, что производительность скользящего двухзаходного шнекового бура в 2—2,5 раза выше, чем цилиндрико-конического.

Имеющиеся буровые установки, переоборудованные из серийно выпускаемых (УРБ-2А, УРБ-ЗАМ, УГБ-50М, УГБХ-150, БУУ-2, АВБТМ и др.), и установки, специально сконструированные для бурения скважин большого диаметра (ЛБУ-50, УШБ-16М, КБУ-15, УБСР-25, КШК-30А, БМ-802С, БКМ-483П, БКГМ-66, МРК-1А и др.), позволяющие бурить скважины в широких диапазонах глубин (3—30 м), диаметров бурения (600—1300 мм) и физико-механических свойств пород (I—V категории по буримости).

§ 8. БУРЕНИЕ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА В ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ

Некоторые зарубежные фирмы уделяют большое внимание вопросам техники и технологии бурения скважин большого диаметра. При этом определилась общая тенденция постепенного вытеснения традиционного ударно-канатного способа бурения

с очисткой забоя скважины от выбуренной породы желонками такими более эффективными способами, как ударное бурение с обратновсасывающей промывкой, ударно-забивной способ бурения с обратной продувкой скважины сжатым воздухом, пневмоударное бурение с прямой продувкой воздухом и др.

Ряд фирм практикует бурение скважин большого диаметра ударным способом с разрушением породы ударным долотом и выносом разрешенной породы из скважины при помощи обратновсасывающей промывки. Фирмой «Массоранти» (Италия) разработаны технология и комплекс технических средств для бурения скважин диаметром 1500—1800 мм и глубиной до 100 м ударным способом с обратновсасывающей промывкой. Порода на забое скважины разрушается долотом и отсасывается из скважины центробежным насосом по трубам, свободно проходящим через центральное отверстие долота. Одновременно в скважину самоотеком через устье поступает необходимое для ее восполнения количество воды. Данный метод эффективен при бурении рыхлых отложений, состоящих из песков, глин, крупного и мелкого гравия и содержащих большое количество крупных валунов. При скорости восходящего потока 7—10 м/с на поверхность выносятся куски породы массой до 15 кг. Производительность метода выше, чем обычного ударно-канатного бурения, в 17—25 раз.

Фирма «Вильям Кент» (США) использует буровую установку, позволяющую бурить ударным способом с обратновсасывающей промывкой скважины диаметром 610—1070 мм глубиной соответственно 300 м и 150 м. Отсасывание воды из скважины производится при помощи эрлифта с использованием компрессора с рабочими параметрами: давление до 7 кг/см²; производительность 9 и 18,5 м³/мин.

Технология бурения скважин указанным способом предусматривает принципиально новую систему привода долота, обеспечивающую высокую скорость падения долота и увеличивающую частоту долбления. Для этого долото размещено на подпружиненном штоке, имеющем продольное перемещение. Ударный механизм установки при рабочем ходе приподнимает шток и сжимает пружину с усилием 11,5 кН. При падении долота пружина, разжимаясь, ускоряет его движение по направлению к забюю. При этом в течение одного цикла происходит два долбления. Частота долбления возрастает до 115 в минуту, а скорость движения долота увеличивается более чем в 3 раза, обуславливая повышение энергии удара в 6,7 раза.

Забойные пневмоударные машины с очисткой забоя скважины от шлама сжатым воздухом находят применение при бурении скважин сравнительно небольшого диаметра (до 250 мм). При этом достигаются высокие технико-экономические показатели, особенно при использовании компрессоров высокого давления (до 35 · 10⁵ Па).

Фирмой «Беккер Дрил» (Канада) успешно применяется метод бурения скважин большого диаметра (до 610 мм) в песчаных и

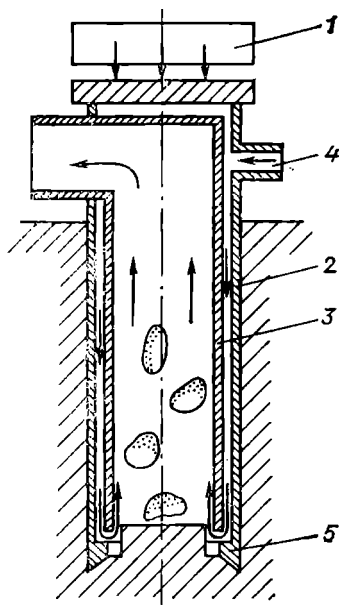


Рис. 39. Схема бурения скважин большого диаметра забивкой двойной колонны труб.

1 — забивной снаряд; 2 — наружная труба; 3 — внутренняя труба; 4 — подводящий патрубков; 5 — режущая кромка.

гравийно-галечниковых отложениях с непрерывным отбором образцов пород. Бурение осуществляется забивкой двойной concentрической колонны труб дизель-молотом с усилием 1 кН на 1 см внедряющейся в породу кромки инструмента. При этом в кольцевое пространство между трубами нагнетается воздух или аэрированный раствор (рис. 39). Поток очистного агента поднимается на поверхность через внутреннее пространство центральной трубы, увлекая за собой частицы разбуренной породы. По окончании бурения скважины трубы извлекаются при помощи гидравлического подъемника.

Имеется опыт бурения таким методом скважин с обсадкой их специальной колонной труб. В этом случае concentрическая рабочая колонна состоит из труб диаметром 12" и 16", а для обсадки скважины используются трубы диаметром 24". При бурении скважин этим методом выход керна составляет 80—100%, механическая скорость бурения до 24 м/ч.

В практике ударного бурения скважин диаметром 400—800 мм используются утяжеленные желонки массой до 800 кг.

В качестве усовершенствованного снаряда для ударного бурения можно назвать комплект инструмента «Трайидент», в состав которого входит долото, смеситель и забивной снаряд. Долото армировано сменными твердосплавными зубьями, расположенными в шахматном порядке. Такая конструкция позволяет на 55—60% увеличить удельную нагрузку, что способствует повышению скорости бурения. Частицы породы, извлекаемые из скважины желонкой, имеют размеры 10—15 мм.

Над долотом расположен смеситель, роль которого выполняет ударная штанга с продольными выемками и поперечными ребрами. При возвратно-поступательном движении ударной штанги ребра перемешивают жидкость в призабойной зоне, обеспечивая лучший захват шлама желонкой.

Забивной снаряд выполнен в виде цилиндра диаметром 114 мм, длиной 5,2 м, закрытого с обоих концов переходниками. В цилиндрическом корпусе помещается боек. В процессе бурения удар по забою наносится вначале всей массой бурового снаряда, а затем с незначительным отставанием во времени бойком наносится удар по нижнему переходнику. Такая технология обеспечивает

более рациональное использование ударной энергии, причем позволяет использовать снаряд без дорогостоящих рабочих раздвижных штанг.

Как правило, буровые установки зарубежных фирм являются многоцелевыми, предназначенными для бурения скважин двумя или несколькими способами. Например, шурфокопатель голландской фирмы «Конрад-Старк», задачей которого является бурение скважин большого диаметра, аналогичен выпускаемому нашей промышленностью агрегату УБСР-25. При этом необходимо отметить, что по ряду важнейших параметров установка УБСР-25 является более совершенной.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

§ 1. КОМБИНИРОВАННОЕ БУРЕНИЕ

При поисках и разведке месторождений строительных материалов геологические условия и физические свойства горных пород, как правило, не позволяют сочетать высокую геологическую информативность с максимальной производительностью труда при использовании одного какого-либо способа бурения. Это происходит из-за следующих причин:

— все известные способы бурения не являются универсальными, а эффективны лишь в сравнительно нешироком диапазоне горно-геологических условий и требований, вытекающих из конкретных задач и целей;

— большинство месторождений строительных материалов разнообразно по физическим свойствам слагающих разрез горных пород (рыхлые породы с наличием твердых прослоев, с включением большого количества крупных валунов, затрудняющих не только процесс бурения, но и создающих дополнительные трудности при опробовании; кавернозные породы, характеризующиеся водопритоком или поглощением промывочной жидкости и т. д.).

В связи с этим при выборе способа бурения скважин в данных конкретных условиях в большинстве случаев приходится жертвовать либо качественным, либо количественным аспектами эффективности геологоразведочных работ. При этом, как правило, в качестве основного критерия выступает качественная сторона проблемы (условия и ограничения, налагаемые требованиями геологического изучения месторождения).

В то же время, если рассмотреть условия геологоразведочных работ на любом месторождении строительных материалов, то будет очевидно, что комплексное использование нескольких способов бурения является наиболее рациональным как с точки зрения полноты и точности геологического изучения, так и с точки зрения достижения наивысших показателей производительности труда. В различных условиях могут эффективно сочетаться два или несколько способов бурения: вибрационное с ударно-механическим, шнековое с колонковым и ударно-механическим, колонковое бурение с призабойной циркуляцией и колонковое с промывкой и т. д.

В настоящее время промышленностью выпускаются буровые агрегаты, предназначенные для комбинированного бурения скважин с различными сочетаниями способов бурения.

Энергосетьпроектom разработана универсальная буровая установка БУШЗ-15АП, предназначенная для бурения скважин вращательным, ударно-канатным, вибрационным и медленновращательным (змеевиками и ложковыми бурами) способами.

Выпускаемый заводом им. Воровского вибробуровой агрегат АВБ-2М предназначен для бурения скважин в породах I—VII категорий по буримости следующими способами:

— вибрационным до глубины 20 м начальным диаметром 168 мм;

— ударно-канатным (включая и забивной способ бурения) до глубины 40 м начальным диаметром 219 мм.

Конструкторским бюро завода разработан агрегат АВБ-3, предназначенный для бурения скважин в породах I—VII категорий по буримости вибрационным, вращательным с призабойной циркуляцией, вибровращательным и ударно-канатным способами. Для организации бурения скважин колонковым способом с промывкой агрегат может быть укомплектован автоприцепом, на котором монтируется буровой насос.

СКБ НПО «Геотехника» разработаны буровые установки УБР-1 и УБР-2. Первая предназначена для бурения скважин в сложных геологических условиях комбинированными способами: ударно-канатным и медленновращательным; установка обеспечивает возможность сочетания указанных способов бурения в любой последовательности с одновременным креплением скважины обсадными трубами. Обсадные трубы погружают ударным снарядом с одновременным вращением ротором.

Вторая применяется в рыхлых отложениях с включением большого количества валунов и гальки в сложных геологических условиях. Установка позволяет производить бурение ударно-канатным (забивными стаканами, долотом или желонкой) и вращательным (шнековым, колонковым с призабойной циркуляцией и медленновращательным) способами; обеспечивает погружение обсадных труб без приостановки процесса бурения; предусматривает механизацию вращения обсадных труб при их погружении в скважину.

Буровая установка ЛБУ-50, выпускаемая Щигровским заводом геологоразведочного оборудования, предназначена для бурения скважин ударно-канатным и шнековым способами, а также для бурения скважин большого диаметра.

Комплексная буровая установка УГБ-50М, выпускаемая этим же заводом, предназначена для бурения скважин в породах I—VII категорий шнековым, колонковым и ударно-канатным способами. Установка также предназначена для производства гидрогеологических исследований в скважинах (откачки).

СКБ МГ СССР по техническому заданию ЦНИГРИ разработана установка БУУ-2, предназначенная для бурения скважин

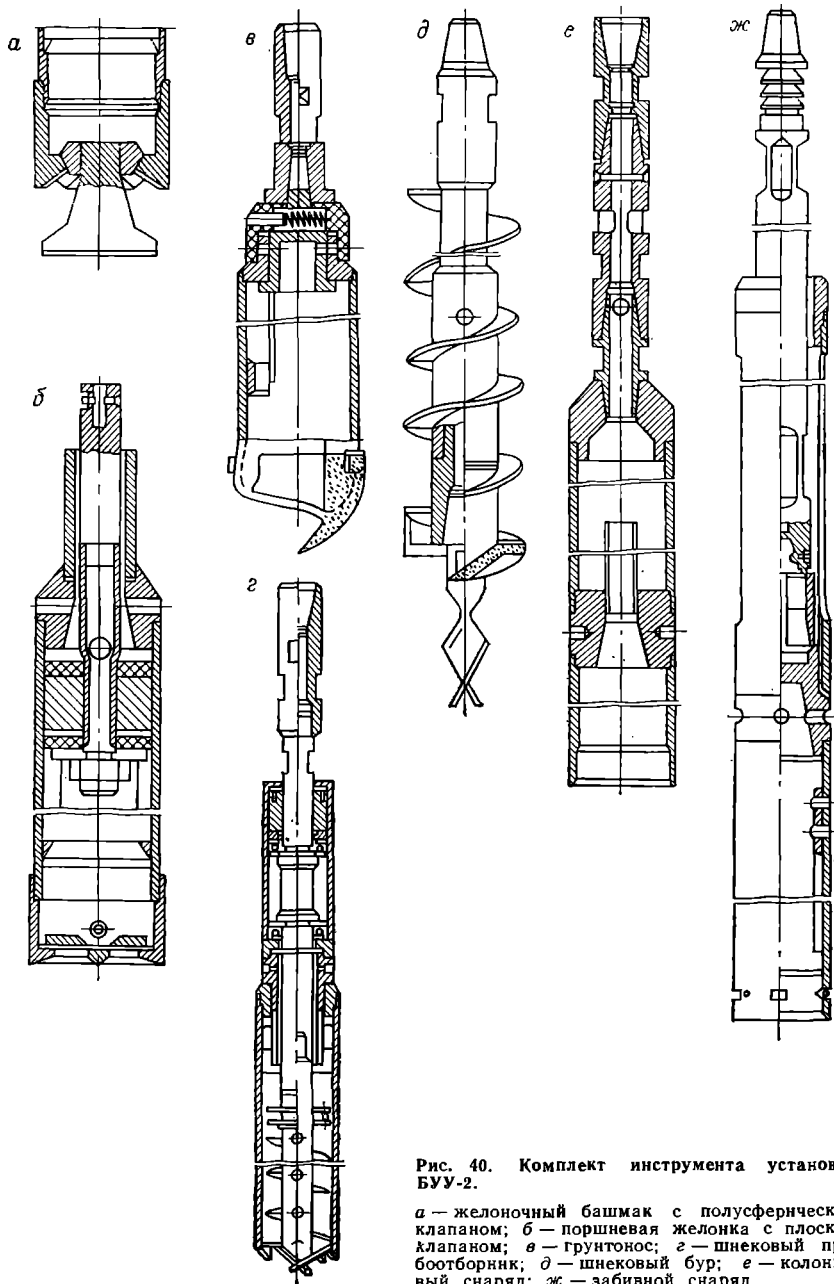


Рис. 40. Комплект инструмента установки БУУ-2.

a — желоночный башмак с полусферическим клапаном; *б* — поршневая желонка с плоским клапаном; *в* — грунтонос; *г* — шнековый пробоотборник; *д* — шнековый бур; *е* — колонковый снаряд; *ж* — забивной снаряд.

в сложных геологических условиях ударно-канатным и вращательным способами, а также комплект инструмента к ней (рис. 40). Опытно-экспериментальные исследования, выполненные В. П. Кренделевым [39], позволили сделать следующие выводы относительно эффективности установки БУУ-2 при бурении скважин на россыпных месторождениях:

— бурение скважины установкой БУУ-2 может выполняться ударно-канатным и вращательным способами в любой последовательности их использования с креплением скважины ходовой колонной обсадных труб;

— использование установки БУУ-2 при разведке россыпных месторождений показало значительное повышение качества геологоразведочных работ с одновременным увеличением производительности труда;

— транспортная база установки обеспечивает хорошую транспортальность в труднопроходимых болотистых районах в условиях бездорожья.

Широкий диапазон буровых установок комбинированного бурения позволяет выбрать рациональное оборудование, характеристика которого наиболее полно соответствует конкретным условиям работ. В табл. 44 приведены технические характеристики некоторых буровых установок комбинированного бурения.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ УСТАНОВКОЙ БУУ-2

При комбинированном способе технология ударно-канатного бурения не претерпевает существенных изменений по сравнению с изложенной в главе II.

Исследования, выполненные В. П. Кренделевым по выявлению оптимальных показателей бурения колонковыми снарядами и грунтоносами, позволили определить области их рационального применения и технологические параметры:

Диаметр скважины, мм	168—219
Технологическая схема бурения	Нижне труб
Тип бурового снаряда	Колонко- вый
Частота вращения ротора, об/мин	83
Нагрузка на породоразрушающий инструмент, кН	9
Частота расхаживания снаряда в минуту	10—20
Высота подъема снаряда, см	5—10
Интервал бурения за рейс, м	0,7—1,2
Способ заклинивания керна	«всухую»

Использование грунтоносов целесообразно при бурении гравийно-галечниковых отложений с небольшим содержанием глинистого материала, где применение колонковых снарядов не всегда обеспечивает требуемый выход керна. В породах, характеризующихся значительным количеством глинистого материала (>20%),

Параметры	БУЛИЗ-15АП	АВБ-2М	АВБ-3
Глубина бурения, м	30	40	20; 40; 100
Начальный диаметр скважины, мм	168	219	168, 325
Способы бурения	Колонковый с циркуляционной циркуляцией, шнековый медленно-вращательный, ударно - канатный, вибрационный	Вибрационный, ударно-канатный	Ударно - канатный, вибрационный, вибровращательный, колонковый с циркуляционной циркуляцией, колонковый с промывкой
База	Автомобиль ГАЗ-69	Автомобиль ГАЗ-66	Автомобиль ЗИЛ-131
Основной рабочий орган	Ротор, вибромолот	Вибромолот	Вибромолот
Грузоподъемность лебедки, т	1,2	4	4
Грузоподъемность мачты, т	5	12	12
Высота мачты, м	5,2	7,5	7,6
Привод	От двигателя автомобиля	От двигателя автомобиля	Д-37-СЗ-1
Мощность двигателя, кВт			29
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:			
длина	4200	7500	7600
ширина	1750	2350	2350
высота	2300	3400	3500
Масса, кг	2030	6300	9900

целесообразно использовать колонковые снаряды, так как в этих случаях при достаточном выходе керна достигается более высокая механическая скорость, нежели при бурении грунтоносами.

Оптимальный диаметр бурения с точки зрения выхода керна и достижения высоких механических скоростей составляет 168 мм.

Наиболее высокая скорость забивки обсадных труб наблюдается при бурении ниже труб при вращательном и ударно-канатном способах бурения. Скорость забивки труб при вращательном способе бурения выше, чем при ударно-канатном. Длина рейса незначительно влияет на выход керна. Для получения максимальной производительности длина рейса должна быть в пределах 0,7—1,2 м.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКОВ И УСТАНОВОК
КОМБИНИРОВАННОГО БУРЕНИЯ

УБР-1	УБР-2	ЛБУ-50	УГБ-50М	БУУ-2
15	25	50	50; 100	50
127	253	200	230	273
Ударно - канатный, медленновращательный	Ударно - канатный, медленновращательный	Вращательный, ударно-канатный	Шнековый, колонковый, ударно-канатный	Ударно - канатный, вращательный
Стационарный	Автомобиль	Автомобиль	Автомобиль	Гусеничный
Ротор, ударное устройство	ЗИЛ-131 Ротор, ударное устройство	ЗИЛ-157К —	ГАЗ-66 —	вездеход —
1	1,8	2,5	2,5	2,3
3	6	5	7,3	13,4
7	8	8,3	8	12
Д-300	24-8,5/11	От двигателя автомобиля	От двигателя автомобиля	От ходового двигателя
4,4	10			
1900	2670	8380	8000	8300
980	2962	2315	2000	2900
1350	8285	2546	3000	3650
1025	2000	8440	5100	11500

§ 3. БУРЕНИЕ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЗАМОРАЖИВАНИЕМ

Опыт бурения скважин с одновременным замораживанием буримых пород в нашей стране и за рубежом показывает, что применение этого способа наиболее рационально в сложных геолого-гидрогеологических условиях, в которых существующие методы и средства не обеспечивают достоверное геологическое опробование скважин.

Для организации и проведения такого бурения возможно естественное и искусственное охлаждение циркулирующей среды.

Естественное охлаждение — наиболее простой, не требующий больших затрат энергии способ, согласно которому предельная

температура охлаждения не может быть ниже температуры окружающей среды. Последнее обстоятельство позволяет использовать этот способ только в зимнее время с температурами -10°C и ниже.

Искусственное охлаждение осуществляется с помощью холодильных устройств или машин. Для бурения наиболее простым способом может оказаться охлаждение циркулирующей среды с помощью сухого льда — твердой двуокиси углерода (CO_2). Низкая себестоимость сухого льда, изготовленного промышленным способом (22 коп. за 1 кг), простота процесса охлаждения позволяют использовать его в качестве хладагента при проведении различного рода работ, связанных с использованием искусственного холода в бурении скважин.

Основные теплофизические характеристики сухого льда

Температура испарения при атмосферном давлении, $^{\circ}\text{C}$	78,5
Температура плавления (для жидкой углекислоты), $^{\circ}\text{C}$	56,6
Плотность промышленного сухого льда, г/см^3	1,4
Удельное количество теплоты, кДж/кг	670
В том числе скрытая теплота сублимации, кДж/кг	575

Применение различных промышленных типов холодильных машин для этих целей требует, как правило, больших затрат на оборудование, энергоснабжение, транспорт и эксплуатацию.

Для транспортировки и хранения сухого льда в условиях полевых геологоразведочных партий рекомендуется использовать специальный контейнер (рис. 41). Для повышения прочности и надежности при длительной эксплуатации корпус контейнера делается сварным из угловой и листовой стали. Теплоизоляция выполнена из пенопласта толщиной 100 мм с внутренней отделкой из бакелизированной фанеры. Емкость контейнера 1000 кг сухого льда — 12 блоков размерами $20 \times 20 \times 100$ см. Холодотери контейнеров составляют менее 7% в летнее время.

Для бурения с использованием искусственного холода могут быть использованы любые станки и агрегаты вращательного типа; предпочтение следует отдавать установкам колонкового бурения, позволяющим регулировать в широких пределах нагрузку на породоразрушающий инструмент и осуществлять расхаживание снаряда, а также имеющим небольшой вес и габариты.

ОХЛАЖДЕНИЕ ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОБВЯЗКА УСТЬЯ СКВАЖИНЫ

В качестве циркулирующей среды при бурении с использованием искусственного холода могут применяться безводные растворы на нефтяной основе, вязкостные свойства которых при низких температурах (-35°C) позволяют очищать скважины от шлама в процессе бурения. К таким наиболее доступным растворам прежде всего относятся технический керосин и зимнее дизельное топливо.

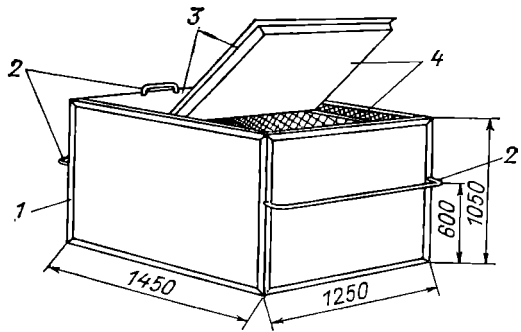


Рис. 41. Контейнер для транспортировки и хранения сухого льда.

1 — каркас; 2 — ручки; 3 — крышка; 4 — пенопласт.

Устройство для охлаждения низкотемпературной циркулирующей среды представляет собой теплоизолированную трехсекционную металлическую емкость, изображенную на рис. 42.

Корпус емкости сварной, каркас изготовлен из угловой стали, стенки — из листовой. Внешняя теплоизоляция выполнена из листового пенопласта толщиной 100 мм. Снаружи пенопласт обшит досками. Емкость имеет теплоизолированную крышку с отверстиями под шланги. Для очистки емкости от шлама сделан съемный поддон.

Все всасывающие, нагнетательные и соединительные трубопроводы поверхностной обвязки устья скважины могут быть выполнены из стандартных элементов: всасывающих и нагнетательных рукавов.

Для снижения холодопотерь при циркуляции низкотемпературной среды и эффективной доставки холода к забою скважины необходима теплоизоляция бурильных труб, инструмента и оборудования. Простейший способ теплоизоляции бурильных труб диаметром 50 мм муфтово-замкового соединения заключается в установке внутри труб полиэтиленовых шлангов диаметром 36 мм. Шланги фиксируются при закручивании замков, упираясь торцами в выточку замковых полумуфт.

Для теплоизоляции колонковых снарядов может быть использован теплоизоляционный слой эпоксидного компаунда, наносимый на предварительно очищенную внутреннюю поверхность колонковых труб. Эпоксидные компаунды успешно могут быть использованы для покрытия рабочих элементов бурового и вспомогательного оборудования (насосов, сальников-вертлюгов, соединительных муфт, патрубков и пр.).

Использование толстостенных напорных прорезиненных рукавов размером 38×9 мм обеспечивает удовлетворительную теплоизоляцию нагнетательной линии системы обвязки. Для теплоизоляции всасывающих и соединительных рукавов могут быть использованы аналогичные рукава большого диаметра. Места соединения рукавов с помощью металлической арматуры также необходимо тщательно теплоизолировать.

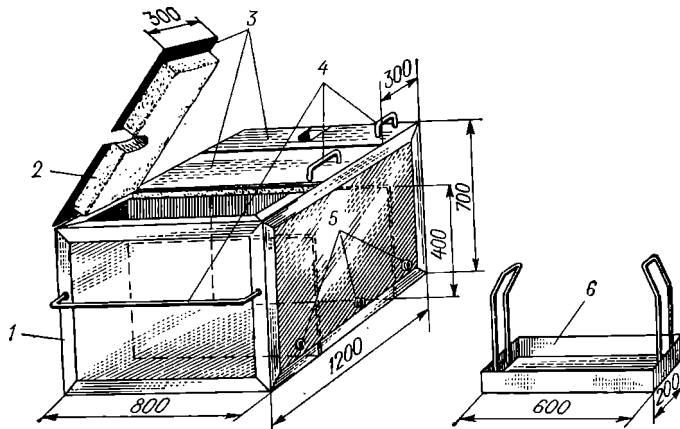


Рис. 42. Теплоизолированная емкость для охлажденной промывочной жидкости.

1 — бак; 2 — пенопласт; 3 — крышка; 4 — ручки; 5 — сливной патрубков; 6 — поддон для сухого льда.

Для технологических расчетов Б. Б. Кудряшовым [41] получено следующее выражение для допустимой механической скорости бурения с одновременным замораживанием:

$$v = \frac{\lambda_{п} T_{заб}}{(\rho\omega + ct) \gamma z},$$

где v — механическая скорость бурения, м/ч; $\lambda_{п}$ — коэффициент теплопроводности породы, Вт/(м·К); $T_{заб}$ — температура промывочной среды в зоне забоя, °С; ρ — удельная теплота кристаллизации воды, Дж/кг; ω — активная весовая влажность породы, доли единицы; c — удельная теплоемкость породы, Дж/(кг·К); t — температура породы, К; γ — плотность породы, кг/м³; z — глубина промерзания породы, м.

На рис. 43 приведены результаты расчетов зависимости между механической скоростью бурения v и глубиной промерзания забоя z при различных значениях $T_{заб}$ (от -10°C до -50°C) для жидкостного промывочного холодоносителя (керосин) и влагонасыщенного песка.

Как видно из рисунка, скорость бурения с замораживанием обратно пропорциональна глубине промерзания z и почти пропорциональна температуре замораживания, но в степени, меньшей единицы. При постоянном сохранении на забое ледогрунтовой корки толщиной 1—2 мм, достаточной для сохранения устойчивых стенок и керна, скорость бурения в осложненных условиях может составить 1—2 м/ч.

Перед бурением по полезной толще породы вскрыши перекрываются обсадными трубами с пробкой в башмаке, что позволяет быстро заполнить колонну труб охлажденной промывочной жид-

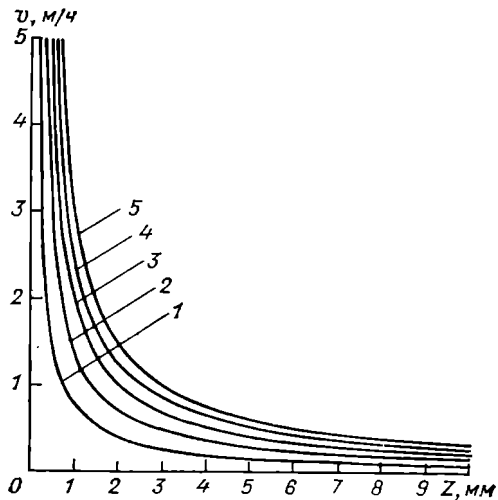


Рис. 43. Графики зависимости скорости бурения от глубины промерзания пород при различной температуре циркулирующей жидкости.

1 — (-10° C); 2 — (-20° C); 3 — (-30° C); 4 — (-40° C); 5 — (-50° C).

костью и за 12—15 мин создать лёдогрунтовую корку вокруг обсадной колонны и тем самым изолировать затрубное пространство. Бурение продуктивной толщи с одновременным замораживанием целесообразно производить рейсами длиной 2,5—3,0 м.

На основании данных, полученных в полевых условиях [2, 5], при температуре промывочной жидкости — 30° C можно рекомендовать следующие рациональные технологические параметры бурения по влажным несвязным породам:

Осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, кН	2,5—4
Частота вращения снаряда, об/мин	102—180
Расход промывочной жидкости, л/мин, в начале и в конце рейса	70; 40
Механическая скорость бурения, м/ч	0,8—0,9
Расход сухого льда на 1 м бурения, кг	15—20

Ледогрунтовая корка, созданная в процессе бурения, и столб промывочной жидкости в скважине надежно удерживают стенки скважины от обрушения в течение длительного времени (3,5—9 ч).

После пробуривания полезной толщи в скважину опускается буровой снаряд и закачивается дизельное топливо или керосин с положительной температурой.

Выходящая из скважины охлажденная промывочная жидкость поступает в теплоизолированную емкость. Затем в скважину закачивается вода, содержащая добавку поверхностно-активных веществ, а керосин или дизельное топливо полностью выкачивается в отстойник. После прокачки в течение 8—10 мин приступают к ликвидационному тампонированию скважины. Загрязнение пород полезной толщи при такой технологии почти полностью исключается.

§ 4. БУРЕНИЕ С ТРАНСПОРТИРОВКОЙ КЕРНА ВОСХОДЯЩИМ ПОТОКОМ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

Колонковый способ бурения при разведке месторождений строительных материалов имеет в настоящее время подчиненное значение и применяется в основном при работах на такие полезные ископаемые, как строительный и облицовочный камень, известняки и доломиты, тугоплавкие и огнеупорные глины. При разведке гравийно-песчаных месторождений колонковый способ бурения скважин практически не применяется, так как бурение скважин с призабойной циркуляцией, обеспечивая удовлетворительные качественные показатели, характеризуется низкой производительностью, а бурение скважин с промывкой, обеспечивая высокую механическую скорость, обладает низкой геологической информативностью.

Устранить недостатки, объединив достоинства указанных методов, позволяет быстро развивающийся в настоящее время за рубежом и в нашей стране метод колонкового бурения скважин с непрерывной транспортировкой керна восходящим потоком промывочной жидкости. При этом принцип транспортировки керна восходящим потоком в зарубежной практике применяется не только при колонковом, но и при ударном бурении, что косвенно свидетельствует о его перспективности.

В настоящее время известно несколько технико-технологических вариантов процесса, каждый из которых может быть отнесен к одной из следующих схем.

1. Нагнетание промывочной жидкости в кольцевой зазор двойной концентрически расположенной колонны бурильных труб с выходом промывочной жидкости вместе с кусками разбуренной породы через центральный канал внутренней трубы. Циркуляция промывочной жидкости осуществляется за счет давления, развиваемого буровым насосом (рис. 44).

2. Поступление промывочной жидкости в кольцевой зазор между стенками скважины и колонной бурильных труб самотеком или при помощи насоса по схеме обратной промывки и отсасывание жидкости вместе с разбуренной породой через внутренний канал колонны бурильных труб при помощи центробежного насоса или эрлифта (рис. 45).

Как правило, первая схема применяется при бурении скважин сравнительно небольших диаметров, вторая при бурении скважин наконечниками большого диаметра.

При бурении с колонной двойных бурильных труб могут быть использованы три схемы движения промывочной жидкости в призабойной зоне: с наружной боковой промывкой (рис. 46, б), с торцевой промывкой (рис. 46, а), с внутренней боковой промывкой (рис. 46, в).

Недостатком первых двух схем является то, что жидкость при циркуляции в призабойной зоне непосредственно контактирует со

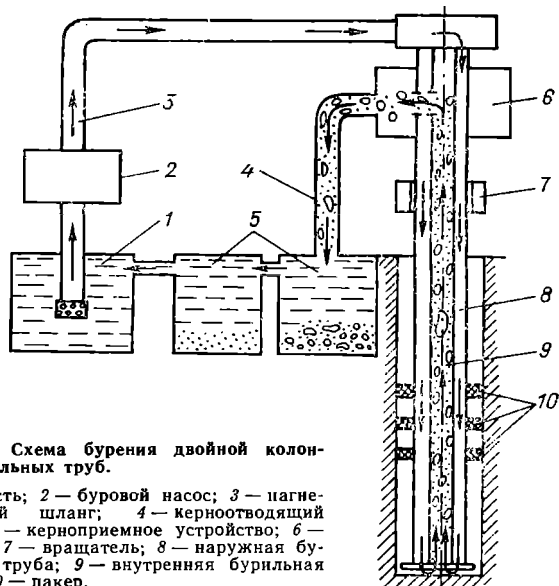


Рис. 44. Схема бурения двойной колонной бурильных труб.

1 — емкость; 2 — буровой насос; 3 — нагнетательный шланг; 4 — керноотводящий шланг; 5 — керноприемное устройство; 6 — сальник; 7 — вращатель; 8 — наружная бурильная труба; 9 — внутренняя бурильная труба; 10 — пакер.

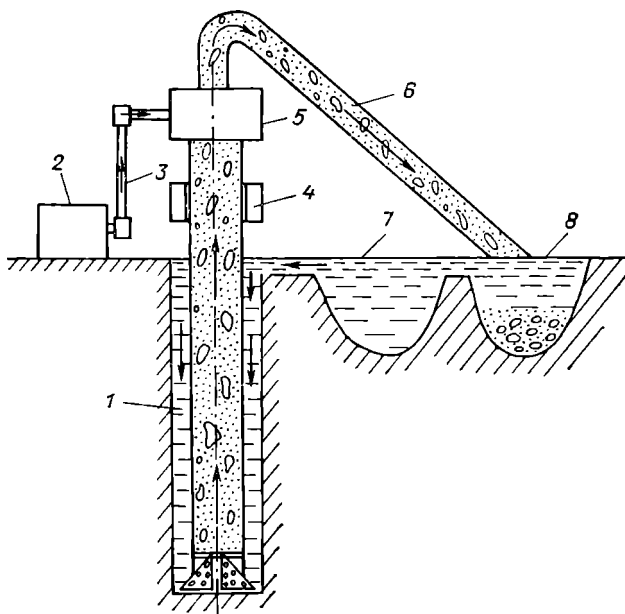


Рис. 45. Схема бурения с обратно-всасывающей промывкой (при использовании эрлифта).

1 — колонна бурильных труб; 2 — компрессор; 3 — воздушная магистраль компрессора; 4 — вращатель; 5 — сальник; 6 — керноотводящий шланг; 7 — источник водоснабжения; 8 — керноприемное устройство.

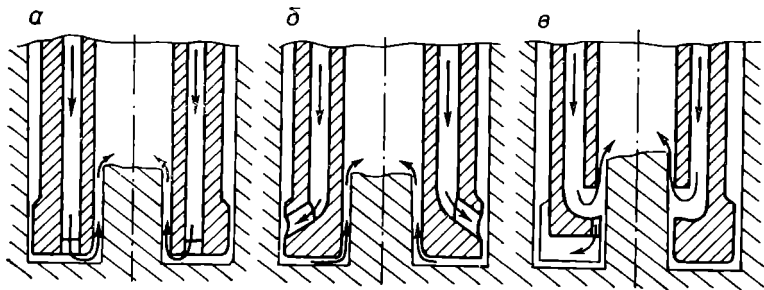


Рис. 46. Схемы движения промывочной жидкости в призабойной зоне.

а — торцевая промывка; *б* — наружная боковая промывка; *в* — внутренняя боковая промывка.

стенками скважины и с забоем. Это обстоятельство при бурении скважин в рыхлых отложениях может привести к гидратации пород, сопровождающейся обвалами стенок скважины, а также к поглощению промывочной жидкости трещиноватыми и кавернозными породами и породами, обладающими высокой фильтрационной способностью. Последнее обстоятельство чрезвычайно существенно, поскольку эффективность транспортировки керна определяется скоростью восходящего потока промывочной жидкости.

При использовании последней схемы стенки скважины и ее забой изолируются от непосредственного контакта с потоком промывочной жидкости, но одновременно условия работы бурового наконечника становятся более тяжелыми по сравнению с предыдущими схемами. В зарубежной практике работ предпочтение отдается двум первым схемам, в технико-технологическом комплексе КГК-100 использована третья схема движения промывочной жидкости в призабойной зоне скважины.

Процесс транспортировки керна на поверхность осуществляется следующим образом. При бурении промывочная жидкость насосом 2 (рис. 44) нагнетается через специальный сальник 6 в кольцевой зазор двойной бурильной колонны. Над забоем скважины жидкость вместе с кусками породы и шламом перемещается в центральный канал внутренней бурильной трубы 9 и через керноотводящий шланг 4 транспортирует керн и шлам в лотки керноприемника 5. Процесс бурения может происходить почти непрерывно, за исключением затрат времени, необходимых для наращивания колонны бурильных труб. Однако при бурении в переслаивающихся породах, а также при наличии дополнительных ограничений, связанных с повышенными требованиями к точности геологической информации через определенные интервалы (0,5—1,5 м) процесс углубки прекращается до полного выноса шлама, а затем возобновляется до углубки на очередной интервал с последующей промывкой скважины без углубки и т. д. Такая технология позволяет добиться максимальной точности привязки

отдельных литологических разностей к глубине скважины. В качестве промывочной жидкости используется вода. Устойчивость стенок скважины при этом обеспечивается за счет исключения гидратации пород (отсутствие непосредственного контакта стенок скважины с промывочной жидкостью), их размывания потоком движущейся жидкости, механического разрушения пород при спуско-подъемных операциях.

Эффективность процесса определяется следующими параметрами режима бурения:

Нагрузка на породоразрушающий инструмент, кН	4,5—12
Частота вращения бурового снаряда, об/мин	100—250
Интервалы расхаживания снаряда, м	0,2—1,5
Высота подъема снаряда над забоем при расхаживании, м	До 1,0

Областью эффективного применения способа бурения скважин с транспортировкой керна на поверхность восходящим потоком промывочной жидкости являются мягкие и рыхлые породы I—V категорий по буримости. Характер доставляемых на поверхность образцов пород зависит от физических свойств последних. При бурении песчаных отложений порода поступает из скважины в виде пульпы и осаждается в керноприемнике. Образцы супесей и суглинков выносятся из скважины в виде кусков объемом 2—5 см³, образцы глин имеют цилиндрическую форму длиной 30—50 см в зависимости от плотности и пластических свойств. Образцы более твердых пород представлены кусками объемом 1—5 см³, а также обломками различной формы размером 10—50 мм. Способ обеспечивает 100%-ный выход керна, который может быть привязан к глубине скважины практически с любой степенью точности. Керновый материал не обогащается и не разубоживается в процессе его отбора из скважины.

Механическая скорость бурения по мягким и рыхлым породам достигает 34 м/ч, превышая показатели колонкового бурения в аналогичных условиях в 4—7 раз. При этом практически отсутствуют затраты времени на выполнение спуско-подъемных операций, сокращается количество аварий и осложнений и снижаются затраты времени на их ликвидацию. Экономическая эффективность по сравнению с обычным колонковым способом оценивается в 0,85 руб. на 1 м бурения. Высокая информативность способа с транспортировкой керна восходящим потоком промывочной жидкости наряду с высокой производительностью обеспечивают ему преимущества перед другими способами бурения скважин при разведке месторождений строительных материалов.

Разработанный СКБ НПО «Геотехника» комплекс технических средств для бурения скважин с транспортировкой керна восходящим потоком промывочной жидкости КГК-100 состоит из буровой установки УРБ-2А-2ГК, колонны двойных бурильных труб диаметром 73 мм, твердосплавных коронок диаметрами 92 мм, 84 мм и 76 мм, промывочного сальника, грузоподъемных принад-

лжностей, керноприемного устройства, передвижной емкости и системы нагнетания и отвода промывочной жидкости. Внутренняя труба колонны двойных бурильных труб обеспечивает проход керна диаметром до 38 мм. Буровой агрегат УРБ-2А-2ГК отличается от серийно выпускаемого агрегата УРБ-2А-2 увеличенным диаметром отверстия подвижного вращателя и наличием в комплекте агрегата бурового насоса НБ4-320/63.

Вторая схема бурения с транспортировкой керна восходящим потоком промывочной жидкости, которую также называют бурением с обратновсасывающей промывкой, заключается в откачке промывочной жидкости вместе с разбуренной породой из скважины через бурильные трубы при помощи центробежного насоса (иногда в комплекте с вакуум-насосом) или эрлифтной установки. Восполнение жидкости в скважину происходит самотеком из емкости или другого источника водоснабжения. Данный метод применяется в основном при бурении скважин большого диаметра (до 1500 мм) глубиной 300 м и более. Бурильные трубы, используемые при бурении таких скважин, имеют внутренний диаметр 150—168 мм, что обеспечивает возможность транспортировки крупных кусков породы. Это имеет огромное значение при бурении гравийно-галечниковых отложений, содержащих большое количество крупнообломочного материала.

Такой способ бурения широко распространен за рубежом, особенно в США. В отечественной практике бурение скважин большого диаметра с обратновсасывающей промывкой пока еще не нашло широкого применения. Небольшой опыт работ, имеющийся в этой области, ограничивается приспособлением для этой цели буровых агрегатов УРБ-2А, УРБ-3АМ, 1БА-15В с доукомплектованием их необходимым специальным оборудованием.

Ниже приведена техническая характеристика буровой установки PS-150 фирмы «Зальцгиттер» (ФРГ).

Глубина бурения, м	150
Диаметр скважины, мм	450—1200
Масса бурового инструмента, кг	1200—1800
Мощность двигателя, кВт	33—48
Всасывающий насос:	
производительность, л/мин	1500
емкость воздушного резервуара, л	500
Ротор:	
диаметр проходного отверстия, мм	300
частота вращения (бесступенчатая регулировка), об/мин	0—42
Габаритные размеры, мм:	
высота в транспортном положении	3580
длина	13200
ширина	2500
Масса буровой установки, т	13,5

Основным условием, определяющим возможность использования данного способа бурения, является сохранение устойчивости стенок скважины в процессе бурения. Наименьшая устойчивость стенок скважины характерна для рыхлых песчаных отложений.

Если принять, что устойчивость стенок скважины обеспечивается при $p \geq \sigma$, где $p = h_0 \gamma_0$ — противодавление столба воды в скважине; h_0 — высота столба воды в скважине над статическим уровнем, м; γ_0 — плотность воды; σ — радиальное давление породы, характеризующееся наименьшим значением коэффициента внутреннего трения.

Расчеты и практический опыт показывают, что в самых неблагоприятных условиях устойчивость ствола скважины сохраняется при наличии столба воды высотой 3—4 м над статическим уровнем подземных вод. Это обстоятельство является основным при определении рациональных областей применения способа (статический уровень подземных вод должен находиться на расстоянии не менее 3 м от поверхности). Дополнительными условиями эффективного применения способа являются:

— наличие достаточного количества воды, превышающего поглощающую способность скважины;

— геологический разрез, представленный рыхлыми и мягкими породами с незначительными прослоями твердых пород и валунов размером не более 400 мм.

Рассматриваемый способ отличается высокой экономичностью при хорошей геологической информативности. Скорость бурения по сравнению с ударно-канатным способом выше в 10—15 раз, стоимость бурения снижается в 2 раза.

1. Александров Г. С. Бурение неглубоких скважин в породах рыхлого комплекса на Урале. — Экспресс-информация. Техника и технология геол. развед. работ. Организация производства. М., 1976, № 16, с. 2—6. (ВИЭМС).
2. Акслер В. В. Применение установки УРБ-2 на разведке россыпей. — Обзор. Техника и технология геол. развед. работ. М., 1974, вып. 14. (ОЦНТИ ВИЭМС), с. 10—22.
3. Афанасьев И. С. Исследование и разработка способов и технических средств бурения для повышения качества опробования скважин при разведке месторождений фосфоритов Северо-Запада. — Автореф. канд. дисс. Л., 1976, с. 15—20. (ЛГИ).
4. Афанасьев И. С. Состояние и пути интенсификации алмазного бурения (на примере СЗТУ). — Методика и техника разведки, 1976, № 107, с. 16—18. (ВИТР).
5. Афанасьев И. С., Береснева Д. И., Чистяков В. К. О повышении качества опробования на основе бурения с замораживанием (применительно к месторождениям фосфоритов Эстонии и Ленингр. обл.). Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1973, т. 16, вып. 1, с. 72—78.
6. Багриновский А. Г., Синицын Ю. И. Бурение скважин вибрационным способом при разведке месторождений строительных материалов. — Экспресс-информация. Техника и технология геол. развед. работ. Организация производства. М., 1972, № 175, с. 9—13. (ВИЭМС).
7. Башкатов Д. Н., Олоновский Ю. И. Вращательное шнековое бурение геологоразведочных скважин. М., Недра, 1968, с. 61—83; 111—125; 144—145.
8. Башкатов Д. Н., Васильев А. В., Романов В. Г. Вибрационное бурение при инженерно-геологических изысканиях. — Разведка и охрана недр, 1961, № 5, с. 25—29.
9. Белицкий А. С., Дубровский В. В. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин на воду. М., Недра, 1974, с. 172—176.
10. Борзунов В. М. Месторождения нерудных полезных ископаемых, их разведка и промышленная оценка. М., Недра, 1969, с. 226—229.
11. Борков В. С., Кошicina Ю. П. Поиски и разведка месторождений строительных материалов геофизическими методами. М., Недра, 1970, с. 11—27.
12. Брылов С. А., Богдасаров Ш. Б., Зеленцов О. В., Несмотряев В. И. Современная технология проходки шурфов. М., Недра, 1971, с. 5—11; 27—35.
13. Брылов С. А., Богдасаров Ш. Б., Зеленцов О. В. Техника и технология проходки разведочных шурфов бурением. — Экспресс-информация. Техника и технология геол. развед. работ. М., 1972, № 6, (ОНТИ ВИЭМС), с. 6—12.
14. Бурение скважин с гидравлической транспортировкой керна / Кузьмин И. В., Кардыш В. Г., Мурзаков Б. В. и др. — Разведка и охрана недр, 1977, № 7, с. 31—35.
15. Васильев Л. В. Изменение структуры песчано-глинистых грунтов при вибрационном бурении. — Бюл. НТИ. М., Госгеолтехиздат, 1963, № 6 (50), с. 8—10.
16. Волков С. А., Волков А. С. Справочник по разведочному бурению. М., Недра, 1963, с. 78—92; 134—141.

17. *Временная инструкция по алмазному бурению* / Блинов Г. А., Головни О. С., Горин В. Н. и др. Л., Недра, 1969. 144 с.

18. *Временные методические рекомендации по бурению скважин большого диаметра установками УВСР-25 при разведке россыпных месторождений*. М., 1972, с. 3—11. (ЦНИГРИ).

19. *Временные указания по вибрационному способу разглинизации водяных скважин глубиной до 250 м, пробуренных роторным способом с использованием глинистого раствора*. М., 1970, с. 5—9. (ЦБТИ).

20. *Вортман З. М.* Практика ударно-канатного бурения на воду. М., Недра, 1971, с. 39—47; 73—81.

21. *Гадебский Ф. Ф., Давиденко Ю. Н., Артеменко И. А.* Опыт бурения скважин с применением комплексов КССК-76 и КГК-100. М., 1977, с. 4—6 (ВИЭМС). (Б-ка передового опыта).

22. *Гайдуков Ю. И.* Использование шнекоколонковых снарядов при поисках и разведке титано-циркониевых россыпей. — Разведка и охрана недр, 1964, № 5, с. 26—27.

23. *Гильденблат Г. Д., Ефремов М. Г., Ребрик Б. М.* К вопросу об отборе образцов грунта ненарушенной структуры виброметодом. — Основания, фундаменты и механика грунтов, 1962, № 1, с. 14—16.

24. *Грабчак А. Г.* Бурение шурфов. М., Недра, 1973, с. 3—21; 35—59.

25. *Гребенюк А. А.* Техника и технология получения керна. М., Недра, 1973, с. 15—21; 31—40.

26. *Григорьев А. М., Думблер П. Ф., Крючков М. П.* Опыт применения вибрационного бурения при поисках золота. — Разведка и охрана недр, 1968, № 3, с. 30—34.

27. *Демидов А. М., Криментов М. М.* Опыт применения вибротехнических средств при ударно-канатном бурении гидрогеологических скважин. — Разведка и охрана недр, 1965, № 5, с. 26—30.

28. *Ефремов М. Г.* Виброметод проходки геологоразведочных скважин. М., Госстройиздат, 1958, с. 15—23.

29. *Имешин А. П.* Опыт проходки шурфоскважин. — Экспресс-информация. Техника и технология геол. развед. работ. М., 1971, № 131, с. 10—12. (ОНТИ ВИЭМС).

30. *Инструктивные указания по отбору керна при колонковом бурении геологоразведочных скважин*. М., Недра, 1970, с. 6—19.

31. *Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям гипса и ангидрита*. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 3—15.

32. *Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям глинистых пород*. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 3—18.

33. *Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям магматических пород*. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 3—19.

34. *Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям карбонатных пород*. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 10—18.

35. *Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям песка и гравия*. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 5—27.

36. *Кардыш В. П., Мурзаков Б. В.* Совершенствование техники и технологии бурения скважин большого диаметра за рубежом. — Экспресс-информация. Техника и технология геол. развед. работ. 1975, № 16, с. 14—16. (ОЦНТИ ВИЭМС).

37. *Кардыш В. П., Мурзаков Б. В., Окмянский А. С.* Бурение неглубоких скважин. М., Недра, 1971, с. 5—24.

38. *Кардыш В. П., Никитин Е. В., Окмянский А. С.* Методы бурения неглубоких скважин в рыхлых породах. — Разведка и охрана недр, 1963, № 11, с. 30—35.

39. *Кренделев В. П.* Бурение скважин при поисках и разведке россыпных месторождений. М., Недра, 1976, с. 5—14; 63—65.

40. *Кренделев В. П., Шутов Е. Д.* Установка УВСР-25 для бурения скважин большого диаметра при разведке россыпей. — Разведка и охрана недр. М., 1971, № 7, с. 18—24.

41. *Кудряшов Б. Б., Яковлев А. М.* Новая технология бурения скважин в мерзлых породах. Л., Недра, 1973, с. 135—143.

42. Кузьмин И. В. О бурении скважин с обратной промывкой и выносом керна на поверхность. — Разведка и охрана недр, 1969, № 12, с. 25—29.

43. Лебедев В. И., Рубинштейн А. Б. Бурение скважин при инженерно-строительных изысканиях. М., 1973, с. 7—19.

44. Малоян А. В., Малоян Э. А. Практические расчеты при бурении скважин на воду. М., Недра, 1968, с. 98—101.

45. Новожилов А. А., Рыхлов С. Н. Опыт бурения скважин большого диаметра с обратной циркулирующей промывочной жидкости. — Экспресс-информация. Техника и технология геол. развед. работ. М., 1970, № 53, с. 7—9. (ОНТИ ВИЭМС).

46. Оганесов А. Н., Петров Э. А. Комбинированный способ бурения по морене Карельского перешейка. — В кн.: Внедрение новой техники и передовой технологии. М., Недра, 1965, с. 17—19.

47. Породоразрушающий инструмент для бурения неглубоких скважин большого диаметра в мягких породах / Борисович В. Т., Чуносков В. В., Чистяков А. В., Кожухов Д. В. — Обзор. Техника и технология геол. развед. работ. М., 1975, с. 6—9. (ОЦНТИ ВИЭМС).

48. Прицепя В. Г. Замена ручного бурения установками БУВ-1Б. — Разведка и охрана недр, 1970, № 5, с. 15—21.

49. Рамзес Б. Л. Поиски и разведка песчаных и гравийных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1958.

50. Ребрик Б. М. Вибрационное бурение скважин. М., Недра, 1974, с. 105—117; 127—132; 135—142; 144—145; 164.

51. Ребрик Б. М. Ударное бурение грунтов. М., Недра, 1976.

52. Рекомендации по проходке шурфов в песчаных и глинистых грунтах при производстве инженерно-геологических изысканий в строительстве. М., Стройиздат, 1971, с. 13—15.

53. Седов Б. Ф. и др. Буровые установки для проходки скважин и стволов. М., Недра, 1973, с. 15—29.

54. Справочник для геологов. Вып. 2. Песок кварцевый. М., Госгеолтехиздат, 1959, с. 3—18; 45—52.

55. Справочник для геологов. Вып. 6. Мел. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 3—20.

56. Справочник для геологов. Вып. 7. Кварцит, песчаник и жильный кварц. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 3—34.

57. Справочник для геологов. Вып. 20. Dolomit. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 3—10; 28—35.

58. Справочник для геологов. Вып. 29. Стекольное сырье. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 20—57.

59. Справочник для геологов. Вып. 30. Природные облицовочные материалы. М., Недра, 1965, с. 7—11; 32—38.

60. Справочник для геологов. Вып. 52. Цементное сырье. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 29—62; 69—71.

61. Справочник для геологов. Вып. 54. Глины и каолин. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 3—8; 32—63.

62. Справочник для геологов. Вып. 64. Керамическое сырье. М., Недра, 1965, с. 4—15; 31—53.

63. Туманский Б. М., Комаров Н. С. Вибробурение грунтов. М., 1959, с. 8—14.

64. Фурса С. К., Нечаев Ю. А., Козельский Л. И. Бурение скважин станком УПБ-25 при геологической съемке и поисках в Приуралье. — Разведка и охрана недр, 1970, № 2, с. 48—51.

65. Цейтлин М. Г., Верстов В. В. Вибрационное извлечение обсадных труб большого диаметра из водопонижающих скважин. — Монтажные и специальные работы в строительстве, 1965, № 11, с. 21—23.

66. Чернов А. А. Плоское долото со съемным лезвием для ударно-канатного бурения скважин. — Колыма, 1972, № 10, с. 14—16.

67. Шлайхер Е. Д., Дворягин Л. Т. Механизация буровых работ на разведке россыпных месторождений. М., 1969. (Мин-во геологии РСФСР, материалы экспертно-геологического совета).

68. Якожин А. А. Опробование и подсчет запасов твердых полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1959, с. 67—77.

Предисловие	3
Глава I. ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	5
§ 1. Песок и гравийно-песчаный материал	—
§ 2. Глинистые породы	11
§ 3. Природные облицовочные материалы	13
§ 4. Известняки и доломиты	15
Глава II. УДАРНО-КАНАТНОЕ БУРЕНИЕ	18
§ 1. Область применения способа и классификация горных пород по буримости	—
§ 2. Инструмент	—
§ 3. Технология	33
§ 4. Бурение забивными стаканами	38
Глава III. КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ	44
§ 1. Буровые станки и установки	—
§ 2. Бурильные, колонковые и обсадные трубы	45
§ 3. Колонковое бурение с призабойной циркулирующей промывочной жидкости	47
§ 4. Технология бурения твердосплавными коронками	51
§ 5. Бурение скважин с промывкой глинистыми растворами	—
§ 6. Алмазное бурение	54
§ 7. Ликвидация поглощения промывочной жидкости методом сухого тампонирования скважин	56
Глава IV. ВИБРАЦИОННОЕ БУРЕНИЕ	59
§ 1. Область применения и классификация горных пород по буримости для ударно-вибрационного бурения	—
§ 2. Вибромашины, виброустановки и виброагрегаты. Инструмент	60
§ 3. Технология	61
§ 4. Вибровращательное бурение	67
§ 5. Вибрационное бурение в осложненных геологических условиях	68
§ 6. Погружение и извлечение обсадных труб при помощи вибромашин	—
Глава V. ШНЕКОВОЕ БУРЕНИЕ	70
§ 1. Область применения и классификация горных пород по буримости	—
§ 2. Буровые станки и установки. Инструмент	—
§ 3. Технология	76
§ 4. Отбор проб и геологическая документация	78

Глава VI. БУРЕНИЕ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА	81
§ 1. Комплект инструмента	82
§ 2. Инструмент для бурения скважин большого диаметра ударным способом	90
§ 3. Инструмент для шнекового бурения скважин большого диаметра	92
§ 4. Инструмент для вибрационного бурения скважин боль- шого диаметра	97
§ 5. Технология бурения скважин большого диаметра	100
§ 6. Области рационального использования способов буре- ния скважин большого диаметра	104
§ 7. Бурение скважин большого диаметра специализирован- ными и серийными буровыми установками	107
§ 8. Бурение скважин большого диаметра в зарубежной практике	108
Глава VII. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН	112
§ 1. Комбинированное бурение	—
§ 2. Технология бурения комбинированным способом уста- новкой БУУ-2	115
§ 3. Бурение с одновременным замораживанием	117
§ 4. Бурение с транспортировкой керна восходящим потоком промывочной жидкости	122
Список литературы	128

ИВАН СТЕФАНОВИЧ АФАНАСЬЕВ
АЛЕКСАНДР ИЛЬИЧ ДУШИН

БУРЕНИЕ СКВАЖИН
ПРИ РАЗВЕДКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

Редактор издательства В. Г. Чирков
Обложка художника Ю. Г. Колотвина
Технический редактор И. Г. Сидорова
Корректоры М. Г. Дешалыт, В. Н. Малахова

ИБ № 2257

Сдано в набор 29.02.80. Подписано к печати 12.08.80. М-29757.
Формат 60×90/16. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 8,25. Уч.-изд. л. 8,59. Тираж 3400 экз. Заказ 704/464. Цена 45 коп.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение. 193171, Ленинград, С-171,
ул. Фарфоровская, 12.

Типография № 2 Ленуприздата. 191104, Ленинград, Литейный пр., 55.